

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

DYSCYPLINA NAUKOWA NAUKI O ZARZĄDZANIU I JAKOŚCI

DZIEDZINA NAUK NAUKI SPOŁECZNE

Rozprawa doktorska

mgr inż. Adrian Michalski

**Wykorzystanie koncepcji Lean Construction i technologii BIM
w zarządzaniu projektami budowlanymi**

Promotor

dr hab. inż. Eryk Głodziński, prof. PW

WARSZAWA 2025

Podziękowania

Za wsparcie w realizacji doktoratu chciałbym podziękować mojej dziewczynie, narzeczonej i żonie, czyli Mai oraz Rodzicom.

Podziękowania przekazuję również Promotorowi za cenne wskazówki podczas całego procesu realizacji doktoratu.

Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska podejmuje tematykę integracji wykorzystania koncepcji Lean Construction (LC) oraz technologii BIM w zarządzaniu projektami budowlanymi. Autor jako cel główny rozprawy określił wskazanie sposobu wspólnego zastosowania koncepcji LC i technologii BIM we wspomaganiu zarządzania projektami budowlanymi w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej. W pracy doktorskiej zbadano również poziom znajomości i stopnia wdrożenia LC i BIM w Polsce oraz przeanalizowano korzyści i wyzwania związane z ich wspólnym zastosowaniem. Na potrzeby rozprawy zdefiniowano 8 pytań badawczych oraz 11 hipotez badawczych, na które poszukiwano odpowiedzi i weryfikowano za pomocą następujących metod badawczych (chronologicznie według zastosowania): parasolowego przeglądu literatury, systematycznego przeglądu literatury, ankiety wśród 323 reprezentantów branży budowlanej, statystyki opisowej, statystyki matematycznej przeprowadzając testowanie hipotez, wywiadów standaryzowanych nieustrukturyzowanych z 7 rozmówcami, kodowania wywiadów. Przeprowadzony proces badawczy pozwolił na uzyskanie następujących wyników badań: koncepcja LC jest mało znana i rzadko stosowana przez uczestników przedsięwzięć budowlanych realizowanych w Polsce (3% respondentów deklaruje stosowanie LC, a 28% jest w trakcie lub planuje wdrażanie). Wykorzystanie technologii BIM jest częstsze (7% respondentów deklaruje stosowanie, a 35% jest w trakcie lub planuje wdrażanie). Wśród przedsiębiorstw w Polsce występuje bardzo niskie jednocześnie stosowanie LC oraz BIM, poniżej 1% respondentów.

Największym wyzwaniem dla wspólnego wdrożenia i zastosowania LC i BIM jest czynnik ludzki (zarządzanie kapitałem ludzkim), w tym bariera psychologiczna pracowników, obawa przed zmianą i konserwatywne podejście kadry budowlanej do innowacji, niedostateczna profesjonalizacja zarządzania projektami budowlanymi. Kluczowym elementem w osiągnięciu wspólnego zastosowania LC i BIM w przedsiębiorstwach budowlanych są zrozumienie przez pracowników pryncypiów koncepcji LC i podstaw technologii BIM oraz zarządzanie zaangażowaniem wszystkich uczestników przedsięwzięcia budowlanego. Zastosowanie LC prowadzi do zwiększenia transparentności procesów związanych z realizacją przedsięwzięcia, co usprawnia komunikację i redukuje konflikty. Wspólne zastosowanie LC i BIM przynosi efekt synergii, umożliwiając optymalizację procesów, wcześniejsze wykrywanie problemów, lepsze planowanie, zwiększoną transparentność i usprawnienie realizowanych działań. Wdrożenie LC wiąże się z koniecznością poświęcenia czasu na naukę i wypracowanie procedur, co na początku może być postrzegane jako znaczne wyzwanie, ale później przynosi wymierne korzyści. Bariera wejścia dla LC jest niska pod względem narzędzi, wymagana jest przede wszystkim zmiana sposobu myślenia wśród wszystkich uczestników procesu, zarówno wśród kadry kierowniczej najwyższego i średniego szczebla, jak i pracowników bezpośrednio zaangażowanych w realizację przedsięwzięcia.

Istotnym jest, że pomimo niskiej znajomości koncepcji LC, polscy przedstawiciele branży budowlanej doceniają istotność zasad charakterystycznych dla tej koncepcji i częściowo stosują narzędzia z nią związane. W Polsce BIM rozwija się dynamicznie, ale wymaga standaryzacji na poziomie administracyjnym w tym zebrania dobrych praktyk np. przez organizacje branżowe oraz określenia wytycznych prawnych. LC rozwija się zdecydowanie wolniej, głównie z powodu niskiej świadomości i ograniczonego kształcenia w tym obszarze. Wspólne stosowanie LC i BIM może mieć pozytywny wpływ na efektywność, jakość i redukcję marnotrawstw, co przekładałoby się również na mniejszy negatywny wpływ na środowisko naturalne. Utylitarnym efektem niniejszej rozprawy są rekomendacje opracowane przez autora tworzące wytyczne w postaci 10 punktowego procesu wskazującego kluczowe elementy, konieczne do wprowadzenia LC oraz BIM w przedsiębiorstwie.

Słowa kluczowe: Lean Construction, BIM, zarządzanie w budownictwie, przedsięwzięcie budowlane, innowacje w budownictwie

Abstract

This doctoral dissertation addresses the integration of the Lean Construction (LC) concepts and BIM technology in construction project management by companies in construction industry. The primary objective of the dissertation was to identify a method for the joint application of Lean Construction and BIM technology in construction management by construction companies. The dissertation also examined the level of awareness and level of implementation of LC and BIM in Poland and analysed the benefits and challenges of their joint application. For the purpose of the dissertation, 8 research questions and 11 research hypotheses were defined, which were sought to be answered and verified using the following research methods (chronologically by application): umbrella literature review, systematic literature review, survey of 323 representatives of the construction industry, descriptive statistics, mathematical statistics performing hypothesis testing, standardised unstructured interviews with 7 interviewees, coding of interviews. The research process carried out the following research results: the LC concept is little known and rarely used by participants in construction projects in Poland (3% of respondents declare using LC, and 28% are in the process of or planning to implement it). The use of BIM technology is more common (7% of respondents declare use and 35% are in the process or planning to implement). There is very low simultaneous use of LC and BIM among companies in Poland, less than 1% of respondents.

The biggest challenge to the joint implementation and application of LC and BIM is the human factor (human capital management), including the psychological barrier of employees, the fear of change and the conservative attitude of construction staff towards innovation, the insufficient professionalisation of construction project management. A key element in achieving the joint application of LC and BIM in construction companies is that the staff understand the principals of the LC concept and the basics of BIM technology. It is crucial to manage the involvement of all participants in the construction project. The application of LC leads to increase transparency in the processes within the project, which improves communication and reduces conflicts. The joint application of LC and BIM has a synergistic effect, enabling the optimisation of processes, earlier detection of problems, better planning, increased transparency and streamlining of implemented activities. Implementing LC involves taking the time to learn and develop procedures, which may be seen as a disadvantage at beginning of the process, but later it brings measurable benefits. The barrier to entry for LC is low in terms of tools. What is mainly required is a change of mindset among all participants in the process, both top and middle management and staff directly involved in the implementation via the project.

It is important to note that, despite the low familiarity with the LC concept, the Polish construction industry appreciates the relevance of the principles inherent in the concept and partly uses the tools associated with it. In Poland, BIM is developing dynamically, but requires standardisation at the administrative level including the collection of good practices e.g. by professional organisations and the definition of legal guidelines. LC is developing much slower, mainly due to low awareness and limited education in this area. The joint use of LC and BIM can have a positive impact on efficiency, quality and waste reduction, which would also move into less negative environmental impact. The utilitarian outcome of this dissertation is the recommendations developed by the author creating guidelines in the form of a 10-point process indicating the key elements necessary to implement LC and BIM in a company.

Key words: Lean Construction, BIM, construction management, construction project, innovations in construction

Spis treści

Wprowadzenie	9
1. Zarządzanie projektami budowlanymi	18
1.1. Zarządzanie w środowisku projektowym.....	18
1.2. Projekt i jego znaczenie.....	22
1.3. Specyfika projektów budowlanych	25
1.4. Organizacja procesu budowlanego, a zarządzanie projektem budowlanym	28
2. Lean w zarządzaniu	31
2.1. Idea koncepcji Lean w zarządzaniu	31
2.2. Lean jako przedmiot badań w naukach o zarządzaniu – parasolowy przegląd literatury.....	33
2.3. Fundamenty Lean Construction	39
3. BIM w zarządzaniu projektami budowlanymi	47
3.1. Istota technologii BIM	47
3.2. Technologia BIM a zarządzanie.....	52
4. Lean Construction i BIM – systematyczny przegląd literatury.....	56
4.1. Procedura badawcza	56
4.2. Analiza ilościowa	59
4.3. Analiza jakościowa	62
4.4. Przegląd metod i technik wspomagających Lean Construction.....	68
4.5. Podsumowanie badań literaturowych.....	71
5. Badania ilościowe	75
5.1. Cele i założenia badania ilościowego.....	75
5.2. Metoda zbierania danych i narzędzie badawcze	76
5.3. Próba badawcza.....	80
5.4. Wyniki badań - statystyka opisowa.....	86
5.5. Weryfikacja hipotez badawczych.....	94

5.5.1.	Metody testowania hipotez.....	94
5.5.2.	Wykorzystanie LC i BIM a optymalizacja procesów biznesowych (H1)....	98
5.5.3.	Znajomość i zastosowanie koncepcji Lean Construction (H2-H4, H11)...	117
5.5.4.	Relacje między LC a BIM (H5)	119
5.5.5.	Zastosowanie instrumentów Lean (H6-H7)	121
5.5.6.	Zastosowanie BIM (H8-H11).....	127
5.6.	Podsumowanie badań ilościowych.....	130
6.	Badania jakościowe.....	135
6.1.	Cele i założenia badania jakościowego	135
6.2.	Metoda i narzędzie badawcze.....	137
6.3.	Próba badawcza.....	141
6.4.	Wyniki kodowania danych.....	143
6.5.	Dyskusja wyników badania.....	154
6.6.	Rekomendacje dla przedsiębiorstw budowlanych dotyczące wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM.....	168
6.7.	Podsumowanie badań jakościowych	171
	Podsumowanie.....	176
	Realizacja celów pracy	176
	Testowanie hipotez	182
	Odpowiedzi na pytania badawcze.....	184
	Ograniczenia w interpretacji uzyskanych wyników badań.....	186
	Przyszłe obszary badawcze.....	187
	Bibliografia.....	189
	Spis Rysunków	204
	Spis Tabel	209
	Załączniki	210

Wprowadzenie

Zarządzanie w budownictwie odgrywa kluczową rolę w procesie budowlanym. Właściwie zaplanowany projekt ma znacznie większe szanse na sukces niż ten, który nie został należycie przemyślany i przygotowany, oraz nie posiadał właściwej strategii na jego realizację. Potwierdzeniem tego twierdzenia są słowa Benjamina Franklina „jeśli nie planujesz, planujesz porażkę”¹. Nie oznacza to konieczności szczegółowego planowania wszystkich aspektów projektu, jednakże wskazuje na konieczność właściwego przygotowania do realizacji. Filozofie zwinnego i szczupłego zarządzania projektami budowlanymi (Owen, Koskela, Henrich i Codinhoto, 2006) odzwierciedlają podejście reprezentowane przez B. Franklina. Na większe prawdopodobieństwo sukcesu projektu wpływa zastosowanie dobrych praktyk, odpowiednio dopasowanych metod i technik zarządczych jak również budowanie kompetencji menedżerskich (Radujković i Sjekavica, 2017). Nieustannie poszukiwane są nowe teorie i koncepcje zarządzania, które mogłyby wpłynąć na skuteczność realizacji projektów (Söderlund, 2004). Ciekawymi propozycjami ostatnich kilkunastu lat, które mogą istotnie wpłynąć na zarządzanie projektem budowlanym są koncepcja Lean Construction (Howell i Koskela, 2000) oraz technologia BIM (Building Information Modeling) (Michalski, Głodziński i Böde, 2022).

Naprzeciw wyzwaniom, jakie stoją przed kierownikami projektów, wychodzą zasady związane z koncepcją Lean Management. Wywodzi się ona z obszaru związanego z produkcją powtarzalną (Womack, Jones i Wasiel, 2008), a została dostosowana do potrzeb budownictwa pod nazwą Lean Construction (LC). Każde przedsięwzięcie budowlane jest swojego rodzaju produkcją, której efektem końcowym jest obiekt budowlany. Zasadniczą różnicą między produktem z fabryki, a produktem procesu budowlanego jest fakt, iż każdy obiekt budowlany jest jedyny w swoim rodzaju i niepowtarzalny, gdyż nawet jeśli wydaje się bardzo podobny do innego to znajduje się już w innym miejscu (odmienne warunki geologiczne, różne zaplecze budowy, inni sąsiedzi budowy itp.), co wpływa na jego niepowtarzalność.

Szczupłe zarządzanie przedsięwzięciem budowlanym (Lean Construction Management, LCM) ma na celu przyniesienie korzyści przedsięwzięciu budowlanemu przez optymalne wykorzystanie posiadanych zasobów bez ingerowania dodatkowych środków oraz ograniczenie marnotrawstw. Zaczynając od korzyści najbardziej zauważalnych, czyli

¹ “If you fail to plan, you are planning to fail” [PL]: Jeśli nie planujesz, planujesz porażkę; cytat - Benjamin Franklin 1706-1790 (Franklin, 2025)

oszczędności czasowych oraz zysków finansowych, a kończąc na dalszych, pośrednich takich jak ekologia i mniejsze obciążenie środowiska naturalnego realizacją procesu budowlanego. Obecnie produkcja betonu jest odpowiedzialna za ok. 5% globalnej emisji CO₂ do atmosfery (Mahasenan, Smith i Humphreys, 2003), która powstaje głównie w procesie kalcynacji podczas produkcji cementu. Dodatkowo, badania wskazują że w 2050 r. emisja związana z produkcją cementu może stanowić nawet 9-10% łącznej emisji CO₂ (Taylor, Tam i Gielen, 2006). Optymalizacja procesów budowlanych mogłaby zmniejszyć ten znaczący wpływ na środowisko.

Przedsiębiorstwa budowlane mają bardzo szeroki zakres działań oraz oddziałują bardzo szeroko na otoczenie. Budownictwo jest jednym z filarów gospodarki światowej, w którym zatrudnienie znajduje wiele milionów osób na całym świecie. Dodatkowo stanowi bardzo ważny aspekt cywilizacyjny, bo to właśnie obiekty budowlane są śladami po najstarszych cywilizacjach na Ziemi. Obecnie tworzone obiekty będą służyły nam przez dziesięciolecia, a w odległej przyszłości będą stanowiły swojego rodzaju pomniki naszej epoki.

Duże, międzynarodowe przedsiębiorstwa budowlane mają bardzo szeroki zakres kompetencji. Ich działalność nie ogranicza się do wykonawstwa, lecz posiadają również działy projektowe, badawcze, administracyjne. Ich właściwe działanie jest bardzo skomplikowanym algorytmem, który posiada wiele złożonych zależności. Optymalne zarządzanie poszczególnymi procesami, w tym procesem budowlanym przynosi wymierne korzyści całemu przedsiębiorstwu (Bitkowska, Kolterman, Wójcik i Wójcik, 2011).

Na rynku funkcjonują również mniejsze przedsiębiorstwa, nieposiadające wyraźnych struktur oraz podziałów kompetencyjnych, w których pracownicy muszą być bardziej interdyscyplinarni. Wszystkie te przedsiębiorstwa mają ten sam cel, realizację kontraktu w założonym czasie i budżecie, zapewniając dostarczenie wartości oczekiwanej przez kluczowych interesariuszy. Zastosowanie Lean Construction oraz modelowania wielowymiarowego BIM ma ułatwić osiągnięcie zamierzonego celu oraz uzyskanie jak największych korzyści dla każdej ze stron, szczególnie wykonawcy budowlanego.

Dodatkowo budownictwo jako część rynku stanowi bardzo ważny element polskiej gospodarki. Sektor ten zatrudnia ok. 1 mln osób (GUS, 2020b) oraz jest odpowiedzialny średnio za 7% PKB (GUS, 2020a) w ostatnim dziesięcioleciu. Stanowi ono jedno z kluczowych kół zamachowych gospodarki. Właściwy sposób zarządzania w tej branży oraz odpowiednia ilość nowych kontraktów napędzają gospodarkę państwa. Istotnym zamawiającym w Polsce jest

zamawiający publiczny i to w dużej mierze od kontraktów publicznych zależy kondycja tej branży. Znaczny element inwestycji publicznych stanowią kontrakty infrastrukturalne, gdzie głównymi zamawiającymi są GDDKiA² oraz PKP PLK S.A.³.

Na tle wyżej wspomnianych czynników wyłania się **luka badawcza**, którą jest potrzeba poszukiwania rozwiązań organizatorskich (Mikołajczyk, 1998) oraz technologicznych (Marchewka, 2016) – znanych i skutecznie wykorzystywanych w różnych sektorach gospodarki np. przedsiębiorstwach przemysłowych, które mogłyby zostać zaadaptowane i wspomagać zarządzanie projektami w sektorze budowlanym. Uwzględniając przedstawioną lukę badawczą sformułowano **problem badawczy** niniejszej pracy doktorskiej. Jest nim poszukiwanie możliwości wspólnego zastosowania (integracji) koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w skutecznym i efektywnym wspomaganie zarządzania projektem budowlanym. J. Apanowicz (Apanowicz, 2005) uważa, że problem badawczy to „niewiedza, którą należy usunąć w toku badań naukowych”, dodatkowo inne badania wskazują (Frankfort-Nachmias i Nachmias, 2001), iż jest to „bodziec intelektualny wywołujący reakcję w postaci badań naukowych”. Tematyka wspólnego stosowania LC i BIM jest stosunkowo młoda i dająca szerokie możliwości badań i analiz (Botton, Pitti, Forgues i Iordanova, 2020). Mając na uwadze powyższe, zasadnym jest przeprowadzenie badań dotyczących zastosowania Lean Construction oraz BIM z uwzględnieniem uwarunkowań krajowego rynku budowlanego. Integracja w pracy doktorskiej jest rozumiana zgodnie z myśleniem projektowym jako takie zastosowanie procesów, działań czy narzędzi, które będzie prowadziło do uzyskania efektu synergii niemożliwego do osiągnięcia niezależnie stosując różne rozwiązania (Project Management Institute, 2017).

Na podstawie przedstawionych analiz wstępnych sformułowano tezę badawczą: *Każda inwestycja budowlana jest niepowtarzalna, jest swojego rodzaju prototypem, który musi spełniać docelowe wymogi techniczne i użytkowe. Koncepcja zarządzania Lean Construction i technologia BIM mogą znacznie ułatwić organizację tego skomplikowanego, złożonego i wyjątkowego ze względu na swoją niepowtarzalność przedsięwzięcia.*

² Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad

³ Polskie Koleje Państwowe Polskie Linie Kolejowe S.A.

Sformułowano następujący **główny cel rozprawy doktorskiej**:

- CG: Wskazanie sposobu wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM w zarządzaniu projektami budowlanymi w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej.

Szczegółowymi celami rozprawy doktorskiej są w ujęciu:

a) **poznawczym**:

- CP1: Usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym,
- CP2: Określenie korzyści i zagrożeń wynikających ze wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM,

b) **użytecznym**:

- CU1: Określenie zakresu znajomości koncepcji Lean Construction i technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce,
- CU2: Określenie stopnia wdrożenia i wykorzystania jednocześnie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM, w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce,
- CU3: Opracowanie rekomendacji dla przedsiębiorstw działających w branży budowlanej dotyczących wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM.

Powyżej wskazane cele pracy zostaną przeanalizowane w poszczególnych rozdziałach rozprawy. Cel główny zostanie omówiony we wnioskach końcowych i rekomendacjach, cel poznawczy 1 w badaniach literaturowych, ilościowych, jakościowych oraz wnioskach końcowych. Cel poznawczy 2 zostanie przybliżony w części poświęconej badaniom jakościowym. Cel użyteczny 1 jak i cel użyteczny 2 zostaną przeanalizowane w rozdziałach dotyczących badania ilościowego, cel użyteczny 3 zostanie opisany w części dotyczącej badań jakościowych i we wnioskach końcowych.

W osiągnięciu założonych celów istotne jest poszukiwanie odpowiedzi na następujące szczegółowe **pytania badawcze**:

1. PB1: Jak koncepcja szczupłego zarządzania wpływa na zarządzanie projektami w budownictwie?
2. PB2: Jak technologia BIM wpływa na zarządzanie projektami budowlanymi?

3. PB3: Jakie narzędzia Lean Management i Lean Manufacturing można adaptować do Lean Construction?
4. PB4: Jakie są elementy łączące Lean Construction i BIM?
5. PB5: Zastosowanie jakich metod zarządzania opartych o Lean Construction może usprawnić realizację projektu budowlanego wspomaganego technologią BIM?
6. PB6: Jak kształtować relacje między stronami kontraktu budowlanego wykorzystując Lean Construction i BIM?
7. PB7: Jaka jest świadomość oraz stopień wdrożenia zasad Lean Construction wśród przedsiębiorstw działających w branży budowlanej w Polsce?
8. PB8: Jakie są bariery / wyzwania / czynniki dla wdrożenia w przedsiębiorstwie działającym w Polsce koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM?

Syntetyczne podsumowanie odpowiedzi na wszystkie Pytania badawcze zostanie zamieszczone we wnioskach końcowych. Dodatkowo rozwinięcie odpowiedzi na PB1, PB2, PB4, PB6 i PB8 znajduje się w rozdziałach poświęconych badaniu jakościowemu.

Autor sformułował również 11 hipotez, które zostaną przetestowane w ramach zaplanowanych ilościowych badań empirycznych. Hipotezy te brzmią następująco:

H1: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w Polsce może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów.

H2: Znajomość koncepcji Lean Construction wpływa na zakres zastosowania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym.

H3: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach z dominującym kapitałem zagranicznym jest częściej spotykane niż w podmiotach z dominującym kapitałem polskim.

H4: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

H5: Istnieje związek między znajomością i wykorzystaniem koncepcji Lean Construction, a znajomością i wykorzystaniem technologii BIM przez przedsiębiorstwa budowlane w Polsce.

H6: Zastosowanie pojedynczych narzędzi i/lub technik wykorzystywanych w ramach koncepcji Lean jest częściej spotykane niż znajomość całościowa koncepcji Lean Construction.

H7: Zastosowanie koncepcji Lean Construction przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średniej wielkości inwestycji.

H8: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średnich inwestycji.

H9: Zastosowanie technologii BIM w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstwach budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstwach.

H10: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

H11: Zastosowanie koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

Na potrzeby rozprawy doktorskiej istotnym jest wyjaśnienie podstawowych pojęć, które są różnie interpretowane w dyscyplinach inżynieria lądowa, geodezja i transport (ILGiT) oraz w naukach o zarządzaniu i jakości (NZiJ)⁴ a są często wykorzystywane w pracy doktorskiej. Wyjaśnienie to jest zawarte w Tabeli 1.

Tabela 1 Wyjaśnienie podstawowych pojęć

Pojęcie	Dyscypliny naukowe	
	ILGiT	NZiJ
Proces i przedsięwzięcie budowlane	Słowo proces jest definiowane jako proces przygotowania, realizacji i zakończenia budowy, przebudowy, montażu, remontu lub rozbiórki obiektu budowlanego. Działanie to ma określone miejsce, czas, zakres, budżet oraz wymagania jakościowe. W sektorze budowlanym określenie proces budowlany oznacza ciąg występujących po sobie skoordynowanych i powiązanych czynności o charakterze technologicznym mających na celu wytworzenie wymaganych budowli spełniających określone warunki. Ponieważ w rozprawie doktorskiej nie analizuje się czynności technologicznych związanych z realizacją obiektu budowlanego, przyjęto wymienne	Według definicji prakseologicznej przedsięwzięcie to działanie złożone, wielopodmiotowe, przeprowadzone zgodnie z planem, który ze względu na skomplikowanie bywa sporządzane przy pomocy specjalnych metod. Przedmiotem zarządzania przedsięwzięciami są złożone przedsięwzięcia specjalnego rodzaju, nazwane projektami, a problematyka zarządzania przedsięwzięciami określana jest jako zarządzanie projektami (Grucza, Ogonek i Trocki, 2010). Według W. Gasparskiego przedsięwzięcie jest zamierzeniem realizującym obrany cel, które można identyfikować z projektem (Gasparski, 2010)

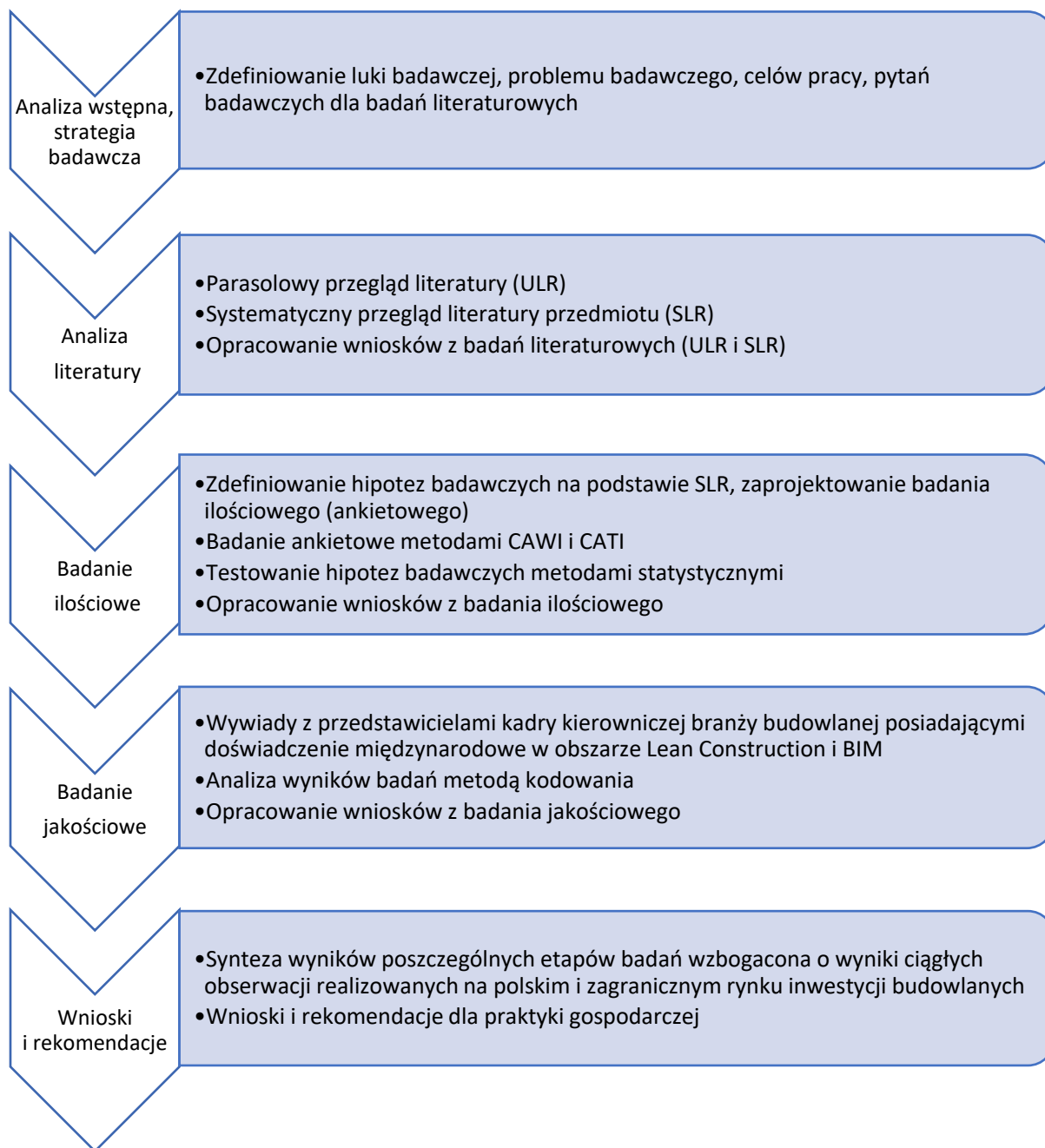
⁴ Praca doktorska formalnie jest realizowana w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości jednakże prezentowane badania mają charakter interdyscyplinarny i odnoszą się w dużej mierze również do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

	stosowanie pojęć proces budowlany i przedsięwzięcie budowlane. Jest to spowodowane cechami posiadanymi przez proces charakteryzującymi się określoną kolejnością występujących po sobie czynności w określonym czasie i wyznaczonych wymaganiach (Jarmoc, 2023).	
Projekt budowlany	Dokument będący podstawą do wydania pozwolenia na budowę składający się właściwej mu dokumentacji. Jest on zdefiniowany zapisem Prawa budowlanego Art. 34. Projekt budowlany Dz.U.2025.418 t.j. – Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane	Projekt jest przedsięwzięciem realizowanym w ramach określonej organizacji, jest czymś nowym, nie rutynowym, a w ramach realizacji ma być osiągnięty konkretny cel. Posiada również termin rozpoczęcia i zakończenia, wykorzystuje różnorodne zasoby do jego realizacji oraz posiada związane z realizacją koszty (Pawlak, 2006). Projekty budowlane, oprócz opisywanych w literaturze przedmiotu cech typowych dla działalności projektowej tj. : niepowtarzalność, unikatowość, zamknięcie w wyznaczonych ramach czasowych i budżecie, ekwiwalentność, celowość, złożoność, zespołowość itp. (Głodziński, 2017a), charakteryzują się koniecznością uwzględnienia przepisów prawa budowlanego, specjalnych wymogów BHP, czy zarządzania technologią budowlaną i złożonym procesem logistyki budowy (Project Management Institute, 2016).

Źródło: opracowanie własne

Należy zauważyć, że w dyscyplinie NZiJ pojęcie projektu i przedsięwzięcia stosuje się niekiedy zamiennie (Gasparski, 2010), choć pojęcie projekt posiada węższe znaczenie (niepowtarzalne/ unikatowe złożone działanie) i znacznie częściej jest obecnie wykorzystywane w naukach o zarządzaniu. Na potrzeby realizowanego doktoratu pojęcia te są stosowane zamiennie (zgodnie z podejściem W. Gasparskiego) w znaczeniu dyscypliny NZiJ, choć autor rozprawy doktorskiej dostrzega występujące różnice. W przypadku, gdy pojęcie „projekt budowlany” zostanie zastosowane zgodnie z definicją dyscypliny ILGiT (dokument opisujący techniczne aspekty produktu i jego dostarczenia, tj. obiektu budowlanego) autor wyraźnie to oznaczy w treści rozprawy doktorskiej.

Na potrzeby realizacji badań doktorskich, w tym realizacji założonych celów, pytań badawczych i testowania hipotez opracowano metodykę badawczą, którą obrazuje Rysunek 1.



Rysunek 1 Metodyka badań doktorskich

Źródło: opracowanie własne

Szczegółowy opis zastosowanych metod zawarty jest w następujących rozdziałach:

1. Parasolowy przegląd literatury (URL) opisana w rozdziale 2.2. Lean jako przedmiot badań w naukach o zarządzaniu – parasolowy przegląd literatury.
2. Systematyczna analiza literatury przedmiotu przedstawiona w rozdziale 4. Lean Construction i BIM – systematyczny przegląd literatury.
3. Badania interesariuszy metodą ankietową – badanie ilościowe opisane w rozdziale 5. Badania ilościowe.

4. Wywiad z międzynarodowymi przedstawicielami kadry kierowniczej branży budowlanej – badanie jakościowe opisane w rozdziale 6. Badania jakościowe.

Poszczególne metody zastosowano na różnych etapach badań. Autor wykorzystał parasolowy przegląd literatury, w ramach którego autor zbadał tematykę zastosowania koncepcji Lean w zarządzaniu. Szczegółowy opis badania został zaprezentowany w rozdziale 2.2. Kolejnym zrealizowanym badaniem jest Systematyczny przegląd literatury przedmiotu, w którym autor poszukiwał publikacji naukowych, które w swojej treści jednocześnie dotyczyły Lean Construction oraz BIM. Szczegółowo opisany przebieg badania oraz wyniki znajduje się w rozdziale 4.. Następnie autor przygotował oraz zrealizował badanie ilościowe w postaci ankiety wśród przedstawicieli branży budowlanej. W badaniu wzięło udział ponad 300 respondentów, a pytania dotyczyły bezpośrednio wykorzystania w praktyce zagadnień Lean Construction, BIM oraz doświadczenia respondentów. Szczegółowy opis badania i jego wyników zaprezentowano w rozdziale 5. pracy doktorskiej. Wskazano również dalsze luki badawcze, które były przedmiotem analizy w ramach badania jakościowego – wywiadów z międzynarodowymi przedstawicielami kadry kierowniczej branży budowlanej, którzy w swojej codziennej pracy stosują Lean Construction oraz BIM. Szczegółowy opis badania jakościowego i wniosków przedstawiono w rozdziale 6. pracy doktorskiej. Dodatkowo wszystkie realizowane badania i wnioski sformułowane na ich podstawie w finalnym rozdziale rozprawy zostały wzbogacone o efekt licznych, wieloletnich obserwacji realizowanych przez autora.

Autor w pracy doktorskiej wykorzystał w badaniach swoje wieloletnie doświadczenie zawodowe z branży budowlanej, zebrane podczas realizacji różnorodnych inwestycji kubaturowych oraz infrastrukturalnych w tym budowy: Terminala LNG w Świnoujściu wraz z infrastrukturą towarzyszącą, fabryki soli w Stassfurt (DE), kolejowych innowacyjnych dworców systemowych na terenie całej Polski, Zakładu Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych w Warszawie, centrum testowego BMW FMDC w Sokolov (CZ), centrum logistycznego w Schkeuditz (DE) oraz pracy w międzynarodowym zespole innowacji i digitalizacji w przedsiębiorstwie będącym jednym z liderów europejskiego rynku generalnych wykonawców, gdzie jest odpowiedzialny za wdrażanie nowych rozwiązań technologicznych w procesie budowlanym. Podczas realizacji tych projektów autor obserwował wykorzystanie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM, jak również aktywnie uczestniczył w ich wdrażaniu i wykorzystaniu.

1. Zarządzanie projektami budowlanymi

1.1. Zarządzanie w środowisku projektowym

Przykładami pierwszych zrealizowanych przedsięwzięć budowlanych, które wymagały zorganizowanego zarządzania ich realizacją są piramidy w Egipcie, rzymskie akwedukty czy wielki mur chiński (Spalek, 2017). W okresie średniowiecza zarządzanie projektami również było ściśle związane z budownictwem, ponieważ głównymi projektami realizowanymi w tamtym okresie, wymagającymi szerokiej koordynacji międzybranżowej, były konstrukcje architektoniczne. Dopiero w późniejszych wiekach, wraz z rozwojem cywilizacji, zarządzanie projektami przeniosło się do kolejnych dziedzin techniki, jak np. konstrukcji okrętów (Garel, 2013). W Polsce za prekursora nauk o zarządzaniu uznaje się Karola Adamieckiego z uwagi na jego teorię harmonizacji oraz ogromny wkład w zakresie harmonogramowania (Czech i Szplit, 2013, s. 593–603). Naukowe podejście do zagadnienia zarządzania projektami miało zauważalny rozwój w okresie II wojny światowej oraz w czasie zimnej wojny (Bukłaha i Juchniewicz, 2019) i trwa do dzisiaj. Jest on determinowany m.in. zmieniającym się otoczeniem projektów oraz zmianami zachodzącymi w funkcjonowaniu przedsiębiorstw (Stabryła, 2015). Dynamiczny rozwój zarządzania projektami miał miejsce w latach 60. ubiegłego wieku. Prekursorem współczesnego zarządzania projektami był Projekt Manhattan realizowany w latach 40., a jego celem było skonstruowanie pierwszej bomby atomowej (Spalek, 2017). Rozwój zarządzania projektami był ściśle związany z realizacją przedsięwzięć na potrzeby armii Stanów Zjednoczonych przy projektach zlecanych przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Początkowo zdobywane kompetencje miały charakter ewolucyjny (Lenfle i Loch, 2010). W pierwszej kolejności rozwijano aspekty związane z planowaniem kosztów i harmonogramowaniem (Artigues, 2008; Kessler i Chakrabarti, 1996). Kolejnym etapem rozwoju zarządzania projektami był postęp w zakresie narzędzi służących do kontroli postępu wykonywanych projektów (Spalek, 2017). W 1969 r. założono organizację Project Management Institute (PMI), której celem było umożliwienie wymiany wiedzy między jej członkami w obszarze związanym z zarządzaniem projektami (Garel, 2013). Następny dynamiczny rozwój zagadnienia związanego z zarządzaniem projektami nastąpił na przełomie XX i XXI w., a determinował go znaczny rozwój technologii informatycznych oraz coraz szersze ich zastosowanie w różnych branżach (Andreassen, Kjekshus i Tjora, 2015; Gorecky, Khamis i Mura, 2015). Rozwój ten zbiegł się w czasie z pojawieniem się koncepcji zwinnego zarządzania projektami (APM – Agile Project Management), która ma szerokie zastosowanie w branży informatycznej, a jej podstawy stanowi *Manifest zwinnego wytwarzania*

oprogramowania (Beck i in., 2002) z 2002 r. (Dingsøyr, Nerur, Balijepally i Moe, 2012). Początkowo metodologia APM wykorzystywana była przy realizacji projektów informatycznych, lecz z biegiem czasu znajdowano jej zastosowanie w innych branżach, w tym w budownictwie (Sadeghi, Akbarpour i Abbasianjahromi, 2022). Wraz ze wzrostem złożoności i liczby projektów realizowanych na świecie, który można było zauważyć na początku obecnego stulecia (Czech i Szplit, 2013) związane było powstanie biur zarządzania projektami (Project Management Office – PMO) (Wyrozębski, 2012). Ich zadaniem jest w głównej mierze efektywne alokowanie środków, jak również sprawne zarządzanie portfelem projektów w organizacjach. Z biegiem czasu zaczęto poświęcać uwagę zagadnieniu dojrzałości w zarządzaniu projektami (Głodziński, 2022).

Wraz z dynamicznym rozwojem zagadnienia zarządzania projektami w biznesie postępował również rozwój tego zagadnienia w obszarze naukowym. Naukowe usystematyzowanie wiedzy w zakresie zarządzania w środowisku projektowym zostało zaproponowane np. przez J. Söderlunda (Głodziński, 2017a). Zaproponował on wyodrębnienie szkół badawczych (Bobińska, 2015): optymalizacji (*optimization school*) zwaną również planistyczną, czynnikową (*factor school*) zwaną również czynników sukcesu, sytuacyjną (*contingency school*), behawioralną (*behavior school*) zwaną również interakcyjną, nadzoru (*governance school*), relacyjną (*relationship school*), decyzyjną (*decision school*). Projekty można również dzielić wykorzystując kryterium dziedzinowe (Głodziński, 2017b) i wyróżnić projekty: przemysłowe, budowlane, energetyczne, telekomunikacyjne, informatyczne, wojskowe (obronne), finansowe (bankowe, ubezpieczeniowe, związane z inwestycjami w instrumenty finansowe), medialne, edukacyjne, kulturalne, społeczne, polityczne, czy sportowe. Projekty budowlane cechują nie tylko wielokrotnie wskazywane cechy tj. niepowtarzalność, unikatowość, zamknięcie w wyznaczonych ramach czasowych i budżecie, ekwiwalentność, celowość, złożoność, zespołowość itp. (Turner i Turner, 1999), jak również wskazane przez (Głodziński, 2015) cechy takiej jak:

- występowanie specyficznych wymagań prawnych regulujących możliwość rozpoczęcia prac budowlano-remontowych (m.in. konieczność uzyskania pozwoleń na budowę, rozbiórkę czy na użytkowanie) (Ustawa z dnia 7 lipca 1994),
- dekoncentracją (nieruchomość efektów), tj. realizacją obiektu na wskazanym przez inwestora miejscu, co wymusza relokację zasobów, w tym organizację od podstaw zaplecza placu budowy oraz wymusza rozpoznanie terenu pod względem: technicznym (geologicznym, hydrologicznym itp.), logistycznym (drogi transportu, składowania,

lokalizacja zaplecza budowy itp.) czy społecznym (oddziaływanie społeczności lokalnej),

- wysokim stopniem złożoności i różnorodności działań ze względu na konieczność realizacji odmiennych prac, np.: żelbetowych, wykończeniowych, instalacyjnych, co wymusza stosunkowo dokładne planowanie harmonogramu działań, koordynację wielu równocześnie realizowanych prac oraz dokumentację zrealizowanych robót,
- dużym udziałem sił obcych w pracach ogółem (podwykonawstwie, co wynika z dążenia do optymalizacji efektywności prac oraz dużej specjalizacji występującej w budownictwie,
- uzależnieniem budowy od warunków atmosferycznych (występująca sezonowość produkcji),
- znaczną wartością (budżetem) i długim terminem realizacji, a przez to znaczną niepewnością warunków realizacji, tj. możliwością wystąpienia wielu zagrożeń wpływających na realizację przedsięwzięcia, jak również szans na dodatkowy sukces,
- specyficznymi formami rozliczeń finansowych między inwestorem, a wykonawcą,
- potrzebą stosowania zabezpieczeń realizacji kontraktu w formie ubezpieczeń, umożliwiających przeniesienie ryzyka na podmioty trzecie – co najmniej obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej architektów i inżynierów budownictwa realizujących samodzielne funkcje techniczne (Ustawa z dnia 15 grudnia 2000; Ustawa z dnia 22 maja 2003; Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 11 grudnia 2003).

Wskazane cechy przedsięwzięć budowlanych determinują konieczność stosowania różnorodnych technik i narzędzi wspomagających zarządzanie tym bardzo skomplikowanym zestawieniem procesów.

Efektem trwającej transformacji cyfrowej w zarządzaniu projektami są zachodzące zmiany mające na celu poprawę modelu biznesowego, procesów operacyjnych oraz kreowanie wartości dodanej dla klienta (Kozarkiewicz, 2020; Morakanyane, Grace i O'Reilly, 2017). To ostatnie jest ściśle związane z założeniami Lean oraz Agile (Whyte, Stasis i Lindkvist, 2016), a w szczególności tworzeniem wartości dodanej zgodnej z potrzebami klienta. Szeroko rozumiana digitalizacja związana z transformacją cyfrową zarządzania projektami ma również wpływ na cyfryzację narzędzi pomocniczych. Przykładowo w budownictwie jest związana z szerszym zastosowaniem technologii BIM, która umożliwia zdecydowanie szybsze pozyskiwanie informacji o realizowanym obiekcie, a co za tym idzie również przyspiesza jego

realizację (Papadonikolaki, van Oel i Kagioglou, 2019). Efektem tego jest ułatwiona koordynacja prac oraz redukcja kosztów. Głównymi czynnikami mającymi wpływ na transformację cyfrową w zarządzaniu projektami są dane i dostęp do nich, narzędzia i systemy IT oraz komunikacja (Kozarkiewicz, 2020). Autorka w swoim badaniu wskazuje również na istotność zwinnej koncepcji Agile oraz zorientowanie na klienta. Dodatkowo zauważa, że zarządzanie projektami jest zagadnieniem nowym oraz realizowanym w zmiennym otoczeniu, a co za tym idzie jest warte uwagi i obserwacji w najbliższych latach. Jak twierdzą europejscy badacze (Roman i Petr, 2015) w przemyśle 4.0 znacznie wzrośnie rola zarządzania projektami w przedsiębiorstwach. Ogromne znaczenie będzie miał czynnik ludzki oraz wiedza i kompetencje pracownika. Zarządzanie projektami będzie wymagało znacznej elastyczności działań od zespołu projektowego, a przyczyną tego jest realizowanie projektów w warunkach niepewności oraz znacznej zmienności otoczenia (Spałek, 2017). Obecna sytuacja na świecie tylko potwierdza założenia badaczy sprzed kilku lat. Realizowanymi w ostatnim czasie projektami w pierwszej kolejności wstrząsnęła pandemia COVID-19. Wymusiła ona jeszcze szybszą cyfryzację i digitalizację wielu procesów. Kolejnym czynnikiem wskazującym, że zmienne otoczenie jest znacznym wyzwaniem wspólnie realizowanych projektów był wybuch wojny w Ukrainie, który spowodował znaczne zawirowania w wielu łańcuchach dostaw w różnych branżach. Wspomniane przykłady potwierdzają zasadność zastosowania metodyk zwinnych i szczupłych w zarządzaniu projektami.

Zorganizowana działalność projektowa ma na celu uporządkowanie oraz usystematyzowanie realizowanych przedsięwzięć. Dzięki jej zastosowaniu zwiększamy szansę na sukces projektu. Zapewnia ona przede wszystkim zabezpieczenie: instytucjonalne (realizacja w formie projektu tzw. Organizacji tymczasowej), instrumentalne (wykorzystanie narzędzi dostosowanych do realizacji projektów) oraz metodyczne (wykorzystanie standardów i wiedzy naukowej) (Głodziński, 2017a). Działanie takie przynosi znaczne korzyści:

- monitorowanie postępu prac, ponoszonych nakładów i uzyskiwanych rezultatów w wyniku wykorzystania rachunku odpowiedzialności (projekt jako ośrodek odpowiedzialności pełniący funkcje instrumentu sterująco-kontrolnego i motywującego do osiągnięcia założonych celów),
- poprawę efektywności w wyniku prowadzenia analiz i oceny przewidywanych nakładów oraz rezultatów,
- możliwość zastosowania koncepcji, metod czy technik organizatorskich stworzonych na potrzeby zarządzania projektami,

- zapewnienie większej koordynacji prowadzonych prac, co pozwala na zmniejszenie marnotrawstwa czy zwiększenie gospodarności wykorzystania zasobów.

Dodatkowo warto pamiętać, że cechami charakterystycznymi działalności projektowej są przede wszystkim (Kozarkiewicz i Łada, 2010):

- wyodrębnione instytucje spośród pozostałych obszarów działalności organizacji,
- wielopodmiotowe realizowanie założonych, powiązanych ze sobą, niepowtarzalnych i unikatowych zadań (w odniesieniu do koncepcji, planowania i/lub wykonania),
- ekwiwalentność o określonych parametrach jakościowych, funkcjonalnych, użytkowych,
- dyscyplina czasowa i budżetowa.

1.2. Projekt i jego znaczenie

Budownictwo jest obszarem, w którym bardzo często zastosowanie w zarządzaniu ma korzystanie z wcześniej zdobytego doświadczenia i wyciąganie wniosków z dotychczas realizowanych projektów na potrzeby kolejnych realizacji (Wyrozebski i Pawlak, 2021). Jest to tym częściej stosowane, im wyższy jest poziom dojrzałości w kulturze zarządzania w analizowanej organizacji. Podobne wnioski można również zaobserwować w organizacjach związanych z ochroną zdrowia.

Rozpoczęcie i realizacja każdego projektu nieodzownie łączy się z wystąpieniem ryzyka porażki, które jest jeszcze większe w przypadku projektów innowacyjnych (Grzeszczyk i Klimek, 2018). W przypadku analizowanego zagadnienia, jakim jest zastosowanie koncepcji zarządzania Lean Construction oraz technologii BIM podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych ryzyko to nie może być pominięte. Należy je dokładnie uwzględnić.

Istotnym elementem przy wprowadzaniu nowatorskich metod i technik jest analiza ryzyka dotycząca ich implementacji. Przeprowadzenie wnikliwej analizy ryzyka może w efekcie przynieść zmniejszenie prawdopodobieństwa jego wystąpienia, ponieważ uczestnicy przedsięwzięcia będą świadomi zagrożeń oraz zysków związanych z jego realizacją. Takowa analiza jest wysoce wskazana w przypadku projektów interdyscyplinarnych, na co ponownie wskazują autorzy (Grzeszczyk i Klimek, 2018). We wspomnianej publikacji analizują dokładnie model ewaluacji innowacyjnych projektów społecznych. Nie analizują oni dokładnie przypadku budownictwa, jednakże powstanie każdego obiektu budowlanego niesie za sobą

wpływ społeczny na jego otoczenie. Jest on najczęściej zależny od funkcji oraz rozmiarów obiektu.

Projekt jest określany w środowisku praktyków i teoretyków zarządzania jako unikatowe przedsięwzięcie ograniczone czasem, zakresem i kosztami (Bukłaha, 2012). W literaturze można również spotkać określenie projektu jako niepowtarzalnego przedsięwzięcia o wysokiej złożoności, określonego co do okresu jego realizacji z wyróżnionym początkiem i końcem, wymagającego zaangażowania znacznych, lecz limitowanych środków rzeczowych, ludzkich i finansowych, realizowanego zespołowo przez wysokokwalifikowanych wykonawców różnych dziedzin w sposób względnie niezależny od powtarzalnej działalności, związane z wysokim ryzykiem technicznym, organizacyjnym i ekonomicznym i w związku z tym wymagające zastosowania specjalnych metod ich przygotowania i realizacji (Trocki i in., 2015). Jego efekty są oceniane przez minimum trzy strony biorące udział przy jego realizacji: sponsora, wykonawcę i użytkownika. To do tych podmiotów później należy też ocena czy projekt został zakończony sukcesem czy fiaskiem. Dokładną analizę dotyczącą określenia efektów projektu w zakresie sukcesu, skuteczności i efektu przedstawia (Bukłaha, 2012) w swojej publikacji. Przedstawiona w niej problematyka jest niezwykle istotna przy ocenie finalnej przedsięwzięcia. Kryteria oceny sukcesu, skuteczności i efektywności projektu należy określić już na samym jego początku, na etapie jego wizji. Takie działanie umożliwi jego właściwą ocenę na koniec i wyciągnięcie wniosków do dalszych działań. Kryteria te powinny być jednoznaczne i kwantyfikowane. Aby projekt określić za zrealizowany skutecznie i efektywnie musi zostać zakończony poprzez dostarczenie pożądanego rezultatu w określonych ramach jakościowych, czasowych i budżetowych (Trocki i in., 2015).

Zarządzanie projektami jako subdyscyplina zarządzania określa i bada zastosowanie dostępnej wiedzy, umiejętności, metod i narzędzi jako elementów przy pomocy których można osiągnąć założone cele projektu. Procesy związane z zarządzaniem przebiegiem realizowanego projektu można podzielić na sześć etapów: wyznaczanie celów, planowanie, organizowanie, motywowanie, kontrola i koordynacja (Trocki i in., 2015). Podział ten został wyspecyfikowany przez organizacje zajmujące się badaniem procesów związanych z zarządzaniem projektami oraz wyznaczaniem standardów oraz systemów zarządzania. Przykładowo dobre praktyki PMBOK opracowane przez Project Management Institute w wydaniu z 2017 roku określa 47 procesów wchodzących w skład pięciu grup procesów i dziesięciu obszarów wiedzy (Project Management Institute, 2017). Do wspomnianych grup procesów należą poniższe zbiory: procesy inicjacji, procesy planowania, procesy wykonawcze, procesy monitoringu i sterowania

oraz procesy zamykające. Podręcznik ten określa następujące obszary wiedzy związane z zarządzaniem: zarządzanie integracją, zarządzanie zakresem, zarządzanie czasem, zarządzanie kosztami, zarządzanie jakością, zarządzanie zasobami ludzkimi, zarządzanie komunikacją, zarządzanie ryzykiem, zarządzanie zamówieniami, zarządzanie interesariuszami. Innym z popularnie stosowanych standardów w zarządzaniu jest metodyka PRINCE2. Wyróżnia ona siedem procesów: przygotowanie projektu, zarządzanie strategiczne projektem, inicjowanie projektu, sterowanie etapem, zarządzanie dostarczaniem produktów, zarządzanie końcem etapu i zamykanie projektu. W metodyce tej stosuje się podział badanych obszarów na pryncypia, tematy, procesy i techniki (Głodziński, 2017a). Oba wspomniane modele zarządzania systematyzują proces szeroko rozumianego zarządzania projektami i są narzędziami pomocniczymi dla wielu menadżerów. Innym ze znanych systemów zarządzania jest tzw. model kostki zarządzania projektami opracowany w Niemczech Projektmanagement-Wuerfel (Spang i Özcan, 2009). W niniejszym opracowaniu wyróżnione zostały jego poziomy jako obszary problemowe: podstawowy, strategiczny, operatywny i integracyjny.

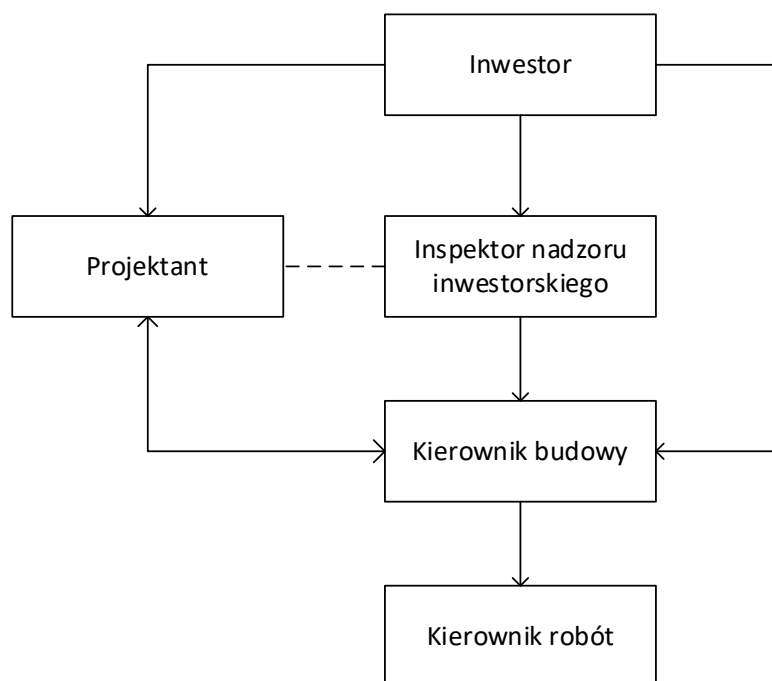
W Polsce w ostatnich latach można zaobserwować wzrost znaczenia projektów w działalności organizacji jak również poszczególnych sektorów gospodarki i jej ogółu (Bukłaha i Juchniewicz, 2019). Jak wskazują wspomniani autorzy samo zjawisko również przechodzi zmiany, jednakże nadal badania wskazują na niską dojrzałość organizacji w Polsce w zakresie zagadnienia zarządzania projektami. Główne bariery wskazywane przez autorów badania w obszarze rozwoju podejścia projektowego w organizacji są związane z brakiem oraz niespójnym wsparciem kierownictwa najwyższego szczebla oraz kulturą organizacyjną badanego przedsiębiorstwa. Istnymi aspektami są również ograniczenia finansowe oraz brak świadomości o zapotrzebowaniu na podejście projektowe w organizacji oraz przekonanie o niskich korzyściach z jego zastosowania.

Według Project Management Institute (PMI) zarządzanie projektami to zastosowanie wiedzy, umiejętności, narzędzi i technik w działaniach związanych z realizacją projektu w celu spełnienia jego wymagań. Wymagania te są zazwyczaj określone przez zlecającego. W przypadku przedsięwzięć budowlanych najczęściej mają one charakter: techniczny (zgodność z dokumentacją obiektu i wymaganiami klienta – zakres i jakość), organizacyjny (dotrzymanie terminów kluczowych – harmonogram), ekonomiczny (cena wytworzenia oraz koszty eksploatacji), społeczny (właściwy odbiór inwestycji przez użytkowników, pozostałą społeczność lokalną i nie tylko) (Project Management Institute, 2013).

1.3. Specyfika projektów budowlanych

Przedsięwzięcie budowlane stanowi unikalny zespół procesów cechujący się określoną strukturyzacją. Zarówno realizacja całego przedsięwzięcia z perspektywy makro jak i sama realizacja obiektu budowlanego ma względnie ustalony schemat. Prawną strukturyzację realizacji przedsięwzięcia budowlanego na terenie Rzeczypospolitej Polskiej wprowadza Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Jest to akt prawny określający najważniejsze czynniki prawne związane z realizacją przedsięwzięcia budowlanego oraz uczestników procesu budowlanego, ich prawa i obowiązki. Zgodnie z zapisem Art. 17. (Kancelaria Sejmu, 2022) uczestnikami procesu budowlanego są:

- inwestor,
- inspektor nadzoru inwestorskiego,
- projektant,
- kierownik budowy lub kierownik robót.



Rysunek 2 Schemat relacji między uczestnikami procesu budowlanego

Źródło: opracowanie własne

Na schemacie przedstawionym na Rysunek 2 przedstawiono relacje między ustawowymi uczestnikami procesu budowlanego. Osoby pełniące wymienione funkcje mają kluczowy wpływ na kształt efektu przedsięwzięcia. Relacje między poszczególnymi uczestnikami

procesu budowlanego są bardzo silne i decyzje poszczególnych uczestników są wzajemnie zależne. W trakcie realizacji procesu budowlanego decyzje podjęte przez każdą ze stron powinny być konsultowane z pozostałymi w celu zapewnienia sprawnej realizacji oraz osiągnięcia zamierzonych celów. Dla efektów procesu kluczowe są decyzje podjęte na samym początku realizacji. Kluczową rolę w nich pełni inwestor oraz projektant. To od nich na tym etapie w głównej mierze zależy finalny kształt obiektu. Na inwestora, tak jak i na każdą jednostkę organizacyjną, oddziałuje środowisko zewnętrzne: polityczne, ekonomiczne, biznesowe, prawne, technologiczne, demograficzne (Kapliński, 2018). Nie jest to obojętne dla realizacji procesu. W związku z powyższym, bardzo istotnym elementem działań jest analiza ryzyka już na samym początku procesu inwestycyjnego. Konsekwencją błędnych decyzji podejmowanych na wczesnych etapach (konceptcja i projekt) może być wzrost kosztów budowy i eksploatacji. Ich wpływ przyjmuje się na poziomie 70–85% wartości gotowego obiektu (Dziadosz, 2018). Kierownik budowy, kierownicy robót oraz inspektor nadzoru inwestorskiego mają zdecydowanie mniejszy wpływ na kształt obiektu oraz koszty związane z ich realizacją. Od nich zależy sposób realizacji obiektu. Jednak to projektant decyduje o głównych właściwościach technicznych budowli, a strona wykonawcza jedynie o sposobie jej realizacji.

W ramach realizacji inwestycji budowlanej można wyróżnić poniższe obszary badawcze:

- standaryzacja procesu zarządzania na etapie planowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych,
- wpływ obowiązujących regulacji prawnych na proces inwestycyjny,
- szacowanie ryzyka w inżynierii przedsięwzięć budowlanych, w tym identyfikacja i kontrola czynników ryzyka oraz alokacja ryzyka w harmonogramie,
- zintegrowane systemy zarządzania w budownictwie (dotyczy przedsiębiorstwa i przedsięwzięcia) (Kapliński, 2018).

To one mają kluczowy wpływ na wynik realizowanej inwestycji.

Niemniej istotnym elementem są aspekty legislacyjne. Realizowana inwestycja budowlana musi spełniać krajowe normy, a w przypadku Polski również normy europejskie. Dodatkowo musi być prowadzona zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa w tym Ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Ustawa ta wyraźnie określa punkt rozpoczęcia oraz zakończenia budowy. Niemniej proces budowlany rozpoczyna się zdecydowanie wcześniej, bo już w momencie pojawienia się pomysłu u inwestora, a kończy wraz z zakończeniem życia obiektu, czyli jego rozbiórką.

Polska Klasyfikacja Działalności 2007 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2007), która jest zbieżna z klasyfikacjami międzynarodowymi Unii Europejskiej (Rozporządzenie (WE) nr 1893/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006) oraz ONZ w ramach sekcji F – Budownictwo, dzieli podmioty do niej należące na trzy działy. Przedmiotem ich działalności są roboty:

- budowlane związane ze wznoszeniem budynków,
- związane z budową obiektów inżynierii lądowej i wodnej (np. dróg kołowych i szynowych, instalacji wodnych, budową rurociągów, linii telekomunikacyjnych i elektroenergetycznych),
- budowlane specjalistyczne (np. rozbiórka i przygotowanie terenu pod budowę, wykonywanie instalacji czy budowlanych robót wykończeniowych).

To właśnie ten zakres realizowanych działań jest obszarem badań niniejszej rozprawy.

Warto również pamiętać, że na potrzeby budownictwa realizowane są liczne prace i produkty w innych dziedzinach gospodarczych. To one odpowiadają za dostarczenie materiałów, czy narzędzi niezbędnych do realizacji inwestycji budowlanych. W tym zakresie szczególnie wpływ na działalność budownictwa mają poniższe obszary gospodarki narodowej (Głodziński, 2017a):

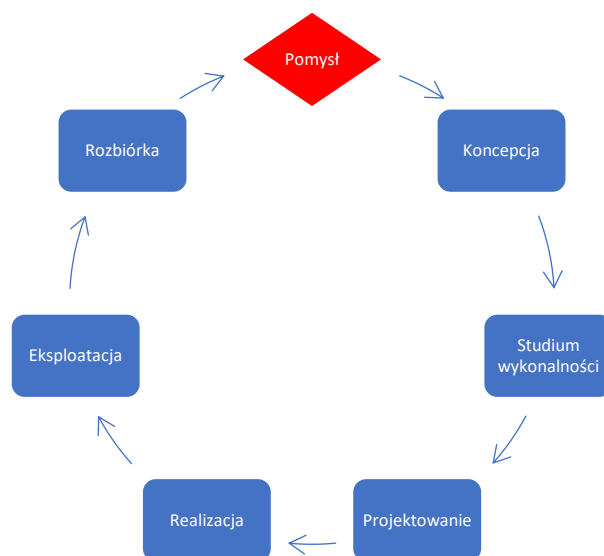
- Górnictwo i wydobywanie (np. wydobywanie kamienia dla potrzeb budownictwa),
- Przetwórstwo przemysłowe (wyroby z betonu, cementu i gipsu, wyroby metalowe, ceramika budowlana, maszyny i pojazdy budowlane itp.),
- Dostawa wody, gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją (np. obróbka i usuwanie odpadów budowlanych),
- Transport i gospodarka magazynowa (np. transport wodny, lądowy czy lotniczy elementów konstrukcyjnych),
- Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca (np. wynajem i dzierżawa rusztowań, szalunków czy pojazdów budowlanych),
- Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna (np. projektowanie obiektów budowlanych).

Bez wsparcia powyższych sekcji gospodarki nie byłoby możliwości realizacji przedsięwzięć budowlanych.

1.4. Organizacja procesu budowlanego, a zarządzanie projektem budowlanym

Realizacja przedsięwzięcia budowlanego w porównaniu do produkcji powtarzalnej charakteryzuje się heroizmem. Jest to spowodowane ogromną ilością czynników mających wpływ na jego realizację, już od momentu powstania pomysłu na planowany obiekt. Dodatkowo cały proces jest bardzo długi, najczęściej mierzony w latach oraz złożony również ze względu na ilość uczestniczących w nim podmiotów.

Cykl życia obiektu budowlanego przedstawia Rysunek 3:



Rysunek 3 Cykl życia obiektu budowlanego- ujęcie procesowe

Źródło: opracowanie własne

Poszczególne powyżej przedstawione elementy procesu są czynnościami bardzo złożonymi i skomplikowanymi. W niniejszej rozprawie zostaną one przedstawione skrótowo, ponieważ nie stanowią głównych badań autora, a są jedynie tłem tematycznym badanego zagadnienia.

Pomysł na realizację obiektu jest czynnością w głównej mierze zależną od inwestora. Można wyróżnić dwa typowe przykłady inwestorów tj. inwestor prywatny oraz inwestor publiczny. Dodatkowym tworem inwestycyjnym jest PPP partnerstwo publiczno-prywatne.

Koncepcję tworzy najczęściej inwestor wraz z ciałem doradczym i to ona nakreśla główne cele i kształt docelowego obiektu. Przy realizacji inwestycji niewielkich, inwestor najczęściej samodzielnie tworzy wspomnianą koncepcję. Jednakże realizując inwestycje na znaczną skalę, a w szczególności mega projekty takiej jak np. Centralny Port Komunikacyjny czy inwestycje liniowe takiej jak Metro Warszawskie, autostrady, linie kolejowe czy drogi szybkiego ruchu, niezbędnie jest korzystanie z zewnętrznego doradcy w postaci profesjonalnego biura

projektowego. Tego typu przedsiębiorstwa posiadają zasoby i kompetencje do wykonania wielokryterialnych analiz oraz planów. Najczęściej w obszarze ich działań jest też wykonanie studium wykonalności planowanej inwestycji.

Dalszym krokiem jest wspomniane studium wykonalności, które w przypadku inwestycji o znacznym oddziaływaniu na otoczenie oraz wymagających znacznych nakładów finansowych zaleca się zlecić profesjonalnym biurom specjalizującym się w niniejszych działaniach. Na tym etapie szerzej i dokładniej analizowane są elementy zaprojektowane w koncepcji. Profesjonaliści przygotowują pogłębione analizy zagadnień już wcześniej opisanych oraz kreują kształt przyszłego obiektu.

Proces projektowania jest długotrwały i ma na celu kreację docelowego obrazu obiektu. Ściśle związane z nim są procesy administracyjne, od których to zależy możliwość i zgoda na realizację inwestycji. Proces projektowania jest czynnością wymagającą zaangażowania znacznej liczby osób, w tym projektantów, ekspertów branżowych oraz urzędników państwowych, którzy to mają wpływ na wydanie pozytywnej decyzji umożliwiającej realizację docelowego obiektu.

Proces realizacji jest stosunkowo krótki w stosunku do całości cyklu życia obiektu budowlanego. Jednakże to w tym okresie wprowadza się największe zmiany, bo wtedy powstaje zaplanowany obiekt. Etap ten absorbuje znaczne nakłady finansowe oraz zasoby ludzkie i maszyn. Dodatkowo proces ten jest obarczony wieloma ryzykami, na które żadna ze stron nie ma wpływu. Do kluczowych z nich należą warunki atmosferyczne oraz możliwość wystąpienia sytuacji nadzwyczajnych, takich jak pandemia czy wojny. W trakcie realizacji projektu występują również liczne ryzyka takie jak: techniczne, organizacyjne, społeczne, polityczne i biznesowe. Ryzykami tymi należy w właściwy sposób zarządzać, aby pomimo ich wystąpienia minimalizować ich skutki oraz doprowadzić inwestycję do sukcesu (Chadam, 2016). Podczas realizacji tego etapu bardzo istotne jest sprawne zarządzanie pracami oraz planowanie działań. To od efektywnego zarządzania zależy terminowe wykonanie obiektu w założonym przez inwestora budżecie.

Proces eksploatacji jest ściśle związany ze spełnieniem potrzeb użytkownika i to w trakcie tego etapu weryfikowane są założenia koncepcyjne i projektowe. W okresie eksploatacji mogą wystąpić również prace budowlane związane z np. remontami, czy modernizacją obiektu.

Po zakończeniu okresu eksploatacji następuje proces rozbiórki i daje on możliwość powtórzenia całego cyklu i zrealizowania nowego obiektu na wcześniej użytkowanym terenie.

Dodatkowo coraz większe znaczenie w szczególności w aspekcie ekologicznym ma możliwość powtórnego wykorzystania wcześniej użytych materiałów do realizacji kolejnych obiektów. Właściwe zaprojektowanie realizowanego obiektu generuje możliwość powtórnego zastosowanie użytych do budowy materiałów. Obecnie coraz większa popularność zyskuje projektowanie zgodne z zasadami Cardle to cardle (Gomes, Silvestre i De Brito, 2020) zgodnie, z którego założeniami jak największa część obiektu ma mieć możliwość powtórnego użycia w kolejnych konstrukcjach lub elementy są zbudowane w taki sposób, aby można było łatwo rozdzielić różne materiały do powtórnego ich wykorzystania lub recydingu.

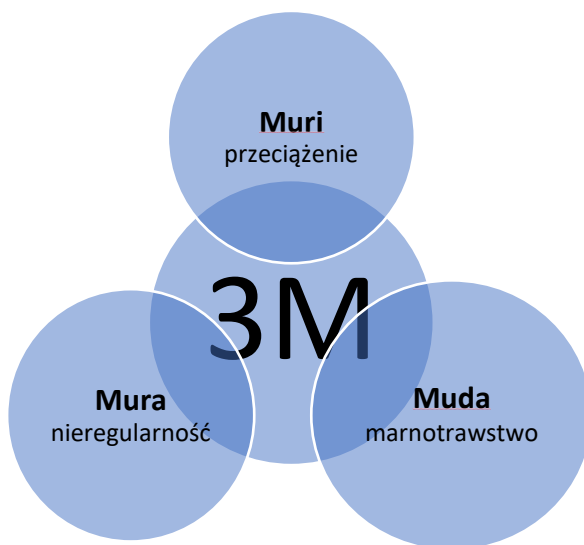
Wymienione procesy powinny być realizowane skutecznie i efektywnie, co wymaga właściwego zarządzania nimi, w tym wykorzystania do wspomagania zarządzania różnorodnych koncepcji, metod czy technik zarządzania. Jednym z ciekawych rozwiązań koncepcyjnych jest szczupłe zarządzanie (lean management) a technologią informacyjno-komunikacyjną jest BIM.

2. Lean w zarządzaniu

2.1. Idea koncepcji Lean w zarządzaniu

Współczesna filozofia szczupłego zarządzania (Lean Management) zyskała swoją popularność dzięki zastosowaniu jej przez koncern Toyota w Japonii. Jeden z pracujących w Toyocie inżynierów Taiichi Ohno wypracował system znany jako Toyota Production System (TPS) (Womack, Jones i Wasiel, 2008). Jest on uznawany jako pierwowzór dla innych podążających podobnym sposobem myślenia w działaniu (Lander, 2007). Ta filozofia zarządzania odnosi się zarówno do produkcji, rozwoju jak i administracji, a popularność zyskała na przełomie lat 80 i 90 XX w. (Yamamoto, Milstead i Lloyd, 2019). Jej głównym założeniem jest dostarczenie wartości dodanej dla klienta przy możliwie najlepszym wykorzystaniu dostępnych zasobów oraz eliminacja strat, której rezultatem jest poprawa cyklu produkcyjnego, jakości produktu, redukcja kosztu oraz poprawa koordynacji działań między pracownikami. Za straty uznawane jest wszystko co nie przynosi wartości dodanej z punktu widzenia klienta (Yamamoto, Milstead i Lloyd, 2019).

Fundamentami Lean jest dążenie do redukcji trzech głównych rodzajów strat przedstawionych na Rysunek 4 określanych jako 3M (Mor i in., 2019).



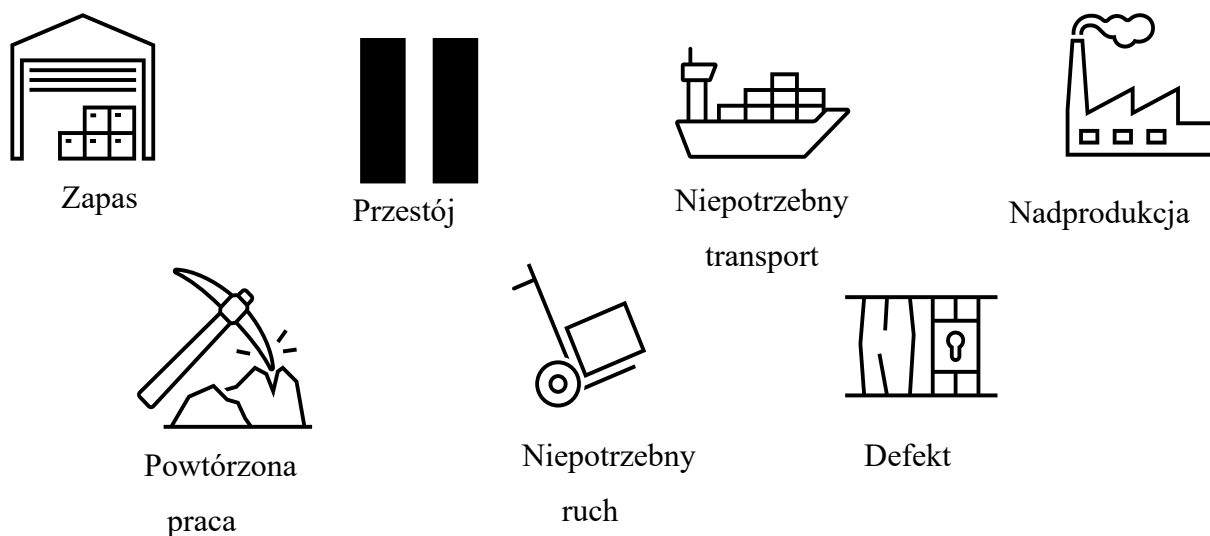
Rysunek 4 Trzy kategorie strat wg. Lean

Źródło: opracowanie własne

W ramach pojęcia Muri, filozofia Lean rozpatruje nadmierne obciążenie pracą i wysiłkiem, które wykracza poza naturalne możliwości człowieka lub narzędzia. Efektem takiego działania są awarie, defekty i nieplanowane postoje. Pod pojęciem Mura kryją się nieregularne, zmienne i niestabilne warunki i metody pracy w ramach realizacji tej samej czynności. Taki sposób

działania jest nieefektywny i wymaga zdecydowanie większych nakładów pracy, niż procesy realizowane w sposób powtarzalny i realizowane w takcie. Muda, czyli marnotrawstwo określa straty pojawiające się w miejscu pracy (Smith, 2014). Wypełniają one niepotrzebnie przestrzeń pomiędzy czynnościami przynoszącymi wartość, czyli są to czynności zbędne.

Lean określa również 7 źródeł marnotrawstwa (Hines, Holweg i Rich, 2004), które zostały przedstawione na Rysunek 5.



Rysunek 5 Siedem źródeł marnotrawstwa

Źródło: opracowanie własne

Wszystkie siedem źródeł obniża wartość produkcji oraz generuje niepotrzebne koszty. Nadmierne zapasy powodują zamrażanie środków finansowych w przedsiębiorstwie oraz generują potrzebę przygotowania dodatkowego miejsca składu. Powtórzona praca powoduje nadmierne zmęczenie pracownika oraz zmniejsza jego wydajność i generuje koszt. Przestoje również źle wpływają na rentowność przedsiębiorstwa, bo zamiast zarabiać w określonym czasie generuje ona tylko koszty, czyli straty. Podobne znaczenie ma niepotrzebny ruch. Dodatkowym aspektem jest transport elementów, które tego transportu nie wymagają. Takie działanie zwiększa również ryzyko wystąpienia defektów, które w bezpośredni sposób przynoszą straty przedsiębiorstwu. Ostatnim, ale bardzo niebezpiecznym aspektem jest nadprodukcja. Jest ona bardzo niebezpieczna i stosunkowo łatwa do wystąpienia. Jej efektem jest również niepotrzebny koszt dla przedsiębiorstwa, a może również doprowadzić do straty, jeśli nadmiernie wyprodukowanego materiału nie jesteśmy w stanie sprzedać przed upływem terminu jego ważności (Smith, 2014). Obecnie coraz częściej

dopisuje się kolejne rodzaje marnotrawstwa, a najpopularniejszym jako ósmy jest wymieniany niewykorzystany potencjał ludzki. Polega on na niewłaściwym wykorzystaniu kompetencji posiadanych przez pracowników.

Aby zapobiegać marnotrawstwu Lean wykształciło sześć zasad działania. Pierwszą jest dostarczanie wartości klientowi. Producent powinien dostarczyć zamawiającemu dokładnie to co on potrzebuje, nie więcej, nie mniej i dokładnie w takiej jakości jakiej klient tego oczekuje. Takie działanie zapewnia zadowolenie obu stron oraz optymalną rentowność działania. Kolejnym warunkiem jest zdefiniowanie strumienia wartości. W przedsiębiorstwie należy jasno określić, które elementy są najważniejsze, a które wymagają mniejszej uwagi od zespołu. To ułatwi priorytetyzowanie zadań. Bardzo ważnym elementem jest powiązanie pracy z zapotrzebowaniem. Właściwe określenie zapotrzebowania wyeliminuje aż dwa aspekty marnotrawstwa. Producent nie będzie miał nadmiernych zapasów oraz uniknie nadprodukcji, co wyraźnie zwiększy jego rentowność. Jedną z najważniejszych zasad Lean jest doskonalenie się przez cały czas. Tylko w ten sposób możemy się poprawiać i utrzymywać tempo jakie określa rynek. Jeśli dokładnie będziemy pracowali nad sobą mamy szansę wyprzedzić konkurencję, co będzie miało pozytywny wpływ na działanie przedsiębiorstwa. Dzięki doskonaleniu upłynniemy pracę przedsiębiorstwa, co będzie miało realny wpływ na jego rentowność. Ostatnią bardzo ważną zasadą jest wyeliminowanie marnotrawstwa, co jest jasnym podsumowaniem filozofii Lean Management (Chiarini, Łączy do zewnętrznej witryny, Baccarani i Mascherpa, 2018).

2.2. Lean jako przedmiot badań w naukach o zarządzaniu – parasolowy przegląd literatury

W celu określenia obszarów badawczych oraz kierunków i perspektyw rozwoju zagadnienia badawczego zastosowano metodę parasolowego przeglądu literatury (*umbrella review*) (Fusar-Poli i Radua, 2018). W analizie tej dokonano przeglądu publikacji dotyczących zagadnienia Lean Management opisujących to zagadnienie w działalności projektowej.

Badanie skoncentrowano na analizie baz publikacji pełno tekstowych Scopus oraz Google Scholar od 2000 roku do dnia 06.10.2020 roku. Dokonano analizy publikacji, które wykorzystując systematyczną analizę literatury przedmiotu (*systematic literature review*) – jako główną metodę badawczą – odnoszą się do zagadnienia Lean Management. Przeszukano w tytułach publikacji, ich słowach kluczowych i abstraktach fraz:

- „lean management” AND,
- „literature review” OR,
- „systematic literature review” OR,
- „literature analysis” OR,
- „literature outlook”.

Kolejnym krokiem było dokonanie przeglądu tekstów pod kątem ich zgodności z przyjętymi założeniami badawczymi (tematyka badawcza). Po zastosowaniu powyższych filtrów w bazie Scopus znaleziono 1246 dokumentów. Następnie ograniczono wybór do artykułów anglojęzycznych oraz posiadających dostęp pełnotekstowy. Ze względu na dużą liczbę publikacji do analizy, w praktyce uniemożliwiającą skuteczną ich weryfikację, postanowiono wykluczyć publikacje starsze niż 10 lat, aby przeanalizować aktualny stan wiedzy. W ostatnim kroku uszeregowano artykuły w kolejności względem liczby cytowań. Po wstępnej analizie treści artykułów wybrano do ostatecznej analizy 9 publikacji, które spełniały wszystkie kryteria (publikacje podejmujące tematykę BIM i LC, dostęp pełno tekstowy, angielski jako język publikacji, wykorzystanie systematycznego przeglądu literatury jako głównej metody badawczej, publikacje z lat 2010-2020). W Tabeli 2 przedstawiono wynik wykonanego parasolowego przeglądu literatury. W zestawieniu skupiono się na przedstawieniu kluczowych zagadnień z każdego z analizowanych artykułów tj. zastosowanej metody badawczej, celu artykułu, wyniku badań.

Analizując wyniki przedstawione w Tabeli 2 można określić, że podjęty temat rozprawy doktorskiej daje szerokie perspektywy do dalszych badań. W ostatnim czasie coraz większą popularność zyskują badania dotyczące zastosowania koncepcji Lean poza wielkoskalową produkcją powtarzalną. Temat produkcji powtarzalnej z zastosowaniem zasad Lean jest tematyką dojrzałą i dokładnie zbadaną (Pettersen, 2009). Autorzy wybranych publikacji analizują zastosowanie Lean w:

- produkcji
- systemie opieki zdrowotnej,
- budownictwie,
- przemyśle lotniczym,
- innych dziedzinach przemysłu i rozwoju.

Tabela 2 Parasolowy przegląd literatury z zakresu Lean Management

Publikacja	Obszar badawczy	Cel badania	Metoda badawcza	Wyniki badania
Analyzing the role of lean management in health care: A systematic literature review (Vinodhini A, Seethalakshmi R i Sowdamini T, 2018)	Opieka zdrowotna	Zbadanie narzędzi i praktyk Lean Management w opiece zdrowotnej poprzez systematyczny przegląd literatury. Przeanalizowano zagadnienia takie jak Lean Management, six sigma oraz inne metody poprawiające jakość organizacji opieki zdrowotnej przedstawione w literaturze naukowej.	Przebadano 50 artykułów, badano prace z lat 2012-2017, analizowano treść pod względem zgodności z tematyką, utworzono podkategorie w celu wykonania typowego badania.	Zastosowanie zasad Lean w służbie zdrowia zaowocowało pozytywnym wpływem na jej jakość np. skróciło czas oczekiwania do lekarzy profesjonalistów oraz podniosło poziom satysfakcji zawodowej osób pracujących w tej branży.
Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: A systematic literature review (Núñez-Merino, Maqueira-Marín, Moyano-Fuentes i Martínez-Jurado, 2020)	Wsparcie IT w zarządzaniu produkcją	Przedstawienie przeglądu badań oraz kluczowych aspektów i implikacji w relacjach między informacjami i technologiami cyfrowymi (IDT) oraz szczupłym zarządzaniem łańcuchem dostaw (LSCM). Systematyczny przegląd literatury zastosowano do identyfikacji, selekcji i oceny opublikowanych badań.	Przeanalizowano 78 pozycji z lat 1996 do 2019. Analiza ta miała na celu klasyfikację badań w oparciu o cykl życia technologii z podziałem na: przestarzałe, dojrzałe, pojawiające się oraz przedstawiające generalne spojrzenie na analizowane zagadnienie.	Przedstawienie luk badawczych znalezionych w analizowanej literaturze jako wyzwania do przyszłych badań. Autorzy wskazują szereg implikacji, które mogą być przydatne nie tylko dla naukowców, ale również dla przedstawicieli kadry zarządzającej w różnych branżach.
IT in lean-based manufacturing industries: Systematic literature review and research issues (Pinho i Mendes, 2017)	Rola IT w zarządzaniu produkcją	Przedstawienie przeglądu literatury, w którym zbadano rolę IT w procesie szczupłego zarządzania produkcją. Autorzy mieli na celu wyróżnienie głównych problemów oraz zidentyfikowanie potencjalnych kierunków przyszłych badań.	Wybrano 124 artykuły z baz SCOPUS i ISI WEB of Knowledge. Podczas analizy wyróżniono kluczowe zagadnienia: wykorzystywane oprogramowanie i technologie, korzyści wynikające z zastosowania IT w produkcji Lean, znaczenie integracji IT z produkcją, porównanie IT i Lean jako opcji uzupełniających się	Jako efekt analiz autorzy wskazują na fakt, iż tworzenie infrastruktury IT oraz wprowadzanie zasad lean jest ogromnym wyzwaniem dla przedsiębiorstw zarówno ze względu na znaczne koszty obu procesów, jak i konieczność znacznej pracy kierownictwa przy wprowadzaniu nowych rozwiązań. Sugerują w pierwszej kolejności wprowadzanie zasad Lean, a następnie infrastruktury IT. Wskazują luki badawcze w zakresie braku kompleksowych ram wprowadzania integracji Lean z IT oraz braku wiedzy na temat hybrydowych systemów produkcyjnych, powiązanych z nimi łańcuchów dostaw oraz sposobów reakcji na opór personelu

			i niezależnych, rola zasobów ludzkich w procesie.	i roli systemów IT na przestrzeni etapów dojrzałości Lean w przedsiębiorstwie.
Lean implementation within SMES: A literature review (Hu, Mason, Williams i Found, 2015)	Sektor MŚP	Dokonanie systematycznego przeglądu literatury dotyczącej tematyki wdrażania Lean w małych i średnich przedsiębiorstwach (MŚP).	W badaniu zastosowano metodę systematycznego przeglądu literatury Tranfield ⁵ . Obejmuje ona trzy etapy: planowanie, prowadzenie, i raportowanie/ rozpowszechnianie.	Efektem jest opisowa analiza badanych artykułów. Na jej podstawie zidentyfikowano cztery główne tematy: zakres/ typ Lean zastosowywany w MŚP, jak Lean jest stosowany w MŚP, wpływ wdrażania Lean na MŚP oraz krytyczne czynniki w skutecznym wdrażaniu Lean w MŚP. Autorzy przedstawili również kluczowe czynniki ułatwiające i spowalniające wdrażanie Lean w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Opracowano również „mapę drogową” będącą wskazówką do wdrażania Lean przez MŚP.
Lean management and supply chain management: interrelationships in the aerospace sector (Modrák i Semančo, 2014)	Przemysł lotniczy	Dokonanie systematycznego przeglądu literatury uzupełnionego o zidentyfikowanie badanego zestawu tematów i zaproponowane kryterium klasyfikacji literatury oraz omówienie dowodów empirycznych, które identyfikują istniejące wzajemne relacje.	Przeanalizowano 92 artykuły, zidentyfikowano trzy główne tematy: przyjęcie i wdrożenia zarządzania Lean, rozwój zarządzania łańcuchem dostaw, wdrażanie zasad i praktyk Lean w całym łańcuch dostaw.	Wynikiem badania jest zestaw wyzwań i możliwości dla przyszłych badań wraz z zakresem implikacji akademickich i zawodowych, które mogą być przydatne nie tylko w branży lotniczej ale i w innych zbliżonych sektorach przemysłu
On the adoption of lean manufacturing principles in process industries (Panwar, Nepal, Jain i Rathore, 2015)	Przemysł przetwórczy	Przedstawienie aktualny (2013) Przegląd literatury dotyczący zasad lean w produkcji przetwórczej. Klasyfikuje literaturę oraz pomaga w zdefiniowaniu strategii Lean w danym typie przemysłu. Wykazano korzyści z Lean w przemyśle przetwórczym oraz przedstawiono analizę narzędzi i technik.	Zebranie 104 artykułów dotyczących badanego zagadnienia w 52 renomowanych czasopismach naukowych.	Autorzy wskazują na niedobór systematycznych przeglądów literatury dotyczących zasad Lean w przemyśle przetwórczym. Wskazano elementy Lean mające potencjalne zastosowanie w przemyśle przetwórczym oraz wskazano wyzwania związane z wdrożeniem Lean.
Present focuses and future directions of decisionmaking in	Budownictwo	Identyfikacja obecnych obszarów zainteresowania oraz omówienie przyszłych kierunków w zarządzaniu	Systematyczna analiza literatury na podstawie 123	Wskazanie na fakt, że obecne aplikacje do CSCM koncentrują się na zarządzaniu materiałami i zasobami w integracji łańcucha

⁵ Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review, 2003, *David Tranfield*

construction supply chain management: A systematic review (Le, Elmughrabi, Dao i Chaabane, 2020)		łańcuchem dostaw w budownictwie (CSCM).	artykułów opublikowanych w latach 2000 – 2017.	dostaw, a decyzje strategiczne dotyczące logistyki nie są podejmowane na etapie wczesnego planowania inwestycji. Określenie przyszłych trendów: wspólne planowanie i projektowanie przy użyciu zaawansowanych technik, szczupłe zarządzanie dostawami przy pomocy narzędzi BIM w logistyce zewnętrznej, zastosowanie Lean i BIM w budowie i dostawach. Wskazanie sposobu realizacji inwestycji na poszczególnych etapach ze wskazaniem odpowiednich metod i narzędzi wspomagania.
Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008-2018) (Singh i Kumar, 2019)	Budownictwo	Przedstawienie przeglądu literatury dotyczącego przedstawienia narzędzi Lean oraz tematyki Lean Construction w czołowych branżowych czasopismach naukowych.	Systematyczna analiza literatury 48 wybranych z 944 publikacji z lat 2008 – 2018	Wykazanie, że tylko niektóre narzędzia i techniki były kilkakrotnie zbadane i przedstawione w publikacjach.
Successful implementation of lean as a managerial principle in health care: A conceptual analysis from systematic literature review (Maijala, Eloranta, Reunanen i Ikonen, 2018)	Opieka zdrowotna	Identyfikacja i analiza cech przywództwa i zarządzania w kontekście zastosowania zasad lean w systemie opieki zdrowotnej	Przeanalizowano 1754 anglojęzyczne artykuły, 9 artykułów i 3 przeglądy spełniły kryteria wyszukiwania określone przez autorów. Analizowano artykuły z 5 letniego okresu badawczego.	W implementacji koncepcji lean w systemie opieki medycznej kładzie się nacisk na filozofię, zasady oraz narzędzia związane z lean. Przywództwo i zarządzanie związane z zasadami lean skupiało się głównie na zagadnieniach związanych z umiejętnościami i zdolnościami do rozwiązywania problemów, wprowadzania zmian, wzmacniania pozycji, komunikacji, nauczania, wparcia, ułatwiania czynności i osiąganiu sukcesu organizacyjnego. Wszystkie dotyczyły umiejętności menadżerskich na średnim oraz wysokim poziomie. Wyniki badań są pomocne podczas realizacji transformacji i implikacji koncepcji lean w systemie zarządzania w opiece zdrowotnej.

Źródło: opracowanie własne

W analizowanych badaniach autorzy przedstawiający tematykę Lean Construction wskazują na skuteczność połączenia zasad Lean z narzędziami BIM w budownictwie. Jednocześnie określają dalsze badania we wspomnianym zakresie jako rozwojowe i perspektywiczne, co uzasadnia podjęcie tematyki niniejszej rozprawy. Autorzy wskazują na występujące badania dotyczące łańcucha dostaw na budowach. Jednocześnie zwracają uwagę na istotność zastosowania zasad Lean w szerszym zakresie w projektach budowlanych już na wczesnym etapie rozwoju projektu. Dodatkowo potwierdzają, że efektywne stosowanie koncepcji Lean jest znacznie ułatwione przy zastosowaniu nowych technologii wspierających realizację projektów budowlanych. Przykładem takiego narzędzia jest szerokie zastosowanie BIM już od wczesnych etapów inwestycji budowlanej. W ocenie autora, zgadzając się z propozycjami wielu badaczy (Greenwood, Jie i Rogage, 2017), zagadnienie wspólnego zastosowania koncepcji Lean oraz technologii BIM może przynieść wymierne korzyści podczas realizacji inwestycji budowlanych ze szczególnym naciskiem na skomplikowane projekty wielobranżowe. Umacnia to twierdzenie o istotności przeprowadzenia dalszych badań w zakresie stosowania tych technologii, a w szczególności z zawężeniem do krajowego rynku budowlanego. W związku z powyższym w dalszej części pracy doktorskiej autor przedstawi wynik badań ilościowych oraz jakościowych dotyczących zastosowania koncepcji Lean Construction wraz z technologią BIM podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych.

Na potrzeby stosowania koncepcji Lean w produkcji opracowano wiele metod i narzędzi. Część z nich zaadaptowano na potrzeby budownictwa. Wszystkie one mają za cel ograniczenie strat zawartych w 3M, Muda, Muri i Mura, czyli marnotrawstwa, nadmiernego obciążenia i nieregularności (Smith, 2014). Przegląd parasolowy nie wskazał narzędzi wspomagających Lean jako istotnego obszaru eksploracji naukowej. Jednakże w literaturze przedmiotu występują publikacje wskazujące na ważne instrumenty wspomagające. Do najważniejszych narzędzi Lean Management (Wolniak, 2019) (Kosieradzka, Kąkol i Krupa, 2011) zalicza się:

- 5S,
- Kaizen,
- Just in Time,
- Kanban,
- SMED – Single Minute Exchange or Die,
- TPM – Total Productive Maintenance – Kompleksowe utrzymanie produktywności,
- VSM – Value Stream Mapping – Mapowanie strumienia wartości.

Na podstawie zrealizowanego parasolowego przeglądu literatury można wskazać poniższe najpopularniejsze w budownictwie narzędzia Lean (Le i in., 2020; Singh i Kumar, 2019):

- 5S,
- Wizualizacja,
- Just in Time,
- Last Planner System®.

Dokładna analiza optymalnych dla budownictwa narzędzi i technik Lean zostanie przedstawiona w kolejnych rozdziałach. Wszystkie powyżej wskazane narzędzia wywodzą się z technik stosowanych w celu optymalizacji produkcji powtarzalnej, ale zostały dostosowane do potrzeb budownictwa. Ich krótka charakterystyka zawarta jest w rozdziale 4.4 Przegląd metod i technik wspomagających Lean Construction.

2.3. Fundamenty Lean Construction

Filozofia Lean coraz częściej znajduje zastosowanie również w innych branżach, nie tylko w produkcji wielkoseryjnej, co można zauważyć na podstawie wykonanego badania Lean jako przedmiot badań w naukach o zarządzaniu – parasolowy przegląd literatury. Jednym z przykładów jest branża budowlana, w której produkcja jest zupełnie inna niż w fabryce. Budownictwo produkuje obiekt, który jest niepowtarzalny, jedyny w swoim rodzaju. Dodatkowo taki obiekt jest znacznych gabarytów oraz jego realizacja generuje koszty najczęściej wielokrotnie większe niż produkcja pojedynczego produktu wywarzanego masowo. W związku z powyższym zastosowanie zasad Lean może znacznie je zoptymalizować, a w efekcie zmniejszyć oraz poprawić jakość tego nietypowego produktu. Autorzy (Koskela, Howell, Ballard i Tommelein, 2002) przedstawiają podstawy zastosowania filozofii Lean w budownictwie (*Lean Construction*). Ma ona swoje początki w połowie lat 90'. W tym okresie wykształciły się dwie interpretacje Lean dla budownictwa. Pierwsza stanowi aplikację zasad Lean Production do budownictwa. Za to druga uznaje Lean Production jako interpretację teoretyczną dla sformułowania nowych założeń teoretyczno-metodycznych dla budownictwa i nazwanie ich Lean Construction. Założenie to zostało rozwinięte przez International Group for Lean Construction założone w 1993 roku. Opisano je również (Motzko, Martinek, Klingenberg i Binder, 2011) w publikacji dotyczącej zarządzania w budownictwie. Dodatkowo International Group for Lean Construction potwierdziło, że „*Lean Construction*

nie posiada jednoznacznej i globalnie ustalonej definicji.” A. Mossman (2018). Dokładną analizę definicji Lean Construction analizuje w swojej publikacji (Mossman, 2018).

Jednym z podstawowych założeń teorii Lean jest poprawienie wydajności systemu produkcyjnego, a co za tym idzie samej produkcji. Osiągnięcie tego celu ma umożliwić zmiana kompozycji zarządzania do niższych poziomów oraz standaryzacja pracy, a tym samym umożliwienie poprawy wykonywania poszczególnych zadań, przez co poprawę całego procesu (Mor i in., 2019).

Najczęściej systemy zarządzania procesami w budownictwie opierają się o metodę ścieżki krytycznej i wyznaczenie harmonogramu, w którym kolejne zadanie będą uzależnione od poprzednich (Project Management Institute, 2013). Kontrola sprowadza się do monitorowania postępu zadań, ich zgodności z założonym harmonogramem i budżetem (Daniel i in., 2020). W razie problemów są przenoszone zasoby na opóźniony element, co skutkuje brakami w innej części produkcji, jak również ma wpływ na jakość. Zarządzanie projektem jest mocno scentralizowane. Głównymi wyzwaniami dla obecnych projektów jest ich wysoki poziom skomplikowania, presja czasu oraz dążenie do minimalizacji kosztów. Dodatkowym czynnikiem jest duża ilość zmian w projekcie i konieczność dostosowania się do zmiennego środowiska i zapotrzebowania klientów. Te wszystkie wyzwania stanowią podstawę do opracowania optymalnego systemu zarządzania projektem budowlanym.

W założeniach Lean Construction dostarczenie projektu jest rozumiane jako cały proces realizacji obiektu od koncepcji do gotowego budynku dla klienta (Shakeri, Boroujeni i Hassani, 2015). W odróżnieniu od seryjnej produkcji obiekt budowlany jest zaprojektowany do realizacji w konkretnym miejscu, a stanowiska robocze poruszają się w trakcie realizacji po obiekcie, a nie jak to zwykle bywa w produkcji powtarzalnej obiekt porusza się pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi lub stanowiska robocze są przenoszone wewnątrz wyraźnie określonego rejonu produkcji wokół większych elementów produkcyjnych, według określonego i powtarzalnego schematu. Porównanie kluczowych cech Lean Manufacturing i Lean Construction obrazuje poniższa Tabela 3.

Tabela 3 Porównanie Lean Manufacturing i Lean Construction

Cecha	Lean Manufacturing	Lean Construction
Dostawcy/ podwykonawcy	Względnie stali	Zmienni
Czas taktu	Minuta	Dzień
Środowisko pracy	Stałe	Zmienne

Pracownicy	Wykwalifikowani, stali	Średnio wykwalifikowani, zmienni
Transport gotowego produktu	Wewnątrz wytwórni i magazynu	Brak*
Wpływ klienta na realizowany produkt	Znikomy	Znaczny
Cecha charakterystyczna branży	Powtarzalność	Heroizm

*w budownictwie najczęściej nie występuje transport gotowych elementów, ponieważ najczęściej wykonywane są one w miejscu wbudowania, wyjątek stanowi prefabrykacja.

Źródło: opracowanie własne

Założenia Lean znajdują bardzo praktyczne zastosowanie we wszelkiego rodzaju inwestycjach budowlanych, zarówno kubaturowych, liniowych jak i specjalistycznych. Umożliwiają zastosowanie Lean Project Delivery System (LPDS), ponieważ wymaga on pełnej koordynacji pomiędzy wszystkimi uczestnikami projektu. Fundamentalną zasadą jest wymiana informacji oraz wzajemne przekazywanie sobie swoich potrzeb oraz propozycji między inwestorem, projektantem, wykonawcą i przyszłym użytkownikiem obiektu. Tylko dzięki transparentności można osiągnąć pełny sukces stosując tą koncepcję. Takie działanie jest różne od często stosowanego sposobu projektowania, gdzie główny nacisk kładziony jest na szybkość i ograniczenie wariantowości, aby skrócić czas na podjęcie decyzji. Taki sposób postępowania w późniejszym etapie projektu często prowadzi do nieporozumień pomiędzy poszczególnymi uczestnikami projektu. Zgodnie z założeniami projektowania Lean dopuszczalne są liczne alternatywy rozwiązań, które są konsultowane pomiędzy specjalistami z różnych branż w celu osiągnięcia rozwiązania optymalnego, a ostateczne decyzje podejmuje się w ostatnim rozsądnym momencie, aby osiągnąć jak najlepsze rozwiązania. Takie działanie ma na celu zapewnienie wykonania możliwie najlepszego projektu, który przyniesie satysfakcję klientowi. Systematyczne wymiany uwag między projektantem, a inwestorem zapewniają najwyższą jakość docelowego obiektu.

Kontrola realizacji przedsięwzięcia zgodnie z założeniami Lean jest oparta o konsultacje z bezpośrednimi wykonawcami elementów. Dzięki temu kierownik projektu jest w stanie działać odpowiednio szybko. Ma możliwość wypracowania najlepszego dostępnego rozwiązania z bezpośrednim uczestnikiem zdarzenia. Zgodnie z założeniami Lean ustalone są dokładne jednotygodniowe, i ogólne kilkutygodniowe plany działania w razie wystąpienia problemu. Zarządzanie i kontrola projektu jest ściśle powiązana z tworzeniem planów naprawczych oraz awaryjnych. Dzięki takim rozwiązaniom realizacja projektu przebiega płynniej.

Zgodnie z założeniami LPDS projektanci powinni być możliwie wcześniej angażowani w dyskusje projektowe, aby już na samym początku budowania koncepcji móc wprowadzać optymalne rozwiązania i założenia projektowe (Aslam, Gao i Smith, 2020). Takie działanie może oszczędzić czas i pieniądze na kolejnych etapach projektu. Zgodnie z założeniami Lean inwestor ma dostęp do wszelkich informacji o projekcie i przyszłych planach jego eksploatacji i bierze czynny udział w odbiorach poszczególnych etapów.

Proces produkcji budowlanej znacznie różni się od tego w fabryce, większość tych różnic została już wcześniej przytoczona. Jednakże mają one pewną cechę wspólną, jaką jest nieprzewidywalność. W fabryce najczęściej dotyczy awarii sprzętu lub problemów z dostawami, zaś w budownictwie ma dużo szerszy zakres. Począwszy od zmian pogody, gruntu, zmian w projekcie ze strony zamawiającego, do interakcji między branżami podczas realizacji budowy. W obu przypadkach mają jednak cechę wspólną, budują nieplanowane koszty.

Budownictwo w przeciwieństwie do produkcji wielkoseryjnej charakteryzuje się bardzo dużym wpływem czynnika ludzkiego. Dodatkowo większość czynności nie jest tak dokładnie opisana i wytyczona jak w przypadku procedur produkcyjnych. Niesie to również za sobą różnice w wynagrodzeniach pracowników oraz mniejszą stabilność zatrudnienia w budownictwie. Branża budowlana w Polsce w dużej mierze opiera się na realizacji obiektów przez podwykonawców, którzy są zdecydowanie mniej stabilni w zakresie cen oraz dostępności niż siły własne generalnych wykonawców. Dodatkową różnicą jest kontrola jakości. W produkcji jest ona cykliczna i ma wpływ na powtarzalność procesu. Budownictwo jest najczęściej kontrolowane dopiero na końcu procesu kiedy to ciężko wprowadzić już znaczące zmiany. Na etapie realizacji są określone różne wytyczne i standardy mające zapewnić jak najlepszy efekt finalny inwestycji, jednakże w trakcie realizacji obiektów budowlanych występują zmiany. Zmiany te występują zdecydowanie częściej niż w produkcji powtarzalnej. Niewątpliwie zarówno w produkcji jak i w budownictwie celem Lean jest podniesienie wydajności przy współpracy ludzi i maszyn.

Bardzo ważnym aspektem w procesach budowlanych jest ich usprawnienie. Autorzy (Nowotarski, Pasłowski i Matyja, 2016) opisali efekt zastosowania Lean Construction na polskim rynku budowlanym. Publikacja ta w ciekawy sposób odnosi się do wyzwań w naszym społeczeństwie. Autorzy zwracają uwagę na bardzo problematyczny aspekt realizacji inwestycji w centrach miast, jakim jest mała przestrzeń do magazynowania materiałów. Zauważają, że optymalnym rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie metody 5S

(Muotka, Togiani i Varis, 2023). Wykazują również, że wymaga ona stosunkowo niewielkich nakładów finansowych aby ją wprowadzić. Dodatkowo poddano analizie zastosowanie metod Just in Time, Visual Management oraz Pull&Push. Aby zoptymalizować wykorzystanie placu składowego na budowie wykonano wszystkie kolejne czynności zgodnie z założeniem metody 5S dostosowując je do rzeczywistych potrzeb środowiska budowy. Niestety metoda Visual Management nie znalazła pełnego zastosowania. Spowodowane jest to zbyt dużą zmiennością asortymentu. Jej zastosowanie sprawdziło się tylko dla najczęściej wykorzystywanych materiałów. W ramach ograniczenia marnotrawstwa jakim jest zbędne składowanie materiałów wypracowano stosowanie metody JiT. Dostosowano ją również do panujących warunków i pośrednio połączono z metodą Pull&Push. Zamawiany materiał był możliwie od razu wbudowywany po dostarczeniu na plac budowy. W efekcie potwierdził się fakt, że zastosowanie koncepcji Lean w budownictwie przynosi pozytywny wpływ na usprawnienie procesu realizacji obiektu. W zakresie zarządzania placem składowym największe korzyści przyniosło zastosowanie metod 5S i JiT, które są stosunkowo łatwe do wprowadzenia i nie generują dużych kosztów.

Autorzy publikacji (Alarcón, Diethelm, Rojo i Calderón, 2008) zajęli się oceną skutków zastosowania Lean Construction w praktyce budowlanej. Przeanalizowali w szczególności metodę Last Planner System[®], jak również inne metody na przykładzie ponad 100 inwestycji budowlanych w okresie pięciu lat. We wszystkich przedsiębiorstwach, które zastosowały koncepcję Lean wystąpił zauważalny wzrost wykonywalności założeń przy realizacji przedsięwzięć. Wzrost ten był współmierny do poziomu wdrożenia zasad Lean przez zarządzających inwestycją. Głównymi problemami w terminowym ukończeniu inwestycji były opóźnienia spowodowane przez podwykonawców. Zauważono również, że zastosowanie wsparcia oprogramowania IT ma bardzo duży wpływ na sukces projektu. Bardzo ważne jest aby na samym początku implementacji zasad Lean do zarządzania inwestycją korzystać z dedykowanych narzędzi, które znacznie usprawniają ten proces. Najczęstszą korzyścią z zastosowania koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach była poprawa generalnego zarządzania i kontroli nad inwestycją. Interesującym jest fakt, iż przedsiębiorstwa które na początku wdrażania Lean napotkały problemy, w późniejszym okresie wykazały znaczące efekty zastosowania tej koncepcji oraz łatwość w radzeniu sobie z kolejnymi wyzwaniami. Wprowadzanie zasad Lean Construction może spotkać się z następującymi problemami. Do głównych należy czas, a dokładniej jego brak na szkolenia personelu w trwających już projektach. Większość problemów dotyczyło czynnika ludzkiego, czyli najbardziej

skomplikowanego elementu inwestycji. Obserwatorzy zauważyli niechęć do zmian przyzwyczajzeń wśród personelu oraz problemy z przekazywaniem informacji oraz jej transparentnością. Jednakże w przedsiębiorstwach w których udało się wprowadzić zasady Lean, zaobserwowano mierzalne efekty działań oraz poprawę procesu realizacji inwestycji.

Główne zasady Lean Construction są bardzo zbliżone do źródłowego Lean Manufacturing. Zasady produkcyjne zostały dostosowane do potrzeb budownictwa i mają na celu usprawnienie całego skomplikowanego procesu budowlanego. Bardzo ważne jest, aby projekt był prowadzony od samego początku zgodnie z założeniami filozofii Lean. W ten sposób można osiągnąć sukces w realizacji oraz zmniejszyć koszty związane z inwestycją. Największym wyzwaniem wskazanym przez autorów wyżej wymienionych publikacji przy wprowadzaniu Lean Construction w przedsiębiorstwach jest czynnik ludzki, bo to od pracowników zależy, czy nowe zasady zostaną wprowadzone z sukcesem oraz przełożą się na mierzalne zyski dla prowadzonych inwestycji. Z tego względu istotnym aspektem przy wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań w przedsiębiorstwach budowlanych, jakim jest Lean Construction jest właściwe dostosowanie tego procesu do grupy docelowej, o czym wspominają (Wirkus i Kusio, 2016) w swojej publikacji. Dalsza analiza dotycząca wdrażania oraz zastosowania Lean Construction w przedsiębiorstwach budowlanych działających na polskim rynku będzie stanowić kluczowy element niniejszej rozprawy.

Określenie Lean Construction jest stabilnie osadzone w nomenklaturze zarówno naukowej jak i zawodowej dotyczącej zagadnień związanych z systemami zarządzania w budownictwie, również na polskim rynku. Pytanie, które nasuwa się autorowi brzmi: czy należy zwrot ten tłumaczyć na język polski, a jeżeli tak, to w jaki sposób? Lean Construction wziął swoją nazwę od Lean Management, które określa sposób zarządzania zgodny z zasadami filozofii Lean. W rodzimych publikacjach (Bylinko, 2019) często można spotkać wymiennie nazewnictwo takie jak „szczupłe zarządzanie” „zarządzanie Lean” i „Lean Management”. W tym przypadku przymiotnik „szczupły” wydaje się bardzo dobrze pasować i we właściwy sposób określać zagadnienie. Filozofia Lean w swoich wytycznych mówi również o odchudzaniu procesów, co ma ścisły związek z określeniem szczupły. Autor na podstawie wstępnej analizy różnorodnych publikacji naukowych oraz popularno-naukowych w swojej ocenie zgadza się z wymiennym stosowaniem wspomnianych nazw odnośnie procesu zarządzania zgodnego z filozofią Lean. Czy podobnie może być również w budownictwie? Czy Lean Construction można używać tożsamo ze szczupłym budownictwem, a może szczupłym zarządzaniem w budownictwie? W tym przypadku sprawa nie wydaje się tak prosta i oczywista, jak z zagadnieniem szeroko

rozumianego zarządzania. Określenie „szczupłe budownictwo” praktycznie nie występuje w publikacjach. Wyszukiwanie wspomnianej frazy, w czerwcu 2021 r. nie przynosi żadnych wyników w cyfrowych bazach tj. Scopus oraz ProQuest. Również w scholar.google.com oraz bazie zasobów Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej autorowi nie udało się znaleźć wyników wyszukiwania frazy „szczupłe budownictwo”. W przypadku przeszukiwania internetowych baz danych przy pomocy frazy „szczupłe budownictwo” natrafiamy na artykuły związane z tematyką Lean w budownictwie, ale już nie bezpośrednio na tą frazę. Pojawiają się natomiast artykuły związane ze szczupłymi obiektami budowlanymi, czyli wysokimi, a wąskimi budynkami. Określenia takie odnoszą się jednak nie do koncepcji zarządzania, ale architektury obiektów budowlanych.

Inaczej jest po wyszukaniu frazy „Lean Construction” która w znacznej większości wyników wyszukiwania odnosi się do standardów zarządzania Lean w budownictwie. Alternatywnym tłumaczeniem Lean Construction na język polski jest szczupłe zarządzanie w budownictwie, jednakże występuje ono najczęściej w ramach wyjaśnienia zasad Lean i często jest użyte w bardziej złożonych kombinacjach jak np. techniki szczupłego zarządzania w budownictwie i zawsze przymiotnik szczupły występuje w połączeniu z rzeczownikiem zarządzanie. Fakt ten jest najprawdopodobniej spowodowany koniecznością doprecyzowania w jakim zakresie przymiotnik szczupły odnosi się do tematyki budownictwa. Zgodnie z tłumaczeniem słowa lean (DeepL, 2022; Google, 2022) oznacza ono chudy, szczupły, niskokaloryczny, jak również kiepski, wątły, chuderlawy, zabiedzony. Większość z tych słów ma wydźwięk pejoratywny, co może powodować zauważalną niechęć wśród autorów do tłumaczenia słowa Lean na język polski. Tłumaczeniami słowa construction (DeepL, 2022; Google, 2022) są budowa, konstrukcja, zabudowanie, budowla, a rzadziej budownictwo. Dopiero połączenie tych dwóch słów we właściwej interpretacji wolnego tłumaczenia odnosi się do sposobu zarządzania w budownictwie, a dokładne ich tłumaczenie oznacza szczupłą budowę. W ocenie autora angielskie słowo lean przyjęło się do określania zasad zarządzania zarówno w budownictwie, jak i innych dziedzinach oraz nie wymaga konieczności dokładnego tłumaczenia na język polski, a w szczególności w zakresie budownictwa. Dodatkowo nazwa ta nie jest również tłumaczona w innych językach, czego najlepszym potwierdzeniem są lokalne instytuty Lean Construction w różnych krajach europejskich. W ich przypadku stosuje się tylko przedrostek narodowy oraz nazwę międzynarodową, jak np. German Lean Construction Institute. Niemniej dopuszczalne jest stosowanie zamienne wyrażenia szczupłe zarządzanie, w szczególności gdy jest używane w publikacjach dotyczących wcześniej przedstawionej tematyki, z czego autor

będzie korzystał w niniejszej rozprawie. Określenie Lean Construction przyjęło się w polskiej nomenklaturze również w badaniach naukowych (Nowotarski, 2019) w związku z powyższym będzie stosowane w dalszej części niniejszej rozprawy doktorskiej. Powyższy rozdział został opracowany na podstawie dostępnych autorowi źródeł i ma na celu przybliżenie czytelnikowi tematyki Lean Construction oraz stanu wiedzy dotyczącego badanego zagadnienia na moment pisania niniejszego rozdziału (czerwiec 2022 r.). Wyniki przedstawionych tu badań umożliwiają zaprojektowanie dalszych etapów studiów, w tym systematycznego przeglądu literatury. Należy zaznaczyć, że autor niniejszej rozprawy doktorskiej analizuje również najnowsze publikacje w przedmiotowym obszarze i przytacza ich wyniki w kolejnych rozdziałach.

3. BIM w zarządzaniu projektami budowlanymi

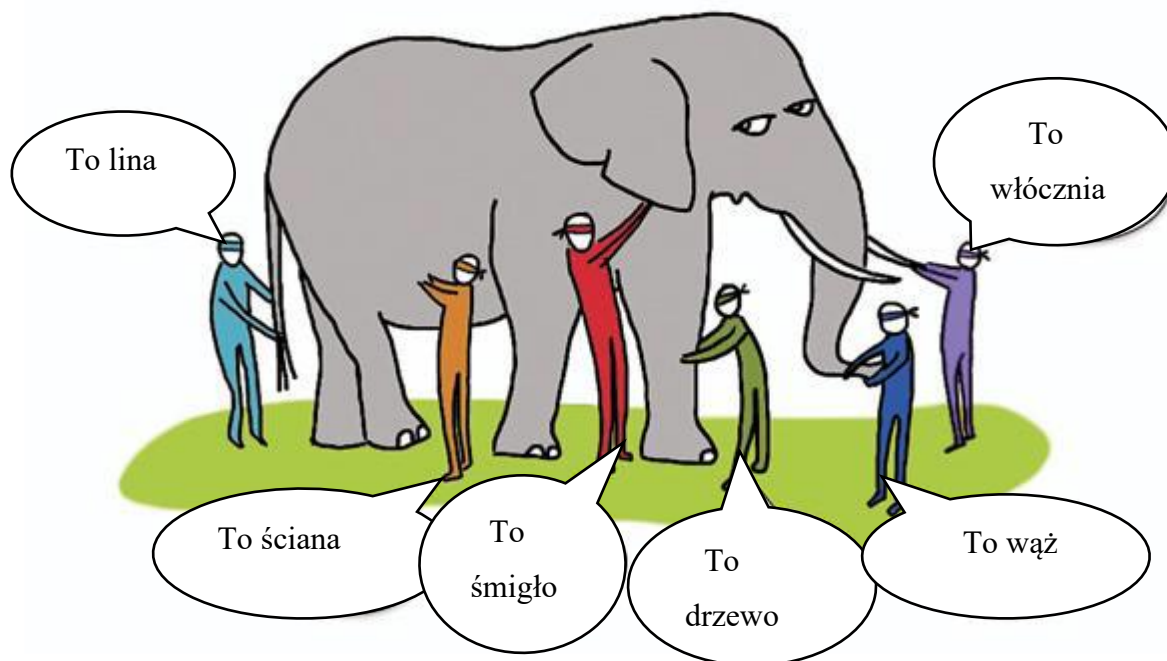
3.1. Istota technologii BIM

Rozwinięciem akronimu BIM są najczęściej słowa Building Information Modelling, czyli modelowanie informacji o budynku. Istnieją również rozwinięcia takie jak Building Information Model, czy Building Information Management, jednakże nie stanowią one popularnego tłumaczenia. BIM sam w sobie jest nie tylko cyfrowym modelem konstrukcji, lecz stanowi technologiczne podejście do projektu (Borkowski i Michalak, 2024). W zależności od grupy beneficjentów istnieją różne określenia dla BIM takie jak, aplikacja cyfrowa, proces projektowania i dokumentacji lub częste określenie jako holistyczne podejście do projektowania, konstrukcji i eksploatacji budynku (Ingibjorg Birna Kjartansdottir i in., 2017). Rysunek 6 przedstawia porównanie słonia do BIM i wskazuje jak przez różnych, niezależnych interesariuszy, w zależności od miejsca obserwacji może być rozumiany BIM. W przypadku budownictwa dotyczy to momentu uczestniczenia w przedsięwzięciu budowlanym lub obszaru zainteresowania interesariusza. BIM może być porównywany do słonia w poszczególnych jego częściach. Podobnie, jak na poniższej grafice ludzie z zasłoniętymi oczami w różny sposób definiują poszczególne części słonia, podobnie uczestnicy przedsięwzięcia budowlanego na różnych jego etapach i w różnych jego obszarach mogą definiować BIM. Dla jednych stanowi on narzędzie do stworzenia koncepcji, dla architekta umożliwia stworzenie pięknych kształtów bryły. Konstruktor wykorzysta BIM do sprawdzenia statyki obiektu, a projektant instalacji do efektywnego zaprojektowania różnorodnych instalacji i zweryfikowania ich potencjalnych kolizji. Na etapie realizacji ekipa budowlana korzysta z BIM do planowania działań i weryfikacji zrealizowanych elementów. W trakcie użytkowania obiektu administrator może wykorzystać model BIM do zarządzania obiektem i planowania jego przeglądów i napraw. Różni użytkownicy BIM czerpią z niego inne korzyści i widzą w BIM różne cechy i elementy.

Wiodąca organizacja zajmująca się wspieraniem open BIM definiuje BIM jako:

EN: „*A new approach to being able to describe and display the information required for the design, construction and operation of constructed facilities.*” (National Institute of Building Sciences, 2007)

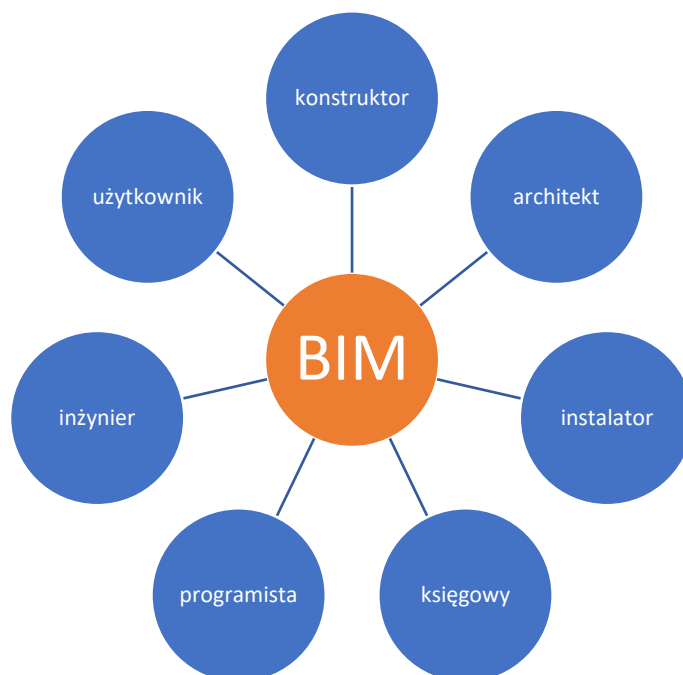
PL: „*Nowe podejście do możliwości opisywania i wyświetlania informacji wymaganych do projektowania, budowy i eksploatacji budowanych obiektów.*”



Rysunek 6 Tłumaczenie własne jak BIM może oznaczać różne rzeczy wśród różnych profesjonalistów

Źródło: (Winstanley i Fraser, 2013), tłumaczenie własne

Założeniem BIM jest stworzenie cyfrowego bliźniaka – modelu realizowanego obiektu umożliwiającego współpracę wszystkich uczestników projektu. Ma on na celu ułatwienie płynnej wymiany informacji oraz zwiększenie transparentności realizowanej inwestycji. Ten wspólny model skupia wokół siebie uczestników, zapewniając im łatwiejszą komunikację.



Rysunek 7 Interesariusze BIM

Źródło: opracowanie własne

Zastosowanie BIM w realizacji przedsięwzięcia ma wiele zalet, które są dostrzegane od samego początku procesu do jego zakończenia. Wstępny model koncepcyjny umożliwia przedstawienie zamawiającemu potencjalnego kształtu realizowanego obiektu. Jest to znacznym ułatwieniem, w szczególności dla osoby nie posiadającej wykształcenia technicznego w wyobrażeniu sobie docelowej wizji realizowanej inwestycji. Środowisko BIM łączy ze sobą współpracę wszystkich interesariuszy przedsięwzięcia budowlanego. Graficzne przedstawienie BIM jako centralnego narzędzia do komunikacji i wymiany danych obrazuje Rysunek 7. Do głównych zalet BIM należą (Demian i Walters, 2014), (Farnood Ahmadi i Arashpour, 2020):

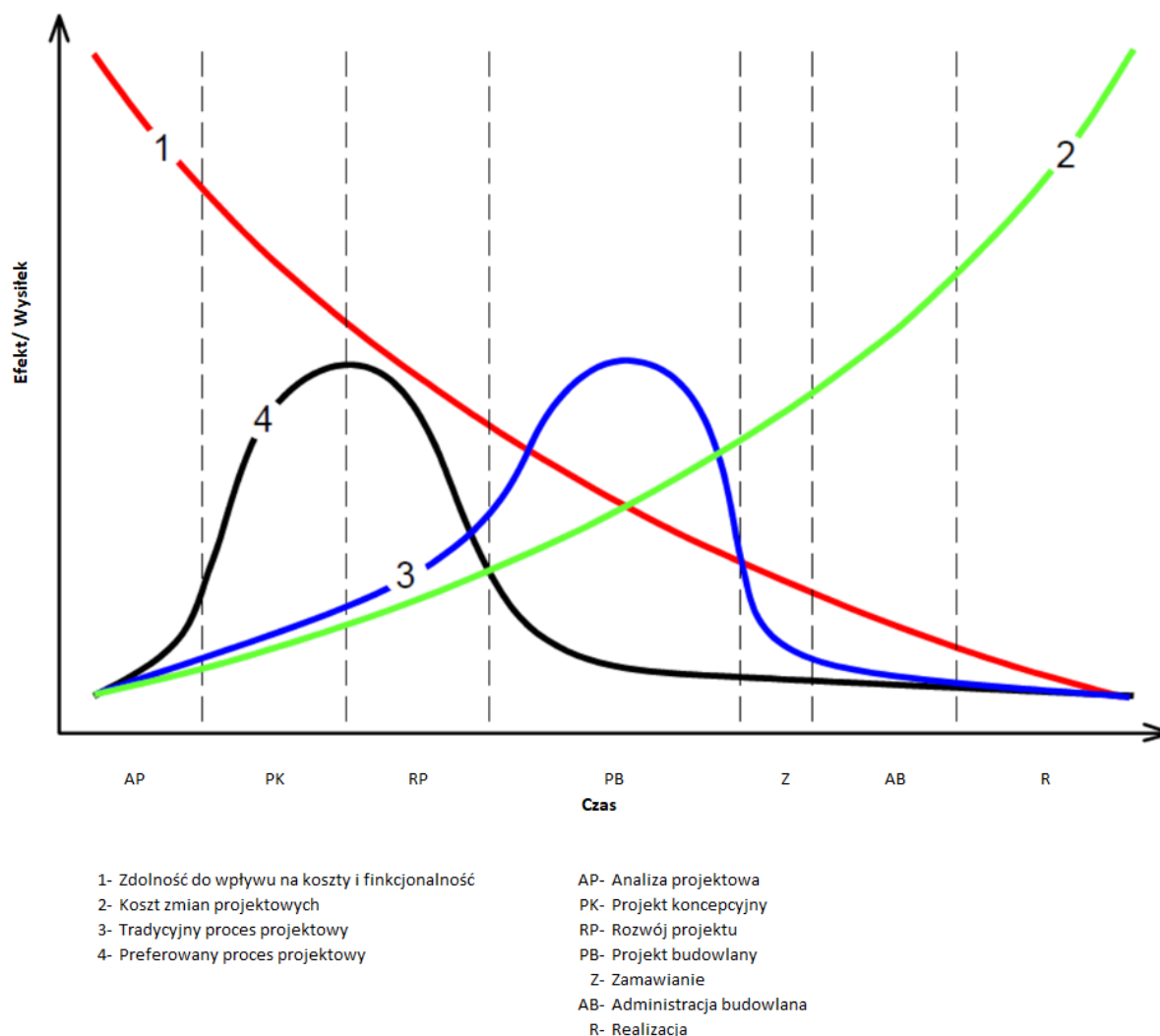
- łatwiejsze wykrywanie kolizji już na etapie projektowym,
- większa efektywność realizacji,
- łatwiejsza współpraca międzydziałowa i międzybranżowa,
- transparentność,
- efektywność na budowie dzięki lepszej wizualizacji planowanego przedsięwzięcia oraz harmonogramu budowy,
- innowacyjność w wykorzystaniu cyfrowych aplikacji projektowych.

Z punktu widzenia zarządzania przedsięwzięciem budowlanym do głównych zalet BIM należą (Arayici i in., 2011), (Shin i Kim, 2021):

- wiarygodna, dostępna informacja elektroniczna przez cały cykl życia konstrukcji,
- dokumentacja projektowa o zwiększonej dokładności i lepszej jakości,
- lepsza określenie wartości produkcji,
- lepsza jakość danych niezbędnych do podejmowania decyzji,
- przegląd zmian podczas projektowania i budowy,
- mniejsza ilość zmian w zamówieniach dostaw,
- krótszy czas realizacji budowy,
- redukcja błędów i zaniedbań,
- ulepszona obsługa i konserwacja gotowego obiektu,
- ogólna optymalizacja kosztów realizacji i eksploatacji obiektu.

Zastosowanie BIM na wczesnym etapie projektu w porównaniu z projektowaniem 2D generuje zwiększone koszty, jednakże w długofalowej analizie zastosowanie BIM może przynieść znaczne oszczędności oraz przyspieszyć realizację przedsięwzięcia. Dzięki

wizualizacji obiektu można podjąć świadomie strategiczne decyzje już na wczesnym etapie, a ich koszt związany z modernizacją modelu jest zdecydowanie niższy niż w etapie realizacji (Ilozor i Kelly, 2012). Zagadnienie to bardzo dobrze obrazuje krzywa MacLeamy przedstawiona na Rysunek 8.



Rysunek 8 Krzywa MacLeamy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design and Construction Operations* (WP-1202, August, 2004)

Na powyższym wykresie linia 4 reprezentuje preferowany sposób realizacji procesu projektowania (The Construction Users Roundtable, 2004), który jest zdecydowanie łatwiej możliwy do osiągnięcia przy pomocy zastosowania technologii BIM. Jest on skonfrontowany z linią nr 3 przedstawiającą tradycyjny proces projektowy, który obrazuje realizację inwestycji bez zastosowania technologii BIM. Dzięki zastosowaniu BIM podczas projektowania można łatwiej wprowadzić zmiany i wykonać ustalenia międzybranżowe na początku procesu projektowego. Ma to znaczący wpływ na koszt realizacji inwestycji. Na Rysunek 8 krzywa nr

2 wskazuje poziom wzrostu kosztów, jak można zauważyć rośnie on wykładniczo wraz z postępem realizacji inwestycji. Im później w trakcie realizacji są wprowadzane zmiany w realizowanym obiekcie tym są one bardziej kosztowne w realizacji. Krzywa nr 1 obrazuje możliwość wpływu projektowego na docelowy kształt i koszt inwestycji. W tym przypadku największy wpływ na docelowy kształt i funkcjonalność realizowanego obiektu inwestor ma na samym początku realizacji przedsięwzięcia, czyli w czasie kiedy ustalane są założenia projektowe.

Początki cyfrowych modeli obiektów budowlanych sięgają lat 70. XX wieku. W tamtym okresie nie funkcjonowało jeszcze określenie BIM, a BPM Building Product Models. Początkowo prace nad cyfrowym modelowaniem obiektów rozpoczęły się w Europie i Stanach Zjednoczonych. Rozwój BIM był ściśle związany z rozwojem technologicznym komputerów. Wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej urządzeń powstawały nowe coraz bardziej zaawansowane oprogramowania, które w początkowym okresie były głównie narzędziami dla architektów umożliwiającymi im tworzenie modeli skomplikowanych brył geometrycznych projektowanych obiektów (Bujak, 2010). Oprogramowanie BIM umożliwiło odejście od standardowej deski kreślarskiej, jak również oprogramowania CAD 2D. Z wykonanego modelu BIM można generować również rysunki płaskie, które nadal są głównym narzędziem pomocniczym na budowie. Ewolucję projektów od płaskiego do modelu widać na Rysunek 9.



Rysunek 9 Ewolucja projektowania budynku

Źródło: (Dreso, 2022)

Obecnie wiodącym założeniem dla BIM jest jego zastosowanie podczas całego cyklu życia obiektu od powstania koncepcji jego realizacji, przez cały okres projektowania, realizacji, prowadzenia wszelkich odbiorów, eksploatacji aż po jego modernizację lub rozbiórkę.

3.2. Technologia BIM a zarządzanie

BIM jest technologią wspomagającą zarządzanie projektem budowlanym w wielu płaszczyznach określanych jako wymiary. W ramach określania liczby wymiarów modelu BIM stosuje się poniższą skalę, w której każdy kolejny wymiar wzbogaca poprzedni poziom o kolejne dane:

- 2D – rysunek płaski, który stanowi zbiór linii uzupełniony o opis na nim się znajdujący
- 3D – model konstrukcji
- 4D – model z harmonogramem
- 5D – model z kosztorysem
- 6D – model z parametrami, które umożliwiają przeprowadzenie analizy wpływu budowli na środowisko i człowieka
- 7D – model z informacjami niezbędnymi do zarządzania i eksploatacji budynku (Pszczółka, 2022)
- nD – na obecną chwilę brak jest określenia kolejnych wymiarów modelu BIM

Technologia BIM umożliwia wykorzystanie wielu narzędzi wspierających ICT (Information and Communications Technology – technologie informacyjne i komunikacyjne) oraz jest czynnikiem znacznie ułatwiającym zastosowanie koncepcji Lean w zarządzaniu realizacją procesu budowlanego. Do tworzenia oraz eksploataowania modeli BIM wykorzystuje się zaawansowane oprogramowanie komputerowe, narzędzia do VR oraz AR, GPS, RFID, drony, skaniny laserowy LIDAR jak również urządzenia takie jak tablety.

Podczas realizacji kontraktów, w których ma zastosowanie technologia BIM bardzo ważne jest określenie docelowych właściwości i parametrów modelu. W tym celu opracowuje się dokument BEP – BIM Execution Plan. Stanowi on zbiór kluczowych informacji. Należą do nich dokładne określenie jakości modelu LOD, wskazanie kamieni milowych w projekcie, wstępny harmonogram, strategię obiegu informacji, konwencje nazewnictwa plików oraz podział odpowiedzialności wraz ze wskazaniem zakresów między uczestnikami

przedsięwzięcia budowlanego. Wytyczne dotyczące opracowania BEP dla projektów realizowanych w Polsce są zawarte w „BIM Standard PL” (Bednarczyk i in., 2020).

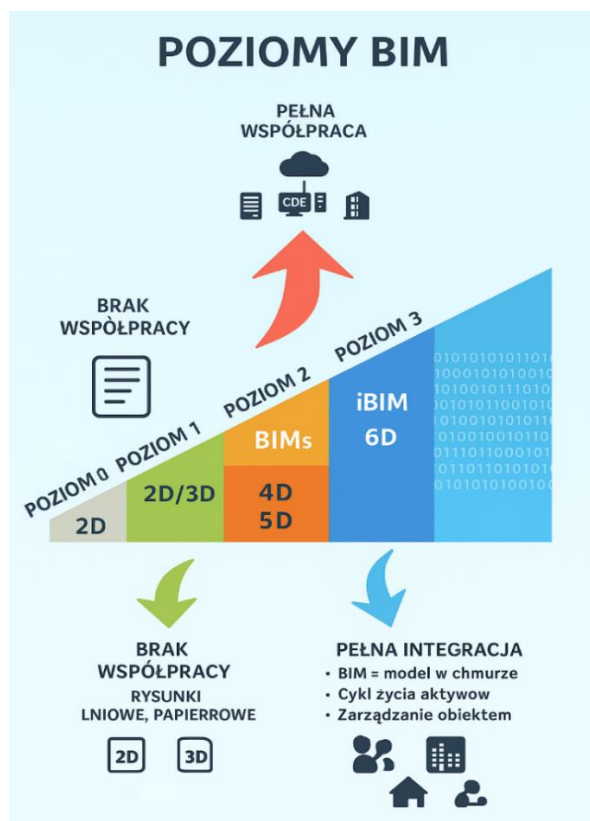
Przy tworzeniu modelu BIM bardzo ważne jest określenie jak ma być on dokładny zarówno w zakresie reprezentacji graficznej, jak również zawartych w nim informacji niegraficznych. Pomocny w tym zakresie jest poziom określony przez LOD rozwijany jako Level of Definition lub Level of Development. Są to dwa najpopularniejsze standardy określające dokładność modelu określone w Stanach Zjednoczonych oraz Wielkiej Brytanii. Inne kraje posiadają również własne standardy, lecz mają one zakres zdecydowanie bardziej regionalny i są dostosowywane do indywidualnych realizacji.

Level of Development został opracowany w Stanach Zjednoczonych przez American Institute of Architects (AIA). Klasyfikacja ta służy określeniu szczegółowości modelu, a jego dokładność rośnie wraz z wartością LOD i służy określeniu dokładności modelu na poszczególnych etapach projektu od koncepcji do dokumentacji powykonawczej. Stosowana jest następująca indeksacja: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500 (Srin Soft Tech, 2022).

W Wielkiej Brytanii do określenia właściwości projektu BIM stosuje się dwa parametry LOD – Level Of Detail dotyczący wymagań w zakresie informacji geometrycznych oraz LOI – Level Of Information w zakresie informacji niegeometrycznych na poszczególnych etapach projektu. LOD jest uszczegóławiany w miarę postępu prac projektowych, a reprezentacja graficzna zaczyna się od prostej bryły, a kończy na dokładnym modelu wbudowanego elementu. Dokładność rośnie wraz ze wzrostem indeksacji LOD, a prezentuje się ona następująco: LOD1, LOD2, LOD3, LOD4, LOD5, LOD6, LOD7. Podobnie prezentuje się sprawa LOI, gdzie na wstępie dany element ma tylko symbol w swoich właściwościach. Wraz z postępowaniem prac projektowych ilość metadanych związanych z elementem rośnie, a finalnie jest uzupełniana o kartę katalogową producenta. Obie wartości LOD i LOI są ze sobą ściśle powiązane i umożliwiają zamawiającemu kontrolę postępu projektu oraz są pomocnym narzędziem przy podejmowaniu decyzji. Kombinacją LOD i LOI jest LOMD – Level of Model Definition, ma on na celu definiowanie szczegółów wymaganych w modelu na poszczególnych etapach projektu. Dotyczy ona parametrów graficznych oraz niegraficznych (NBS Source, 2022).

Do globalnego określania zaawansowania technologicznego przedsięwzięcia realizowanego przy pomocy technologii BIM służy BIM Maturity Level – poziom dojrzałości BIM. Skala ta

ułatwia określenie jak bardzo BIM jest dany projekt (Ingibjorg Birna Kjartansdottir i in., 2017). Zwizualizowana jest ona na Rysunek 10 i opisana poniżej.



Rysunek 10 Poziomy modelu BIM

Źródło: (Majcher, 2019), tłumaczenie własne

BIM Poziom 0 – PRE BIM – BIM Level 0

Dokumentacja projektowa tworzona jest w formatach CAD 2D, brak jest cyfrowej zależności między dokumentami. Interakcja między uczestnikami przedsięwzięcia przebiega przy pomocy poczty elektronicznej lub wydruków/ rysunków na papierze.

BIM Poziom 1 – Modelowanie obiektów – BIM Level 1

Tworzone są modele 3D obiektów, które stanowią podstawę do generowania dokumentacji 2D oraz tworzenia wizualizacji realizowanego przedsięwzięcia. Ma zastosowanie platforma cyfrowa do wymiany danych CDE (Common Data Environment) między uczestnikami procesu.

BIM Poziom 2 – BIM współpracujący – BIM Level 2

Na tym poziomie każda branża pracująca przy projekcie tworzy swój własny model i udostępnia go pozostałym przy pomocy platformy CDE. Istotnym elementem związanym

z wymianą informacji międzybranżowej jest format plików. Należy stosować format, który umożliwi pozostałym odczyt stworzonego modelu branżowego np. IFC. Z tego powodu wymagane jest, aby każde branżowe oprogramowanie miało możliwość eksportowania plików do wspólnego formatu. Zintegrowany model międzybranżowy stanowi główne źródło informacji o projekcie i jest narzędziem wykorzystywanym do zarządzania projektem. Zawarte są w nim dane zarówno geometryczne jak i niegeometryczne.

BIM Poziom 3 – BIM zintegrowany – BIM Level 3

Podstawą współpracy jest wielowymiarowy, międzybranżowy model wspólny dla wszystkich uczestników przedsięwzięcia budowlanego. Model ten miałby zawierać wszystkie informacje o tworzonej obiekcie zarówno techniczne, kosztowe, czasowe jak i związane z certyfikacją i zarządzaniem. Dokładne wytyczne dla poziomu 3 nie zostały jeszcze zdefiniowane, a poziom ten jest na chwilę obecną celem do osiągnięcia przy w pełni rozwiniętym BIM dla realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Formatem plików umożliwiającym współpracę przy modelu przedstawicielom różnych branż oraz zespołom korzystających z oprogramowania dostarczanego przez różnych producentów jest IFC - Industry Foundation Class. Jest to format opracowany przez organizację non-profit buildingSMART i stanowi on otwarty format zapisu danych. Służy on do przekazywania informacji o modelu, w którym mogą być zawarte różnorodne dane m.in. reprezentacja graficzna, relacje między elementami i ich właściwości. Tym sposobem format IFC stał się platformą do rozwiązywania problemów interoperacyjności. Zgodnie ze stanem na 2022 r. aktualnie jest stosowany format IFC4 i jest on zarejestrowany w ISO jako oficjalny międzynarodowy standard ISO 16739:2013 (buildingSMART, 2022).

Powyższy rozdział został opracowany na podstawie dostępnych autorowi źródeł i ma na celu przybliżenie czytelnikowi tematyki BIM oraz stanu wiedzy dotyczącego badanego zagadnienia na moment pisanina niniejszego rozdziału (czerwiec 2022 r.). Technologia BIM rozwija się bardzo szybko, podobnie jak pozostałe z obszaru ICT. Obecnie jest coraz częściej wspierana przez narzędzia sztucznej inteligencji, które mają na celu wspomaganie pracy użytkowników. Wyniki przedstawionych tu badań umożliwiają zaprojektowanie dalszych etapów studiów, w tym systematycznego przeglądu literatury. Należy zaznaczyć, że autor niniejszej rozprawy doktorskiej analizuje również najnowsze publikacje w przedmiotowym obszarze i przytacza ich wyniki w kolejnych rozdziałach.

4. Lean Construction i BIM – systematyczny przegląd literatury⁶

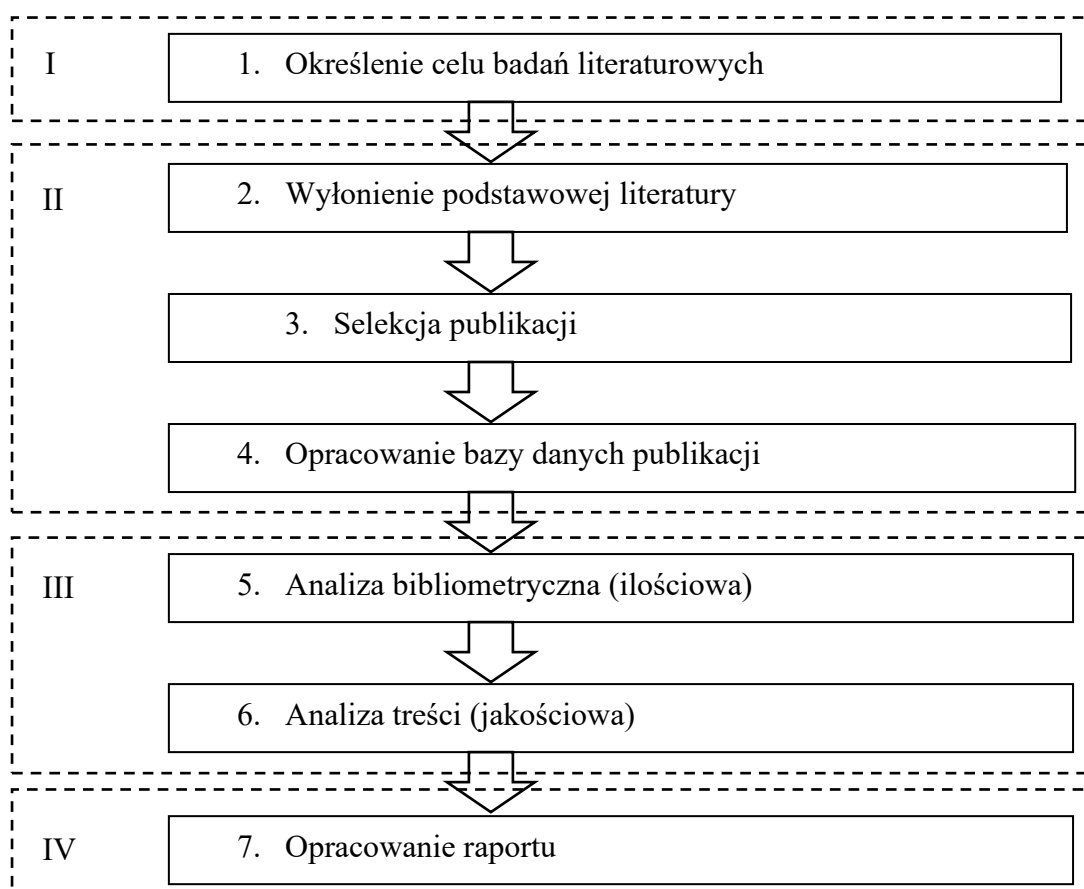
4.1. Procedura badawcza

Po prezentacji koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM należy podjąć wysiłek analizy wspólnego zastosowanie tych kategorii. W celu zbadania tej tematyki dokonano systematycznego przeglądu literatury (SLR). Celem przeglądu jest zbadanie aktualnego stanu wiedzy w zakresie Lean Construction oraz BIM wraz ze zbadaniem popularności wspólnego stosowania wymienionej koncepcji i technologii.

Systematyczny przegląd literatury można podzielić na cztery fazy liczące w sumie siedem etapów. Zgodnie z założeniami (Czakon i Dyduch, 2016) pierwsza faza polega na określeniu celu badania. W drugiej fazie wyłoniona zostaje literatura przedmiotu. Faza ta składa się z trzech kolejnych kroków. Zawierają się w niej techniczne zabiegi na bazach danych, które mają na celu wykreowanie zbioru, który jest najlepszy do osiągnięcia celu badawczego. Do określenia przedmiotu badań doprowadzają najczęściej trzy kroki, które zawężają literaturę od całego zbioru literatury o zarządzaniu do odpowiedniej bazy badanej literatury. W krokach opartych o właściwe kryteria następuje wybór: podstawowych baz danych, słów kluczowych, kryteriów inkluzji i eliminacji, opracowanie własnej, rezultatywnej bazy danych istotnych publikacji. Należy dokumentować oraz argumentować każdy krok w procedurze przeglądu zbioru publikacji podczas prowadzonej analizy. Jest to kluczowe dla wartości poznawczej wyników analizy oraz umożliwia weryfikację jej poprawności oraz replikację. W trzeciej fazie następują czynności analityczne takie jak: analiza frekwencyjności oraz analiza treści dla zbadania struktury badanej literatury. Te czynności stanowią kroki piąty i szósty. Ostatnią fazą jest opracowanie raportu z badania. Procedurę tą obrazuje opracowany na podstawie (Czakon i Dyduch, 2016) Rysunek 11.

Przedstawienie zagadnienia systematycznego przeglądu literatury jest również opisane przez (Mazur i Orłowska, 2018). Autorki publikacji dzielą całą procedurę na pięć faz. Sugerują prowadzenie badania przez ok 12 miesięcy oraz polecają zaangażowanie w nie zespołu badaczy. Jednakże meritum analizy jest bardzo zbieżne z tym przedstawionym przez (Czakon i Dyduch, 2016). W niniejszej pracy doktorskiej zastosowano metodykę systematycznego przeglądu literatury przedstawioną przez W. Czakona.

⁶ Fragmenty rozdziału zostały zaczerpnięte z publikacji (Michalski, Głodziński i Böde, 2022)



Rysunek 11 Procedura systematycznego przeglądu literatury

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Czakon, 2016)

W pierwszej fazie, a zarazem kroku przeglądu autor określa cel badania. Jest nim eksploracja tematyki LC i BIM oraz poszukiwanie obszarów wymagających dalszych badań.

W drugim kroku wyłoniono podstawową literaturę. Badania oparto na bazach Scopus, ProQuest oraz scholar.google.com. W bazach tych występują publikacje z wielu branżowych czasopism oraz materiały z renomowanych konferencji naukowych. Istnieje również w nich możliwość filtracji artykułów o pozycje pełnotekstowe. Ten krok analizy stanowi początek jej drugiej fazy.

Kolejnym krokiem przeglądu literatury była selekcja publikacji. Stanowiła ona trzeci krok całości procesu i drugi krok fazy drugiej. Frazą kluczową wyszukiwania było „lean construction”, frazę dodatkową stanowi „BIM”. Wyszukiwania dokonano w zakresie tytułów artykułów, streszczeń oraz słów kluczowych w bazie Scopus oraz we wszystkich elementach w bazach ProQuest oraz Google Scholar. Wyszukiwania dokonano w styczniu 2021 r. W pierwszym etapie SLR nie stosowano żadnych ograniczeń czasowych dla wyszukiwania.

Wyniki wyszukiwania zamieszczono poniżej w Tabeli 4. W celu umożliwienia prawidłowej analizy przedstawionych treści zastosowano kryterium językowe dla wyszukiwania. Dokonano filtru z ograniczeniem do artykułów anglojęzycznych. Następnie ograniczono wyszukiwanie do bazy artykułów pełnotekstowych. W celu podniesienia jakości badanych publikacji - baza ProQuest posiada możliwość ograniczenia wyszukiwania do artykułów recenzowanych - skorzystano z tej opcji. Kolejnym krokiem było wprowadzenie ograniczenia czasowego. Na dalszym etapie postanowiono skoncentrować badania na tych najnowszych, dlatego zdecydowano się dokonać ograniczenia czasowego wykorzystując okres od 2010 roku do stycznia 2021 roku. Takie podejście dopuszczone jest w procedurze badawczej (Linnenluecke, Marrone i Singh, 2020). Badacze wskazują również, że stosowanie różnorodnych ograniczeń w SLR może być dopuszczalne i badacz musi je uzasadnić (Clark, Clark, Raffo i Williams, 2021). Działanie takie znajduje swoje uzasadnienie w badaniach wskazujących, że 90% publikacji wydawanych jest w ciągu ostatnich 10 laty (Sauer i Seuring, 2023), dlatego rekomenduje się nawet – pod pewnymi warunkami – stosowanie krótszych okresów np. 5 letniego (Sauer i Seuring, 2023). Dodatkowym celem uzasadniającym wprowadzenie tego ograniczenia był fakt, iż we wcześniejszym okresie zagadnienie to praktycznie nie występowało w realizacji procesu budowlanego, a większość artykułów nie dotyczyła badanej tematyki, a miała jedynie przypadkową zbieżność słów kluczowych. Następnie ograniczono badanie do publikacji w otwartym dostępie, które można było szczegółowo przejrzeć.

Tabela 4 Przebieg tworzenia bazy literaturowej dla prowadzonego badania

Kryterium selekcji	Scopus	ProQuest	Google Scholar	Suma
słowa kluczowe „lean construction” i „BIM”	2643	2045	15300	19988
Artykuły w języku angielskim	2606	2008	12200	16814
Artykuły pełnotekstowe	960	1980	-	-
Artykuły recenzowane	-	172	-	-
Artykuły publikowane po 2010 r.	958	162	9720	-
Artykuły w otwartym dostępie	104	14	-	-
Tylko artykuły naukowe	25	14	77	116
Nieduplikujące się publikacje	102			
Po weryfikacji tytułów i streszczeń	66			
Po weryfikacji treści artykułów (obszernie opisane zagadnienia kooperacji LC i BIM)	58			

Źródło: opracowanie własne

W czwartym kroku (trzeci krok fazy drugiej) systematycznego przeglądu literatury dokonano szczegółowej analizy wyszukiwania. Pierwszy punkt weryfikacji przedstawia Tabela 4 i stanowi ona wstępną selekcję publikacji. Kolejnym punktem badań jest trójstopniowa selekcja przedstawiona w dalszej części Tabela 4. Następnie dokonano dokładnej analizy zebranych publikacji. W pierwszej kolejności wyeliminowano duplikujące się artykuły. Kolejnym etapem była weryfikacja tytułów i streszczeń, której dokonano na podstawie zapoznania się z nimi i wstępnej oceny ich zgodności z badaną tematyką. W kolejnym kroku dokładnie przeanalizowano treści wybranych publikacji w zakresie przedstawionej tematyki. Sprawdzono, czy rzeczywiście ich treść w wiodącym zakresie odnosi się do badanego tematu oraz czy są właściwym materiałem do przeprowadzenia ich analizy jakościowej. Do ostatecznej analizy wybrano 58 publikacji.

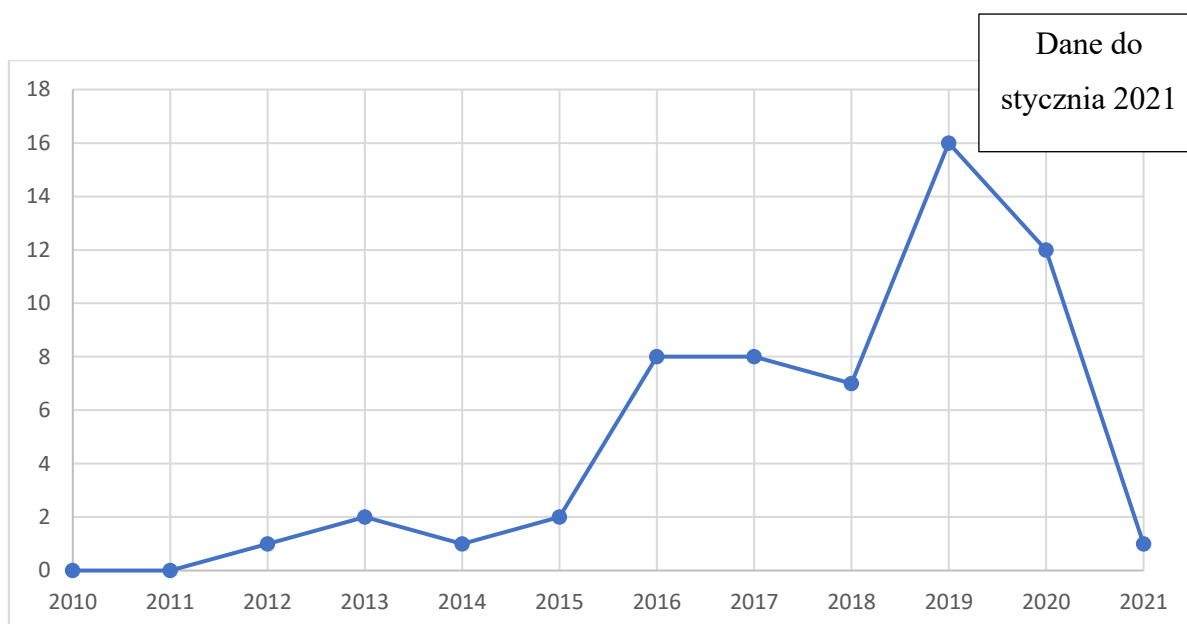
Badania literaturowe publikacji wydanych po zakończeniu realizacji SLR zostały przeprowadzone metodą kuli śnieżnej i są prezentowane w dalszych rozdziałach rozprawy doktorskiej. Wyniki systematycznego przeglądu literatury posłużyły do zaprojektowania badań ilościowych.

4.2. Analiza ilościowa

Dokonano również analizy bibliometrycznej zagadnień Lean Construction oraz BIM w okresie od 2010 roku. Zbadano popularność tych zagadnień w publikacjach, a wynik ten przedstawiono na wykresie zawartym na Rysunek 12. Dodatkowo przedstawiono przyrost publikacji w tym samym okresie na wykresie na Rysunek 13. Na podstawie przeprowadzonej analizy można określić, że badane zagadnienie jest tematyką stosunkowo nową oraz bardzo rozwojową. Istnieje wyraźna tendencja wzrostowa w skumulowanej liczbie publikacji. Można przypuszczać, że temat ten nie został jeszcze w pełni wyczerpany, a kolejne lata przyniosą dalszy przyrost publikowanych treści związanych z badaną tematyką. Dodatkowo warto zauważyć, że najpopularniejsza publikacja na styczeń 2021 posiada 93 cytowania i jest to (Dave, Kubler, Främling i Koskela, 2016). Kolejne trzy publikacje posiadają wynik ok. 20-30 cytowań, co potwierdza fakt, iż tematyka ta jest stosunkowo nowa i daje szerokie możliwości dalszych analiz.

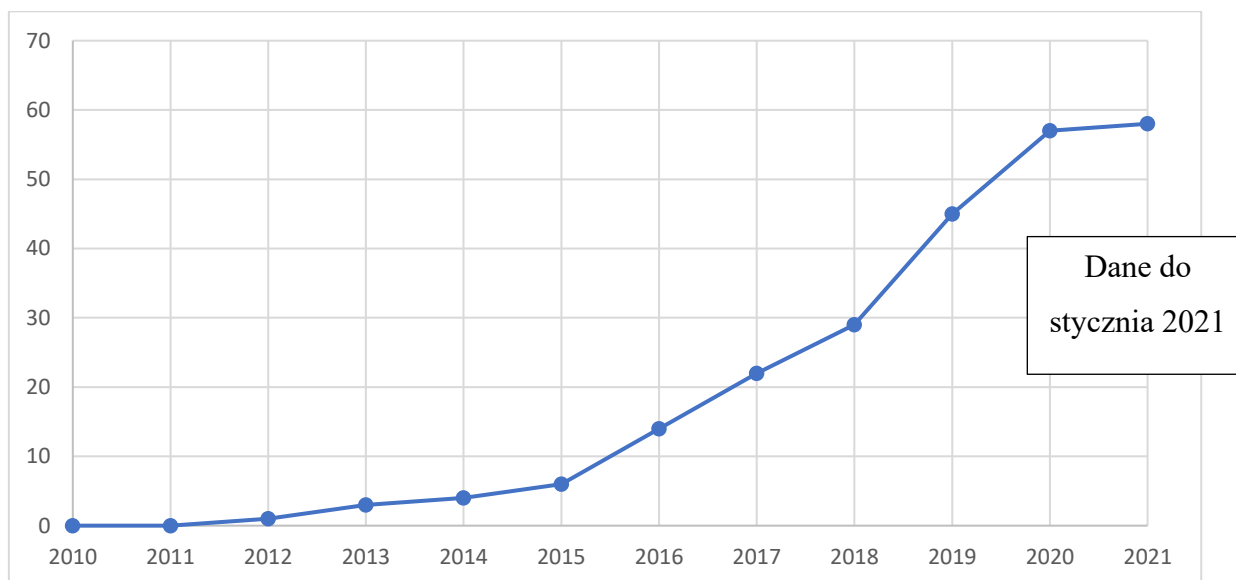
Niewielka liczba przedstawionych publikacji w 2021 r. jest związana z faktem, iż analizy dokonywano na początku roku.

Dokonano również analizy częstotliwości występowania słów kluczowych w badanych artykułach. Najpopularniejszą frazą było „Lean construction”, a następnie kombinacje związane z hasłem „BIM”. Częstotliwość występowania słów kluczowych obrazuje chmura



Rysunek 12 Liczba publikacji w poszczególnych latach dla okresu 2010-01.2021

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 13 Skumulowana liczba publikacji w okresie 2010-01.2021

Źródło: opracowanie własne

słów zaprezentowana na Rysunek 14. Warto zauważyć, że wiele z analizowanych artykułów jest związanych z zarządzaniem projektami, stąd popularne jest hasło „Project management”.

[illegible]

Źródło: opracowanie własne

61

4.3. Analiza jakościowa

Kolejnym etapem systematycznej analizy literatury jest analiza treści publikacji. Stanowi ona element analizy jakościowej badanego zagadnienia. Publikacje przedstawione w tej części są opisywane w kolejności chronologicznej. Ma to na celu merytoryczne przedstawienie czytelnikowi procesu rozwoju badanej tematyki (Czakon i Dyduch, 2016, s. 136). Autorzy w swoich publikacjach regularnie wskazują na słuszne stosowanie koncepcji zarządzania Lean Construction wraz z użyciem narzędzi BIM. Już Moghadam z zespołem (Moghadam, Alwisy i Al-Hussein, 2012) w swojej publikacji wskazuje na słuszność połączenia tych dwóch niezależnych od siebie elementów w celu poprawy efektywności produkcji modułowej w budownictwie. Również autorzy (Dave i in., 2013) w swoim dziele przedstawiają wytyczne odnośnie do wprowadzania Lean w budownictwie. Określają oni BIM jako niezbędną technologię do efektywnego wprowadzenia zasad Lean. Jest to jedna z pierwszych publikacji w zakresie poradników dotyczących implementacji zasad Lean w budownictwie. (Rahman, Gonzalez i Amor, 2013) w swoim artykule wskazuje na występowanie zjawiska synergii przy wspólnym stosowaniu Lean Construction i BIM oraz determinuje to działanie jako czynnik umożliwiający osiągnięcie sukcesu w projektach z zakresu budownictwa zrównoważonego. Kolejny przykład zalet zastosowania wspólnie BIM i Lean Construction wskazuje Wen (Wen, 2014). W swoim artykule kładzie nacisk na zwiększenie efektywności kontroli kosztów w przedsiębiorstwach stosujących te narzędzia. Autorzy (Dave i in., 2015) wskazują, że zastosowanie koncepcji Lean oraz technologii BIM stanowi niejaki przełom w budownictwie oraz skok względem metody ścieżki krytycznej oraz Last Planner System®. Twierdzą, że połączenie tych elementów wraz z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi może w znacznym stopniu usprawnić realizację, a później eksploatację obiektów budowlanych i wprowadzić budownictwo niejako w nową epokę. (Robey i Issa, 2015) Robey i Issa wskazują również fakt, że w budownictwie występuje pewne opóźnienie przy wdrażaniu nowych technologii względem innych dziedzin przemysłu. Twierdzą również, że wspólne wykorzystanie Lean Construction oraz BIM jest katalizatorem efektywnej produkcji budowlanej z użyciem prefabrykacji, jako alternatywy dla wykonywania całej konstrukcji na placu budowy. (Onyago, 2016) Onyago również twierdzi, że budownictwo boryka się problemem niskiego wzrostu wydajności na tle innych branż. Spowodowane jest to wdrażaniem w niewielkim stopniu nowych technologii w tej branży. Zauważa, że początkowo BIM oraz Lean Construction były wprowadzane niezależnie, jednakże tylko ich wspólne użycie może przynieść wymierne korzyści w efektywności realizacji inwestycji budowlanych. (Clarke-Hagan i Spillane, 2016) wskazują na słuszność implementacji zasad Lean w zrównoważonym budownictwie oraz

zastosowanie narzędzi BIM. Zauważają również lukę badawczą w zakresie tej tematyki. Fakt ten potwierdza słuszność przeprowadzenia niniejszej rozprawy doktorskiej w celu dalszego zbadania zagadnienia związanego z implementacją Lean Construction w połączeniu z zastosowaniem narzędzi BIM w nowoczesnym budownictwie. Autorzy (Dave i in., 2016) wskazują w swoim artykule na problemy jakie towarzyszą wdrażaniu nowych technologii i systemów w budownictwie, wskazują również na wyzwania jakie są stawiane pionierom. W publikacji opisują również przykładowe scenariusze jak wdrożyć zasady Lean w zarządzaniu na budowie oraz zauważają istotność zastosowania technologii cyfrowych w celu usprawnienia procesów budowlanych. W badaniu (Jeong, Chang, Son i Yi, 2016) w którym przeprowadzono symulację budowy przy pomocy modelu BIM i zastosowaniu zasad Just in Time wykazano, że właściwie zaplanowany proces konstrukcji obiektu przynosi wymierne korzyści, a do prawidłowego przygotowania modelu niezbędna jest odpowiednia ilość wiarygodnych danych źródłowych. W publikacji (Mandujano, Alarcón, Kunz i Mourgues, 2016) wskazano skuteczność zastosowania jednocześnie zasad Lean wraz z modelowaniem wielowymiarowym obiektów. Autorzy wskazują, że efektem takiego działania jest znaczne ograniczenie strat przy realizacji procesu budowlanego, a tylko pięć typów marnotrawstwa stanowi 80% strat w procesie konstrukcji. Również (Sajedeh, Fleming, Talebi i Underwood, 2016) w swojej publikacji skupiają się na zagadnieniu związanym ze stratami w procesie budowlanym. Wskazują, że integracja BIM i Lean Construction może w efekcie doprowadzić do zmniejszenia marnotrawstwa w realizacji procesu planowania budowy. Autorzy (Tauriainen, Marttinen, Dave i Koskela, 2016) zbadali z jakimi problemami borykają się zespoły projektowe korzystające z narzędzi BIM do opracowywania projektów. W efekcie swoich badań opracowali wytyczne usprawniające proces projektowy. Wytyczne te są oparte o zasady zarządzania Lean i mają na celu znaczne usprawnienie procesu projektowego. W publikacji (Zuhair, Jayasena i Ariyachandra, 2016) wskazują pozytywne efekty synergii Lean Construction oraz BIM jako znaczne zmniejszenie marnotrawstwa w budownictwie oraz odpowiedź na dynamicznie zmieniające się otoczenie, w którym są realizowane inwestycje. Wskazują, że połączenie BIM i Toyota Production System (TPS) maksymalizuje uzyskanie wszelkich benefitów z realizacji budowy obiektu. W analizie przeprowadzonej (Ahuja, Sawhney i Arif, 2017) wskazano, że wykorzystanie narzędzi BIM wraz z założeniami Lean oraz zielonego budownictwa przynosi pozytywne efekty w realizacji inwestycji. W badaniu przeprowadzonym brazylijskich autorów (Alvarenga, da Silva i de Brito Mello, 2017) wskazano na duży problem związany z edukacją z zakresu BIM oraz Lean Construction. Problem ten określono na przykładzie brazylijskich uniwersytetów, ale można przypuszczać,

że dotyczy on również absolwentów wielu innych uczelni. Brak nauczania w zakresie nowych technologii w budownictwie owocuje niechęcią oraz licznymi problemami związanymi z wprowadzaniem nowatorskich rozwiązań podczas realizacji inwestycji budowlanych. W badaniu (Greenwood, Jie i Rogage, 2017) wskazano ponownie efekt synergii zastosowania Lean Construction oraz BIM w realizacji przedsięwzięć budowlanych. Badania zostały oparte na podstawie analiz przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii oraz USA i wskazały pozytywny efekt wytycznych zamawiającego obligujących wykonawcę do stosowania BIM oraz Lean w realizacji przedsięwzięcia. Metody zarządzania Lean w budownictwie zyskują na popularności (Guerriero, Kubicki, Berroir i Lemaire, 2017) dzięki poprawie efektywności procesu budowlanego. Autorzy zauważają również, że wdrożenie BIM w budownictwie nie następuje tak szybko jak zakładano. Dodatkowo przedstawiają cechy łączące te pozornie dwa niezależne zagadnienia mające na celu optymalizację procesu budowlanego w erze nowoczesnych technologii. (Liu i Shiv, 2017) wskazują znaczną poprawę w zakresie kontroli jakości w inwestycjach stosujących zasady Lean Construction oraz narzędzia BIM. W efekcie prowadzi to do zwiększenia efektywności realizowanych inwestycji. Autorzy (Nascimento i in., 2017) zauważają jako główny problem budownictwa wysokie koszty niewłaściwego zaplanowania realizacji inwestycji. Wskazują skuteczność zastosowania założeń Lean Construction oraz narzędzi BIM w inwestycjach przemysłowych korzystających z prefabrykacji elementów. W efekcie prowadzi to do znacznych oszczędności w skali całej inwestycji. Autorzy (Sertyesilisik i Kivircik, 2017) wskazują, że dzięki zastosowaniu BIM oraz zasad Lean w zarządzaniu w budownictwie mamy szansę zmniejszyć odcisk energetyczny na środowisko. Tym samym potwierdzają, że zastosowanie tego połączenia przynosi pozytywne efekty nie tylko ekonomiczne, a również ekologiczne. Badacze (Villa i in., 2017) wskazują na przełomowość w zastosowaniu BIM oraz Lean w sektorze budowlanym. Twierdzą również, że przedsiębiorcy, którzy chcą pozostać konkurencyjni na rynku będą musieli wcześniej lub później dostosować się do nowych wytycznych które determinują założenia Lean i BIM, a w szczególności w zakresie przetargów publicznych. Według (Ahuja, Sawhney i Arif, 2018) BIM jest identyfikowany jako narzędzie umożliwiające zastosowanie zasad Lean oraz zielonego budownictwa. Dzięki odpowiednim narzędziom można uzyskać lepsze efekty pracy. Według (Aziz i Arayici, 2018) wspólne zastosowanie Lean Construction oraz BIM prowadzi do redukcji marnotrawstw w realizacji przedsięwzięć budowlanych. Zgodnie z twierdzeniami zaprezentowanymi w (Calderon-Hernandez i Brioso, 2018) filozofia Lean Construction promuje zastosowanie nowych technologii w budownictwie. Autorzy twierdzą, że ich połączenie jest konieczne i bardzo efektywne w szczególności z BIM oraz AR (rozszerzoną

rzeczywistością). W artykule (Koseoglu i Nurtan-Gunes, 2018) wskazano, że w większości przypadków głównymi użytkownikami BIM oraz zasad Lean Costruction są pracownicy w biurach projektowych. Autorzy wskazują na istotność wprowadzenia tych zagadnień bezpośrednio na plac budowy, gdzie benefity które są oferowane przez BIM oraz Lean mogą znacznie poprawić zarządzanie inwestycją, a co za tym idzie spowodować większą jej efektywność. Autorzy (Koseoglu, Sakin i Arayici, 2018) na przykładzie przedsięwzięcia, jakim była budowa nowego lotniska w Istambule wskazują zalety zastosowania BIM oraz Lean Construction w szczególności w projektach o wysokim stopniu skomplikowania. Wskazują na efekt synergii przy zastosowaniu tego połączenia. Autorzy (Ma i in., 2018) ponownie wskazują fakt, że zastosowanie BIM umożliwia efektywne zarządzanie przedsięwzięciem budowlanym według koncepcji Lean. Zgodnie ze stwierdzeniem przedstawionym w artykule (McArthur i Bortoluzzi, 2018) istnieje praktyczne zastosowanie BIM dla zarządzania nieruchomościami już istniejącymi. Główną barierą są koszty związane z opracowaniem modelu obiektu. Autorzy wskazują jednak, że jest to inwestycja opłacalna ekonomicznie i umożliwiająca zwinne zarządzanie nieruchomością. W artykule (Alizadehsalehi, Hadavi i Huang, 2019) wskazano aspekty związane z zarządzaniem projektem budowlanym. Autorzy opracowali mapę drogową implementacji BIM oraz Lean Construction w realizacji projektu budowlanego. W (Andújar-Montoya, Galiano-Garrigós, Rizo-Maestre i Echarri-Iribarrena, 2019) wskazano na zwiększającą się popularność w sektorze budowlanym koncepcji Lean w połączeniu z technologią BIM oraz przedstawiono ponownie synergiczny efekt ich zastosowania. Publikacja (Chen, Wu i Xie, 2019) wskazuje na nowe wyzwania dla sektora budowlanego związane z coraz bardziej skomplikowanymi budynkami oraz wymaganiami im stawianymi. W publikacji przedstawiono dotyczące zarządzania jakością w budownictwie w okresie nowych wyzwań. W (Dakhli, Lafhaj i Mossman, 2019) wskazują na zastosowanie Lean oraz BIM w koncepcji Blockchain do wykorzystania w realizacji przedsięwzięć budowlanych, jako sposób na zwiększenie ich efektywności. W artykule (Gozali i in., 2019) podkreślono wykorzystanie BIM do zastosowania zasad Lean w nowoczesnym budownictwie. Po raz kolejny a publikacji naukowej wskazano na synergię tych dwóch odrębnych zagadnień. W publikacji (Jerry i Jelodar, 2019) przedstawiono wyzwania związane z wdrożeniem zasad Lean Construction oraz narzędzi BIM na przykładzie rynku budowlanego w Nowej Zelandii. Wyzwania te w większości mają charakter międzynarodowy i z podobnymi należy się mierzyć również w innych regionach świata. (Li, Li, Li i Wu, 2019) wskazują jako kierunki rozwoju badań na temat Lean Construction i BIM zagadnienia związane z integracją tych tematyk w szczególności w zakresie prac konstrukcyjnych na budowie oraz wykorzystania narzędzi

BIM do zmniejszania marnotrawstwa. Wskazują również, że samodzielnie zagadnienie BIM w zakresie projektowym jest już tematem dojrzałym. W publikacji (Michaud i in., 2019) autorzy wskazują występujące marnotrawstwa podczas realizacji projektów przy pomocy narzędzi BIM, wskazują ich źródła zgodnie z koncepcją Lean. Wskazują również potencjalne rozwiązania, aby zredukować występujące straty w przekazywanych informacjach. W badaniu opisanym w publikacji (Nguyen i Akhavian, 2019) przedstawiono wpływ zastosowania BIM, Lean Construction oraz kompleksowej realizacji projektu na finalny efekt realizacji. Na podstawie badań stwierdzono, że połączenie tych trzech narzędzi daje pozytywne efekty w ramach harmonogramu, jednakże nie przynosi aż tak znacznych korzyści finansowych jak się wstępnie spodziewano. Niemniej to połączenie pomimo większych nakładów finansowych we wstępnej fazie inwestycji jest opłacalne. W artykule (Ratajczak, Riedl i Matt, 2019) wskazano, że budownictwo jest gałęzią przemysłu o niskim stopniu cyfryzacji oraz wysokich kosztach i niskiej produktywności. Autorzy twierdzą, że cyfryzacja w budownictwie jest elementem koniecznym, aby nastąpiła poprawa efektywności tej branży. Zastosowanie narzędzi ICT wraz z wykorzystaniem założeń Lean może przynieść wymierne korzyści dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Autorzy (Schimanski, Monizza, Marcher i Matt, 2019) wskazują potencjał dla nowego Lean BIM systemu produkcyjnego. Określają wytyczne odnośnie zakresów w jakich te dwie koncepcje musiałyby ze sobą współpracować oraz wskazują płaszczyznę rozwoju dla tworzenia dalszych narzędzi multimedialnych do kontroli procesu budowlanego. Jak twierdzą autorzy (Sosa, 2019) narzędzia BIM oraz koncepcja Lean jest możliwa również do wykorzystania w budownictwie drewnianym. Wskazują, że nie należy ograniczać tych metod jedynie do budownictwa z wykorzystaniem betonu i stali, a ma ona ogromny potencjał przy użyciu materiałów naturalnych. W publikacji (Tuan, 2019) wskazano na rosnącą popularność połączenia BIM i Lean Construction w budownictwie. Wskazano główne zalety tego połączenia oraz przeanalizowano koordynację wytycznych Lean Construction z procesem koordynacji BIM. Autorzy (Uusitalo i in., 2019) wskazują na bardzo ważny, a wcześniej w niewielkim stopniu analizowany aspekt połączenia Lean oraz BIM. Analizują zagadnienie poziomu dokładności modelu BIM (LoD) który jest wyznacznikiem jakości opracowywanego modelu w stosunku do zagadnień związanych z koncepcją Lean Construction. Swoje badania opierają na wywiadach z przedstawicielami przedsiębiorstw budowlanych oraz studium przypadku. W (Yang, 2019) przedstawiono dokładnie jak należy wykorzystać zalety techniczne BIM do wzmocnienia wartości określonych przez Lean Construction w przemyśle budowlanym. Autorzy (Andújar-Montoya, Galiano-Garrigós, Echarri-Iribarren i Rizo-Maestre, 2020) opisują na przykładzie

zrealizowanej inwestycji publicznej zalety synergii BIM i Lean Construction w świetle obecnych wyzwań stawianych wobec przemysłu budowlanego. Analizowany projekt zestawiono z innymi inwestycjami realizowanymi i zarządzanymi przy pomocy tradycyjnych metod. (Dallasega i in., 2020) przedstawia w jaki sposób nowoczesne narzędzia takie jak BIM, wirtualna oraz rozszerzona rzeczywistość mogą wzmocnić zastosowanie zasad Lean Construction we współczesnych inwestycjach budowlanych oraz przynieść jeszcze więcej korzyści. W artykule (Formoso, Tzortzopoulos i Forgues, 2020) autorzy wskazują wysoką wartość dodaną dla przemysłu budowlanego w zakresie zarządzania i konstrukcji poprzez wdrażanie zasad Lean Construction oraz zastosowanie narzędzi BIM. (Götz, Fehn, Rohde i Kühn, 2020) przedstawiają istotność modelowania wielowymiarowego BIM dla optymalizacji procesów budowlanych realizowanych zgodnie z założeniami filozofii Lean. W artykule tym przedstawiono stan wiedzy z lat 2008-2018. W publikacji dotyczącej budownictwa drogowego autorzy (Haronian i Sacks, 2020) opisują założenia dotyczące modelowania elementów ciągłych, jakimi są drogi oraz wskazują możliwości wykorzystania założeń filozofii Lean również w realizacji takich kontraktów. Publikacja (Mahmood i Abrishami, 2020) przedstawia badania dotyczące słuszności synergii BIM i Lean Costruction w celu redukcji strat w procesie budowlanym. W wyniku opisanych badań autorzy po raz kolejny potwierdzają słuszność powyższego założenia. Zgodnie z twierdzeniem przedstawionym w publikacji (Osorio-Gomez, Moreno-Falla, Ospina-Alvarado i Ponz-Tienda, 2020) Lean Construction i BIM dokonały transformacji w budownictwie w zakresie realizacji przedsięwzięć budowlanych. Na podstawie studium przypadku wskazano poprawę efektywności dzięki zastosowaniu nowych rozwiązań. Zgodnie z założeniami przedstawionymi w artykule (Schimanski, Marcher, Monizza i Matt, 2020) na przestrzeni ostatnich 10 lat zmieniły się możliwości modelowania BIM. Autorzy publikacji przedstawiają nowy model koncepcji wspólnego zastosowania BIM i metod Lean Construction dostosowany do obecnych możliwości, jakie dają dostępne narzędzia do modelowania wielowymiarowego konstrukcji. W publikacji (Singh i Kumar, 2020) autorzy przedstawiają 12 narzędzi i technik Lean poprawiających wydajność procesu budowlanego. W ramach badań dokonują analiz i porównań oraz określają jako najskuteczniejsze: technikę dużych pokoi, 5S, LPS®, oraz BIM. W publikacji (Tezel i in., 2020) przedstawiono analizę wdrożenia BIM oraz Lean Construction w segmencie małych i średnich przedsiębiorstw budowlanych oraz wskazano sugestie w zakresie dalszych badań. W publikacji (Zhang i in., 2020) autorzy potwierdzają istotność w zastosowaniu w praktyce połączenia narzędzi BIM oraz założeń filozofii Lean Construction, a jako dalsze założenia wskazują istotność badań dotyczących wdrożenia w praktyce założeń koncepcyjnych. Autorzy publikacji (Sepasgozar i

in., 2021) wskazują, że pomimo popularyzacji w ostatnich latach zagadnień związanych z zastosowaniem BIM oraz Lean Construction w przedsiębiorstwach budowlanych wciąż istnieje znaczna luka badawcza w tym zakresie. W artykule potwierdzają pozytywne skutki synergii tych dwóch zagadnień, ale jednocześnie określają że istnieje nadal wiele zakresów które należy zbadać w tej tematyce.

4.4. Przegląd metod i technik wspomagających Lean Construction

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu można zaobserwować, że zastosowanie Lean Construction podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych jest wspomagane przez podobne wybrane narzędzia, jak przy zastosowaniu zasad Lean w produkcji powtarzalnej. Narzędzia stosowane na potrzeby budownictwa są dostosowywane do indywidualnych potrzeb branży. Autorzy wskazują BIM jako główne narzędzie technologiczne wspierające zastosowanie zasad Lean Construction w praktyce i wskazują na jego liczne zalety, które są opisane w niniejszej rozprawie. Elementy wspomagające wykorzystanie Lean Construction w budownictwie można podzielić na grupę narzędzi technologicznych oraz metod związanych z implementacją zasad Lean podczas realizacji procesu. W swoich publikacjach autorzy wielokrotnie wskazują liczne technologie cyfrowe jako ogromne wsparcie zastosowania Lean w budownictwie (Dave i in., 2016). Zauważają również, że budownictwo wzoruje się na metodach stosowanych w TPS (Zuhair, Jayasena i Ariyachandra, 2016) oraz podobnych metodach stosowanych w innych przykładach produkcji powtarzalnej (Ahuja, Sawhney i Arif, 2018). Do najczęściej wymienianych metod wspomagających zastosowanie Lean Construction m.in. przez (Bajjou, Chafi, Ennadi i Hammoumi, 2017; Singh i Kumar, 2019) należą:

- Wizualizacja przedsięwzięcia – może ona przyjmować różne formy od schematycznych rysunków, przez projekty lub plany po zastosowanie modeli BIM lub makiet obiektów.
- Codzienne spotkania zespołu – cykliczne spotkania zespołu zaangażowanego w realizację projektu, podczas których występuje wymiana wiedzy oraz przepływ informacji dotyczących aktualnego stanu realizacji i prowadzonych prac. Takie spotkania znacznie zwiększają transparentność prac.
- Analiza porażek i efektów (FMEA) (Ghoshal i in., 2020) – stopniowe podejście do identyfikacji potencjalnych błędów w procesie lub projekcie, ich klasyfikacji,

określenia ich konsekwencji w celu podjęcia działań mających na celu ich wyeliminowanie poczynając od najistotniejszych.

- Analiza wąskich gardeł (Tang, 2019) – identyfikacja oraz analiza wszelkich obszarów w ramach procesu, które powodują zaburzenia lub wstrzymania przepływu pracy w stosunku do założonej płynności oraz poszukiwanie rozwiązań problemu.
- Arkusz kontrolny (Utama, 2023) – narzędzie umożliwiające gromadzenie i analizę danych związanych z realizacją procesów, umożliwia kontrolę kluczowych aspektów realizowanych procesów.
- 5S (Muotka, Togiani i Varis, 2023) – narzędzie, którego celem jest stworzenie oraz utrzymanie dobrze zorganizowanego i bezpiecznego środowiska pracy. Nazwa pochodzi od litery „S” rozpoczynającej po japońsku słowa opisujące 5 elementów narzędzia: selekcja/ sortowanie, systematyka, sprzątanie, standaryzacja, samodyscyplina.
- Kaizen (Sundararajan, 2022) – japońska filozofia opierająca się o proces ciągłego doskonalenia, ma na celu poprawę jakości i wydajności poprzez eliminację marnotrawstwa ze strumienia wartości.
- Just in Time (Fitriani i Rizki, 2022) – technika mająca na celu zminimalizowanie czasu przepływu w ramach produkcji. W budownictwie najczęściej realizowana jako precyzyjny czas dostawy materiałów, dokładnie skoordynowany z terminem ich wbudowania, co eliminuje lub zmniejsza ich czas składowania na budowie.
- Tablice Kanban (Lucena Gonzalez, Reyes Rodriguez i Manzanares, 2024) – japońskie słowo, które dosłownie oznacza „bilboard” lub „szyld”. Narzędzie do monitorowania i koordynacji działań i zasobów na budowie aby zapewnić ich płynną i skoordynowaną realizację.
- Last Planner System® (LPS®) (Shehab i in., 2023) – system stosowany do realizacji projektów, który ma na celu tworzenie przewidywanego przepływu pracy między uczestnikami procesów, aby osiągnąć wymierne wyniki. System ten ułatwia detekcję potencjalnych przeszkód i znalezienie ich rozwiązań jeszcze przed ich wystąpieniem.
- Mapowanie strumienia wartości (VSM) (Sophian, Hasbullah i Shaleh, 2022) – technika wizualnej analizy, dokumentowania i usprawniania przebiegu procesu w sposób wskazujący na obszary możliwe do poprawy.

- Analiza Pareta [reguła 80/20] (Liao i in., 2024) – narzędzie podejmowania decyzji oparte na założeniu, że 80% korzyści z procesu można osiągnąć wykonując 20% pracy oraz że 80% problemów można przypisać do 20% przyczyn.
- 5 Whys (5W) (Soderborg, 2022) – narzędzie zarządzania jakością służące do rozwiązywania problemów, które próbuje znaleźć główną przyczynę problemu.
- Analiza procesu konstrukcji (Lee, Diekmann, Songer i Brown, 1999) – analiza diagramów procesów i diagramów przepływu umożliwiająca szybkie określenie obszarów, w których występują problemy w procesie.
- Muda Walk (Trojanowska, Kolińska i Koliński, 2011) – technika stosowana do identyfikacji marnotrawstwa poprzez obserwację procesu, jego sposobu prowadzenia i notowania obszarów, w których potrzebne są ulepszenia.
- Pull plan (Tiwari i Sarathy, 2012) – technika zarządzania procesami, w której czynność następująca determinuje czynność poprzedzającą, ma na celu generowanie tylko tego co jest rzeczywiście potrzebne w danym miejscu i czasie, usprawnia przepływ procesu.
- Six Sigma (Sodhi, Singh i Singh, 2020) – zestaw narzędzi i technik służący poprawie jakości poprzez identyfikację i usuwanie defektów oraz redukcję zmienności w procesach.
- Poka-Yoke (Fisher, 1999) – mechanizm zaprojektowany do wykrywania i zapobiegania błędom w procesach w celu osiągnięcia zerowej liczby usterek.
- Zasada S.M.A.R.T. (Lawton, 2013) – metoda służąca do formułowania celów, które chcemy osiągnąć. Określony cel powinien być specyficzny, mierzalny, osiągalny, adekwatny oraz określony w czasie.

Autor w dalszej części rozprawy przedstawi wyniki badania ankietowego, w którym to przedstawiciele branży budowlanej w Polsce wskażą, które z powyższych metod są stosowane podczas ich pracy.

Jednocześnie autorzy analizowanych publikacji wskazywali na istotne znaczenie nowych technologii przy implementacji zasad Lean (Calderon-Hernandez i Brioso, 2018). Najistotniejszą technologią był szeroko określany BIM, jednakże wskazano możliwe technologie i narzędzia pomocnicze. Należą do nich:

- drony i inne roboty do monitorowania postępu robót oraz generowania modeli obiektów oraz ortofotomap,
- oprogramowanie i narzędzia GIS,

- tablety i narzędzia wykorzystujące pozycjonowanie GPS do wyznaczania pozycji poszczególnych elementów obiektów oraz weryfikacji poprawności ich wykonania,
- VR/AR (wirtualna/ rozszerzona rzeczywistość) w szerokim zakresie wizualizacji obiektów przed rozpoczęciem budowy oraz w trakcie jej realizacji,
- skaning laserowy do generowania modeli obiektów budowlanych o wysokiej dokładności i szczegółowości,
- oprogramowanie do projektowania 2D stosowane od wielu lat przez projektantów,
- dedykowane oprogramowanie do harmonogramowania, kosztorysowania itp. do planowania realizacji budowy oraz kontrolowania jej postępu,
- inne narzędzia cyfrowe i oprogramowanie,
- wydruki projektów 2D,
- rysunki i szkice odręczne.

Budownictwo ze względu na charakterystyczne dla niego powolne wdrażanie nowych technologii wielokrotnie stosuje klasyczne narzędzia tj. projekty płaskie oraz rysunki i szkice odręczne. Nie bez powodu rysunek jest nadal uważany za język inżynierów. Wielokrotnie inżynier na budowie musi w prosty i czytelny sposób przedstawić rozwiązanie zaistniałego problemu. W takiej sytuacji szkic jest najlepszym i najtrwalszym narzędziem.

4.5. Podsumowanie badań literaturowych

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury można stwierdzić, że koncepcja Lean Construction jest silnie związana z wykorzystaniem technologii BIM. Potwierdzają to autorzy wielu przytoczonych publikacji. Uzasadnia to podjęcie dalszych badań w przedmiotowej tematyce, szczególnie z uwzględnieniem uwarunkowań polskich. Nie ma badań, które skupiają się na analizie zastosowania Lean Construction wspólnie z BIM w obszarze przedsiębiorstw działających na polskim rynku budowlanym. Badacze na świecie wielokrotnie wskazują w swoich publikacjach na możliwe pozytywne efekty synergii tych dwóch zagadnień (Mahmood i Abrishami, 2020). Jednocześnie badane zagadnienie można uznać za dające szerokie perspektywy do dalszych eksploracji oraz posiadające wiele obszarów tworzących luki badawcze (Sepasgozar i in., 2021). Ważnym aspektem jest przyjęte jako jeden z celów rozprawy doktorskiej, zbadanie aktualnego stanu wiedzy oraz stopnia wdrożenia koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w projektach budowlanych realizowanych przez instytucje i przedsiębiorstwa działające na terenie Polski (perspektywa wykonawcy). Przegląd

parasolowy wskazał, że można mówić o dojrzałości badawczej tematyki związanej z Lean w produkcji oraz BIM w zakresie projektowym. Wciąż istnieje luka badawcza w zakresie praktycznego zastosowania Lean Construction i BIM do zarządzania pracami na budowach (Koseoglu, Sakin i Arayici, 2018).

Dalsze badania planowane w ramach kolejnych etapów rozprawy doktorskiej będą miały na celu zbadanie świadomości oraz stopnia wdrożenia Lean Construction oraz BIM w przedsiębiorstwach budowlanych działających na polskim rynku budowlanym, zarówno w zakresie projektowym jak i wykonawczym. Tematyka związana z Lean Construction oraz BIM jest opisywana coraz częściej, widać trend wzrostowy z perspektywy liczby nowych publikacji, z drugiej strony badania te mają charakter rozproszony. Z tego powodu zasadnym jest przeprowadzanie badań pogłębiających i popularyzacja omawianych konstruktów. Istotnym wyzwaniem jest wielokrotnie wspominany fakt o niskim poziomie wdrażania innowacyjności w branży budowlanej oraz jej niskiej wydajności (Allan Fred, 2016), co szczególnie widoczne jest w przypadku technologii BIM. Utwierdza to autora rozprawy doktorskiej w słuszności podjęcia badań dotyczących weryfikacji stopnia wdrożenia nowych rozwiązań z pewnym opóźnieniem od przedstawienia pierwszych koncepcji na forum międzynarodowego rynku budowlanego. Zbadanie powolnego wdrażania innowacji zarządczych - jako fakt czy mit – jest jednym z celów badań ankietowych. Rok 2020 był przełomowy w wielu obszarach ze względu na wymuszenie przyspieszenia cyfryzacji spowodowane pandemią COVID-19. Była ona istotnym katalizatorem digitalizacji procesów w różnych branżach, w tym również w budownictwie. W momencie pisania niniejszej części rozprawy (luty 2021 r.) autor nie znalazł publikacji dotyczących badań na temat wpływu pandemii na rozwój cyfryzacji w branży budowlanej. Swoje stwierdzenie dotyczące przyspieszenia digitalizacji w sektorze budowlanym autor motywuje licznymi wywiadami środowiskowymi z przedstawicielami zarówno po stronie inwestora, projektanta, jak i wykonawcy. W powyżej analizowanych artykułach wielokrotnie opisywano zalety synergii BIM i Lean Construction (Rahman, Gonzalez i Amor, 2013). Można uznać to zagadnienie za dojrzałe oraz wnioskować brak wskazań do przeprowadzania dalszych badań dotyczących synergii tych elementów. Z tego względu autor nie planuje pogłębiania badań wykazujących na pozytywny efekt synergii BIM i Lean Construction. Dodatkowo na podstawie przeprowadzonej analizy można wywnioskować, że zagadnienia związane z Lean można osadzić w grupie procesów wspierających, w tym przypadku produkcję budowlaną. Nie

stanowią one samodzielny dział, a jedynie są elementem wspomagającym główne zagadnienie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury autor stwierdza, że:

1. Koncepcja Lean Construction oraz technologia BIM są w literaturze światowej szeroko opisane zarówno oddzielnie, jako poszczególne narzędzia wspomagające zarządzanie, jak i razem, wskazując je jako instrumenty tworzące efekt synergii.
2. W literaturze przedmiotu udowodniono korzyści wspólnego stosowania Lean Construction oraz BIM.
3. Wdrażanie nowych rozwiązań wspomagających zarządzanie w budownictwie wymaga czasu. Branża ta jest konserwatywna, dlatego można zauważyć, że proces wdrażania nowych rozwiązań oraz technologii jest powolny i długotrwały.
4. W literaturze polskojęzycznej można znaleźć znikomą ilość badań opisujących koncepcję Lean Construction.
5. W literaturze polskojęzycznej można znaleźć wiele publikacji naukowych i branżowych opisujących technologię BIM.
6. W literaturze polskojęzycznej nie znaleziono opisów badań dotyczących połączenia koncepcji Lean Construction i technologii BIM, a w szczególności badań dotyczących ich stopnia wdrożenia w polskim środowisku branży budowlanej.
7. Zagadnienie analizy wspólnej implementacji Lean Construction oraz BIM na poszczególnych etapach realizacji inwestycji budowlanej jest tematyką nową i posiada znaczny potencjał do dalszych analiz.
8. W literaturze polskojęzycznej nie znaleziono wytycznych dotyczących implementacji Lean Construction w przedsiębiorstwach budowlanych działających na polskim rynku, a w szczególności można zauważyć brak takich publikacji przedstawiających wytyczne do wspólnego stosowania Lean Construction oraz BIM.

Powyższe wnioski stanowią element realizacji jednego z celów poznawczych niniejszej rozprawy CP1: usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym.

W ocenie autora najlepszym narzędziem do zastosowania w następnym etapie badania będzie ankieta wśród przedstawicieli branży budowlanej. Dodatkowym aspektem do zbadania w ankiecie będzie analiza czynników wpływających na popularyzację koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w inwestycjach budowlanych realizowanych na terenie

Polski. Autor będzie się wspierał metodami badawczymi takimi jak wywiad środowiskowy oraz własne obserwacje rynku budowlanego. Zaplanowane badania mają na celu wypełnienie luki badawczej wskazanej na podstawie dotychczasowych analiz, tj. potrzeby badań dotyczących wspólnego wdrożenia i stosowania Lean Construction oraz BIM w celu optymalizacji procesów zarządczych w budownictwie. W ramach dalszych prac autor przeanalizuje możliwość adaptacji uniwersalnych zasad i pryncypiów Lean Construction i technologii BIM w uwarunkowaniach polskiej gospodarki. Ma on również na celu popularyzację łączenia koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM wśród przedstawicieli branży budowlanej w Polsce. Autor w ramach dalszych badań planuje również realizację wywiadów z międzynarodowymi przedstawicielami branży budowlanej posiadającymi doświadczenie w zakresie stosowania Lean Construction oraz BIM w swojej codziennej pracy. Element ten może być bardzo pomocny przy opracowywaniu wytycznych odnośnie do wspólnej implementacji Lean Construction oraz BIM w otoczeniu polskiego rynku budowlanego.

5. Badania ilościowe

5.1. Cele i założenia badania ilościowego

Realizacja badania ilościowego w oparciu o badania ankietowe, jest wynikiem wcześniejszych badań oraz analiz, takich jak parasolowy przegląd literatury oraz systematyczny przegląd literatury. W efekcie dotychczas przeprowadzonych analiz autor zauważa potrzebę dokładniejszego zbadania omawianej tematyki, w tym wykorzystywanych narzędzi wspomagających zarządzanie. Badanie ilościowe ma umożliwić realizację jednego celu poznawczego (CP1) oraz dwóch celów użytkowych (CU1 i CU2) zdefiniowanych we wprowadzeniu rozprawy doktorskiej:

- a) CP1: Usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym,
- b) CU1: Określenie zakresu znajomości koncepcji Lean Construction i technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce,
- c) CU2: Określenie stopnia wdrożenia i wykorzystania jednocześnie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM, w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce.

Zdefiniowane założenia wobec badania ilościowego oraz wyniki wcześniejszych badań literaturowych umożliwiły opracowanie hipotez badawczych. Potrzebę przyjęcia takiego podejścia metodycznego wskazuje literatura (Czakoń i Dyduch, 2016). Poniżej zaprezentowano hipotezy badawcze:

H1: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w Polsce może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów.

H2: Znajomość koncepcji Lean Construction wpływa na zakres zastosowania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym.

H3: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach z dominującym kapitałem zagranicznym jest częściej spotykane niż w podmiotach z dominującym kapitałem polskim.

H4: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

H5: Istnieje związek między znajomością i wykorzystaniem koncepcji Lean Construction, a znajomością i wykorzystaniem technologii BIM przez przedsiębiorstwa budowlane w Polsce.

H6: Zastosowanie pojedynczych narzędzi i/lub technik wykorzystywanych w ramach koncepcji Lean jest częściej spotykane niż znajomość całościowa koncepcji Lean Construction.

H7: Zastosowanie koncepcji Lean Construction przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średniej wielkości inwestycji.

H8: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średnich inwestycji.

H9: Zastosowanie technologii BIM w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

H10: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

H11: Zastosowanie koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

Zdefiniowane hipotezy mają charakter szczegółowy i komplementarny względem siebie. Przyczyniają się do lepszego zrozumienia podejmowanej problematyki. Występujące dotychczas badania są realizowane w sposób wycinkowy, niewpływający w istotnym stopniu na praktyczne wykorzystanie rezultatów tych studiów w Polskich przedsiębiorstwach. Aby uniknąć tych mankamentów testowaniu poddano wszystkie zdefiniowane hipotezy, co umożliwiły zaprojektowane badania.

5.2. Metoda zbierania danych i narzędzie badawcze⁷

Na potrzeby realizowanego badania autor opracował procedurę badawczą jego realizacji. W pierwszej kolejności zostały określone cele badania, będące wynikiem wcześniej

⁷ Zebranie danych do badania do doktoratu przeprowadzono i sfinansowano w ramach projektu IPAE (Industry 4.0 in Production and Aeronautical Engineering) nr PPI/APM/2018/1/00047/U/001 realizowanego przez Wydział Mechaniczny Technologiczny oraz Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa. Zadanie badawcze związane z wykorzystaniem technologii Industry 4.0 w środowisku organizacji projektowych, kierowane było przez dra hab. inż. Eryka Głodzińskiego. Kwestionariusz ankiety został opracowany przez autora pracy przy współpracy z promotorem, na bazie wyników badań literaturowych oraz obserwacji autora realizowanych w przedsiębiorstwach działających w Polsce, Czechach i Niemczech. Zebranie danych wśród respondentów powierzono profesjonalnemu podmiotowi zewnętrznemu: Centrum Badawczo-Rozwojowemu BIOSTAT (na

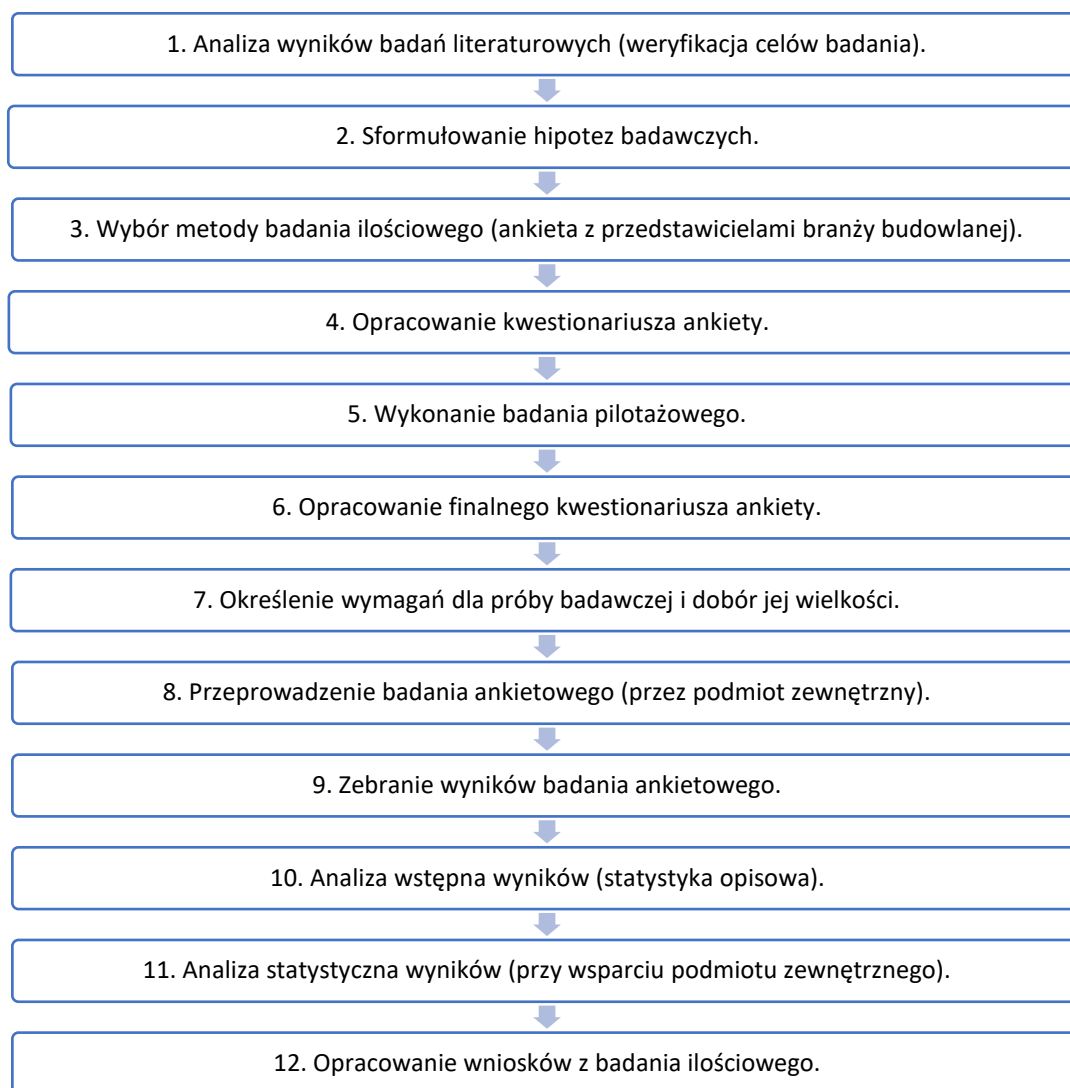
przeprowadzonych analiz. W następnym kroku po dokonaniu analizy celu badania autor opracował hipotezy badawcze, które stanowiły bazę do wyboru ankiety jako narzędzia badawczego, a w następnym kroku sformułowania pytań do ankiety. Po stworzeniu pierwszej wersji ankiety autor przeprowadził badania pilotażowe na populacji pięciu przedstawicieli branży budowlanej w celu weryfikacji zrozumiałości pytań oraz czytelności arkusza odpowiedzi. Dodatkowo autor analizował czas potrzebny na wypełnienie ankiety. W ramach badania pilotażowego autor dokonał również oceny narzędzia badawczego, jakim był formularz online. W efekcie badania pilotażowego autor dokonał drobnych korekt treści pytań oraz zrezygnował z pytań nieprzynoszących wartości dodanej wynikom badania. Dzięki niniejszemu zabiegowi czas potrzebny do wypełnienia ankiety został zredukowany o ok. 5 minut.. Fakt ten jest bardzo istotny i miał na celu ułatwienie wypełniania całej ankiety przez profesjonalistów branżowych. W kolejnym kroku autor wyznaczył minimalną wielkość próby badawczej, proces ten zostanie dokładniej przedstawiony w dalszej części rozprawy. W związku z faktem znacznej wielkości minimalnej próby badawczej zdecydowano o zleceniu przeprowadzenia badania profesjonalnemu podmiotowi badawczemu jakim jest Centrum Badawczo-Rozwojowego BIOSTAT z Rybnika. Badanie zostało wykonane w okresie od 02.06.2022 r. do 24.06.2022 r.. Zabrane dane zostały poddane analizie. Efektem badania są wnioski, które w znacznej mierze stanowią podstawę do dalszych badań. Graficzne przedstawienie wyżej opisanej procedury badawczej stanowi Rysunek 15.

Przygotowana przez autora treść ankiety została sformatowana na potrzeby realizacji badania, w celu jego optymalizacji i następnie umożliwienia czytelnego przedstawienia wyników.

Badanie ankietowe zrealizowano metodą mieszaną, z wykorzystaniem technik ilościowych: wspomaganych komputerowo wywiadów telefonicznych (Computer Assisted Telephone Interview - CATI) oraz wspomaganych komputerowo wywiadów internetowych (Computer-Assisted Web Interview - CAWI) (Stanisławski, 2017).

zlecenie Politechniki Warszawskiej). Autor doktoratu wspólnie z promotorem aktywnie czuwał nad jakością przeprowadzanych wywiadów, w tym opracowali przewodnik dla ankierów, regularnie dyskutowali z podwykonawcą o postępach prac i napotykanym problemach oraz sposobach ich rozwiązania. Następnie dokonano analizy otrzymanych danych. W ramach weryfikacji hipotez badawczych przeprowadzono wnioskowanie statystyczne z wykorzystaniem różnorodnych testów. Na tym etapie badań współpracowano z dr. Wojciechem Roszką z Katedry Statystyki Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, który na podstawie założeń opracowanych przez autora i promotora pracy doktorskiej przygotował obliczenia statystyczne. Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych autor rozprawy dokonał interpretacji zebranych danych oraz opracował wnioski z badania. Szczegółowe założenia metodyczne poszczególnych etapów zostaną opisane w dalszej części rozprawy doktorskiej.

Z wykorzystaniem techniki CATI zrealizowano 125 wywiadów. Z wykorzystaniem techniki CAWI zrealizowano 198 wywiadów. Realizację badania techniką CAWI poprzedzał kontakt telefoniczny realizowany ze studia CATI wykonawcy badania. Końcowym rezultatem badania jest baza odpowiedzi przekazana w formacie zgodnym z MS Excel, przygotowana w układzie: badane zmienne (kolumny), respondenci (wiersze). Baza ta została skontrolowana pod względem kompletności odpowiedzi.



Rysunek 15 Metodyka badania ilościowego

Źródło: opracowanie własne.

Do przeprowadzenia badania skierowano 10 ankietów. Na realizację 125 wywiadów CATI i 198 wywiadów CAWI konieczne były 6 634 połączenia telefoniczne, co daje średnią 21 połączeń przypadających na 1 efektywny wywiad. Wypełnienie jednej ankiety przez respondenta trwało ok. 10 – 15 minut.

Narzędziem badawczym przeprowadzonego badania ilościowego jest formularz ankiety składający się z 18 pytań stanowiący Załącznik 1 – Kwestionariusz badania ilościowego. Część pytań stanowią pytania zależne, które zostały zadane tylko respondentom, którzy w określony sposób odpowiedzieli na pytania poprzedzające. W ankiecie można wyróżnić trzy części:

1. Wstęp zawierający informację wprowadzającą do badania,
2. Pytania stanowiące charakterystykę respondenta ankiety – 7 pytań,
3. Pytania właściwe ankiety – 11 pytań.

Pytania stanowiące charakterystykę respondenta ankiety stanowią pytania o fakty, a pytania właściwe są pytaniami o fakty oraz o opinie (Czakoń i Dyduch, 2016). Na podstawie odpowiedzi na pytania z grupy charakterystyka respondenta autor otrzymał informacje opisujące uczestników ankiety. Z pytań właściwych o opinie autor uzyskał zbiór subiektywny opinii uczestników ankiety na temat badanego zagadnienia. Pytania o opinie znajdujące się w ankiecie możemy podzielić na:

- 5 zbiorów pytań w tabelach, w sumie 74 pytania ze skalą Likerta 1 – 5 (dotyczące częstości stosowania oraz istotności zagadnienia dla respondenta wraz z dodatkową opcją „nie wiem”),
- 4 pytania zamknięte (4 – 7 opcji do wyboru),
- 2 pytania mierzące cechę w o charakterze ciągłym (o dane dotyczące liczby lat).

Pytania z grupy „charakterystyka respondenta” są pytaniami zamkniętymi. Pytania o opinie dotyczyły znajomości, przemyśleń oraz doświadczenia respondenta w obszarze Lean Construction oraz BIM. Autor zdecydował się na zastosowanie 5 stopniowej skali Likerta do prezentacji stwierdzeń poddanych ocenie respondenta aby zapewnić szybkość wypełniania kwestionariusza oraz umożliwić sobie sprawną analizę zebranych danych, w tym analizę statystyczną (Davidsson, 2005). W kwestionariuszu ankiety 3 pytania były ściśle związane z zagadnieniem Lean Construction, 5 pytań dotyczyło w głównym zakresie technologii BIM, a 2 pytania wykorzystania różnych metod w zarządzaniu realizacją przedsięwzięcia budowlanego. Kwestionariusz ankiety stanowi Załącznik 1 – Kwestionariusz badania ilościowego niniejszej rozprawy. W kolejnych rozdziałach autor przedstawi wyniki wybranych pytań oraz przeanalizuje korelację między odpowiedziami respondentów.

5.3. Próba badawcza

Do przeprowadzenia badania ilościowego w postaci ankiety wybrano reprezentantów przedsiębiorstw branży budowlanej realizujących swoje działania na terenie Polski. Kryteriami doboru respondentów było reprezentowanie przez uczestnika ankiety stanowiska kierownika projektu bądź innej osoby zaangażowanej w proces zarządzania projektami budowlanymi. Fakt ten był weryfikowany przez ankietera na wstępie realizowanego badania.

Minimalną liczebność próby badawczej autor określił przy pomocy poniższego wzoru stosowanego w podobnych badaniach ilościowych (Brzozowska, Dziedzic i Morawska, 2023; Pawełoszek i Jelonek, 2022):

$$N_{min} = \frac{N_p((1 - \alpha)^2 * f(1 - f))}{N_p * e^2 + (1 - \alpha)^2 * f(1 - f)}$$

gdzie:

N_{min} – minimalna liczebność próby,

N_p – wielkość populacji, z której pobierana jest próba, na potrzeby badania przyjęta na poziomie 6200. Liczba ta określa liczbę wyników wyszukiwania osób przy pomocy frazy „project manager budownictwo” w zawężeniu do obszaru Polska w portalu biznesowym LinkedIn w dniu 21.02.2022 r.,

$1 - \alpha$ – poziom ufności przyjęto na poziomie 93%, $1 - \alpha = 0,93$,

f – wielkość frakcji, na potrzeby badania przyjęto wartość $f = 0,5$,

e – założony błąd maksymalny, wyrażony w liczbie ułamkowej, na potrzeby badania przyjęto 5%, $e = 0,05$.

W efekcie otrzymano minimalną liczebność próby na poziomie $N_{min} = 312$. Założono wielkość próby badawczej na poziomie 323.

Badanie zrealizowano z wykorzystaniem bazy potencjalnych uczestników badania pozyskanej od Dun & Bradstreet Poland sp. z o.o. Baza stanowiła operat badania, z którego losowano respondentów. Ponieważ poziom odpowiedzi spośród wylosowanych podmiotów był niewielki i przeprowadzono w kolejnych krokach kolejne losowania można przyjąć, że dobór próby miał charakter warstwowo-kwotowy. Badana populacja była niejednorodna pod względem cechy branży (podstawowy kod PKD: 41, 42, 43). Opis rodzaju przedsiębiorstw ze względu na PKD stanowi Tabela 5.

Tabela 5 Opis struktury próby badawczej ze względu na PKD

Nazwa	PKD	Minimalna próba badawcza
Roboty związane ze wznoszeniem budynków	41	Min. $312 \cdot 30\% = 97$
Roboty związane z budową obiektów inżynierii lądowej i wodnej	42	Min. $312 \cdot 30\% = 97$
Roboty budowlane specjalistyczne	43	Max. 129
Suma		323

Źródło: opracowanie własne.

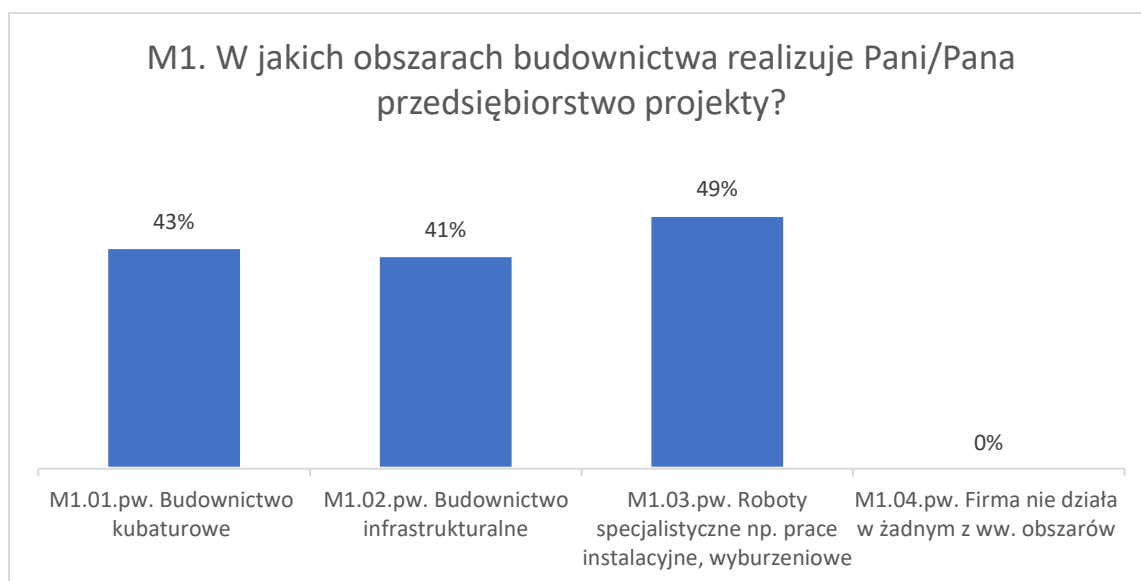
Możliwy był zatem jej podział na 3 rozłączne (warstwy). Zgodnie z założeniami przedsiębiorstwa posiadające w PKD 41 i 42 miały stanowić min 30% respondentów. W ramach poszczególnych warstw podmioty losowano bez zwracania. Zgodnie z założeniami przedsiębiorstwa w badaniu miały być reprezentowane w podziale: małe 97, średnie 161, duże 65 (z możliwością odchylenia liczebności ± 5). Takie założenia dla wielkości próby badawczej wynikały ze struktury populacji, którą zbadano na podstawie bazy danych udostępnionej przez GUS dla wybranych PKD (Tabela 5).

W toku całego badania skontaktowano się z 3381 wylosowanymi do badania podmiotami, osiągnięto zatem wskaźnik odpowiedzi (response rate) na poziomie 9,6% (323 zrealizowane wywiady). System badawczy wykonawcy automatycznie kontrolował rozkład próby pod względem wielkości zatrudnienia (mikro i małe podmioty, średnie, duże podmioty) – parametry zadane dla ogółu badanych, niezależnie od warstwy (PKD).

Zrealizowana liczba skutecznych wywiadów ankietowych w liczbie 323 jest nie mniejsza od założonej minimalnej liczebności próby.

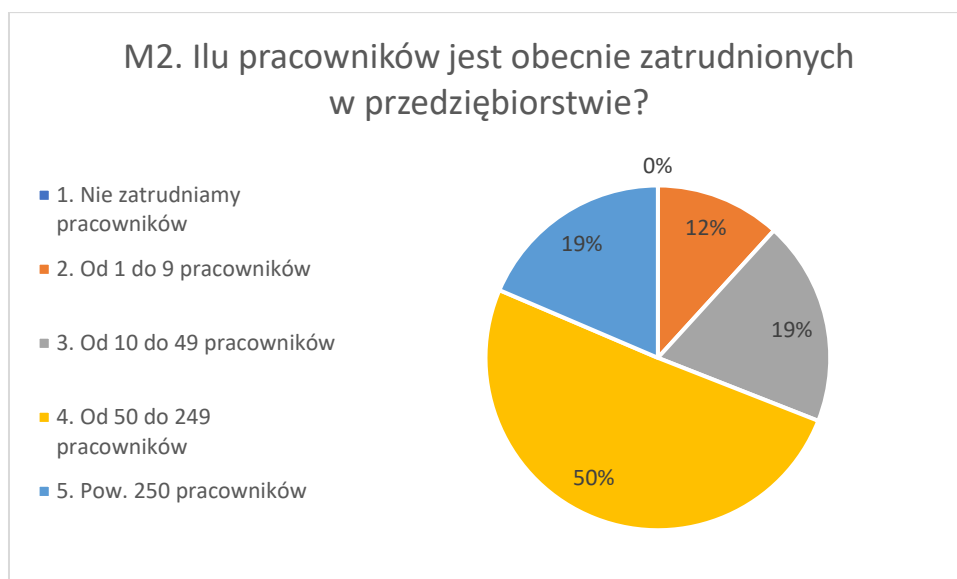
W ramach ankiety w pierwszej kolejności weryfikowano w jakim obszarze budownictwa przedsiębiorstwach, w której pracuje respondent realizuje swoją działalność. Większość przedsiębiorstw realizuje swoje prace w jednym obszarze, co stanowi 75% respondentów, pozostałe 25% badanych przedsiębiorstw realizują zadania w większej liczbie obszarów. Procentowy rozkład obszarów, w których przedsiębiorstwa zatrudniające respondentów realizują swoje projekty prezentuje poniższy wykres na Rysunek 16, w pytaniu była możliwość wyboru wielu odpowiedzi.

Kolejne pytanie zadane respondentom dotyczyło wielkości przedsiębiorstwa pod względem zatrudnienia. Znacznie ponad połowę stanowią przedsiębiorstwa średnie lub duże, które zatrudniają ponad 50 pracowników. Rozkład procentowy względem liczby zatrudnionych pracowników w przedsiębiorstwie zatrudniającym respondenta prezentuje Rysunek 17.



Rysunek 16 Charakterystyka respondentów – reprezentowane obszary budownictwa

Źródło: opracowanie własne.

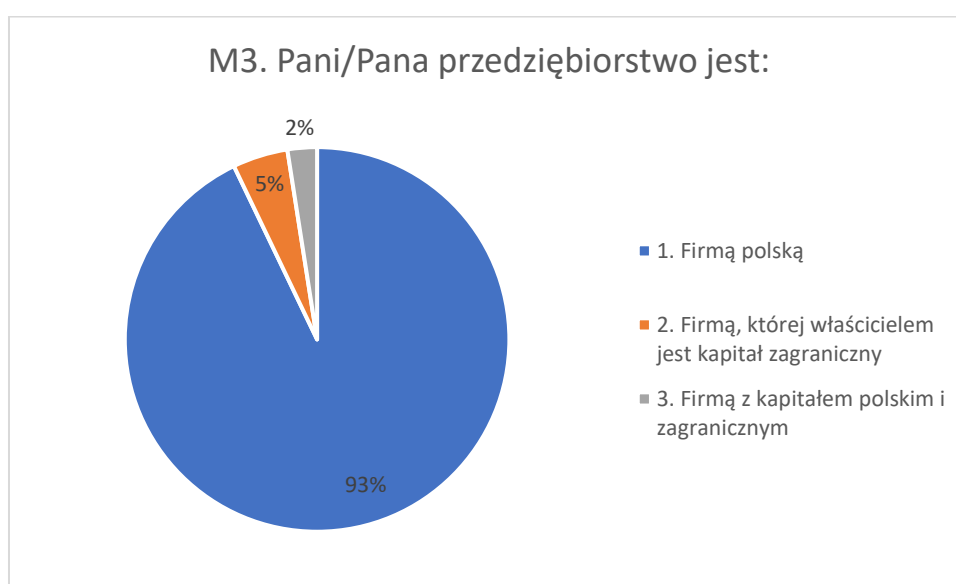


Rysunek 17 Charakterystyka respondentów – wielkość przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne.

Badacz w pytaniach z grupy charakterystyka respondenta chciał poznać również informację na temat pochodzenia przedsiębiorstwa. W ramach wyników uzyskał informację, że znaczna większość respondentów jest zatrudniona w przedsiębiorstwach polskich. Jedynie niewielki odsetek stanowią pracownicy przedsiębiorstw zagranicznych lub z kapitałem polskim i zagranicznym. W przypadku tego pytania autor zwraca uwagę na możliwość wystąpienia błędnych odpowiedzi wśród respondentów, ponieważ wiele dużych przedsiębiorstw

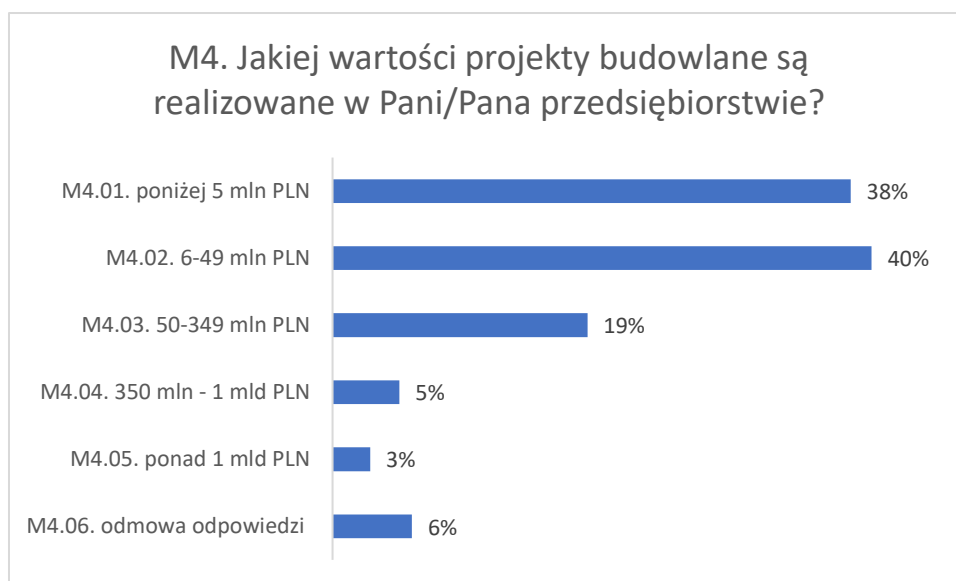
zatrudniających powyżej 250 pracowników działających na rodzimym rynku budowlanym stanowią przedsiębiorstwa z kapitałem zagranicznym. W wielu przypadkach działające jako spółki córki międzynarodowych konsorcjów. Fakt ten mógł być przyczyną określania przez część badanych przedsiębiorstwa, w którym pracuje jako przedsiębiorstwo polskie, pomimo że to przedsiębiorstwo jest ściśle związane z konsorcjum zagranicznym. Odpowiedź ta jest jednak trudna do zweryfikowania, ponieważ autor nie posiada dostępu do wyników podobnych badań odnośnie struktury zatrudnienia w polskim sektorze budowlanym wśród grupy spełniającej kryteria doboru próby badawczej. Z tego powodu autor przyjął niniejsze wyniki jako reprezentatywne do dalszych badań. Podział respondentów ze względu na zatrudnienie w przedsiębiorstwie w zależności od kapitału stanowi Rysunek 18.



Rysunek 18 Charakterystyka respondentów – źródło głównego kapitału przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne.

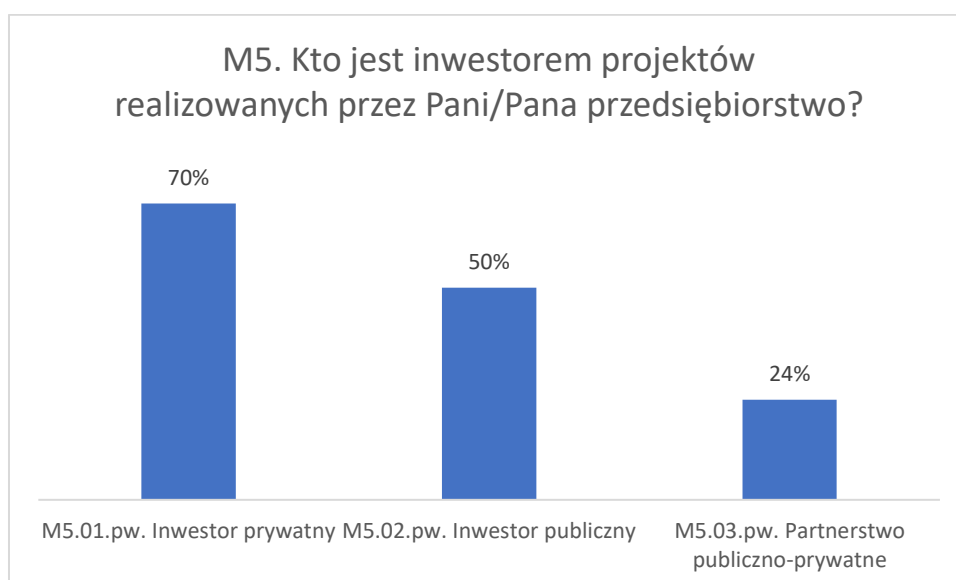
Kolejnym istotnym parametrem analizowanych przedsiębiorstw jest wielkość kontraktów realizowanych przez przedsiębiorstwa zatrudniające respondentów. Znaczna większość przedsiębiorstw realizuje kontrakty poniżej 50 mln PLN, które w skali budownictwa można określić jako małe. Jedynie bardzo mały odsetek respondentów jest zatrudniony w przedsiębiorstwach realizujących inwestycje powyżej 1 mld PLN. Tego typu inwestycje bardzo często stanowią duże kontrakty infrastrukturalne lub specjalistyczne obiekty przemysłowe. Graficzne przedstawienie odpowiedzi na pytanie: Jakiej wartości projekty budowlane są realizowane w Pani/Pana przedsiębiorstwie? stanowi Rysunek 19.



Rysunek 19 Charakterystyka respondentów – wielkość inwestycji realizowanych przez przedsiębiorstwo respondenta (wielokrotny wybór)

Źródło: opracowanie własne.

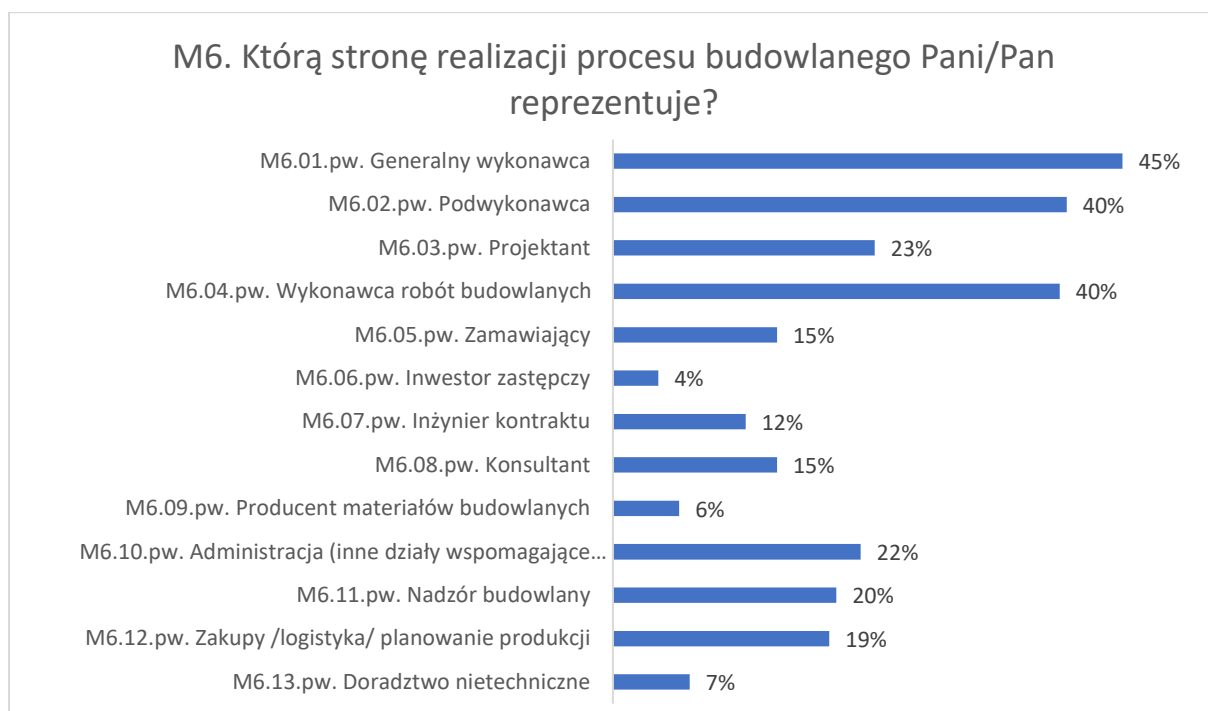
Badacz przeanalizował również kontrakty realizowane przez pracodawcę respondentów pod względem profilu zamawiającego. Większość przedsiębiorstw realizuje inwestycje budowlane dla inwestorów prywatnych, a połowa badanych również dla inwestora publicznego. Jedynie co czwarte przedsiębiorstwo ma w swoim portfolio również kontrakty realizowane dla inwestora będącego partnerstwem publiczno-prywatnym. Graficzną ilustrację odpowiedzi na to pytanie stanowi Rysunek 20.



Rysunek 20 Charakterystyka respondentów – podział inwestorów realizowanych prac (wielokrotny wybór)

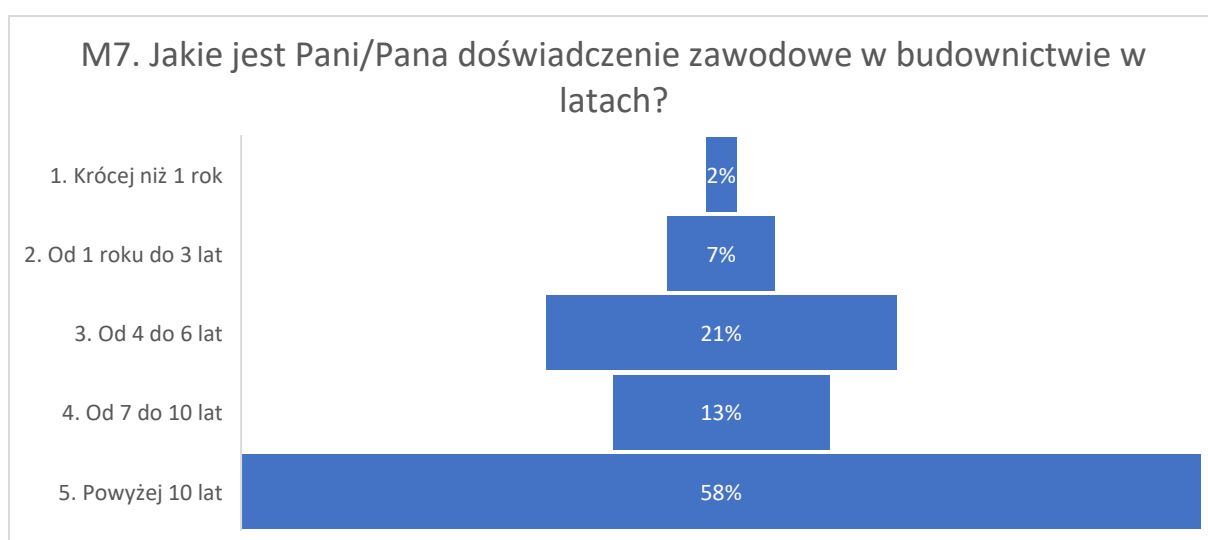
Źródło: opracowanie własne.

Bardzo ciekawe dane badacz otrzymał w odpowiedzi na pytanie dotyczące obszaru, w którym respondenci wykonują swoje zadania. Większość respondentów działa w roli generalnego wykonawcy, a dokładny podział zadań reprezentowanych przez ankietowanych obrazuje Rysunek 21.



Rysunek 21 Charakterystyka respondentów – obszar realizowanych zadań przez przedsiębiorstwo respondenta (wielokrotny wybór)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 22 Charakterystyka respondentów – doświadczenie zawodowe

Źródło: opracowanie własne.

Ostatnim pytaniem zadany respondentom z grupy charakterystyka respondenta stanowiło pytanie dotyczące doświadczenia zawodowego ankietowanych. Zdecydowaną większość stanowiły osoby doświadczone, pracujące w branży budowlanej ponad 10 lat. Fakt ten potwierdza założenia autora, że grupa osób pełniących stanowiska kierownicze w branży budowlanej stanowią w większości osoby starsze, a co za tym idzie posiadające większe doświadczenie zawodowe. Podział grupy ankietowanych ze względu na doświadczenie w branży budowlanej obrazuje Rysunek 22.

5.4. Wyniki badań - statystyka opisowa

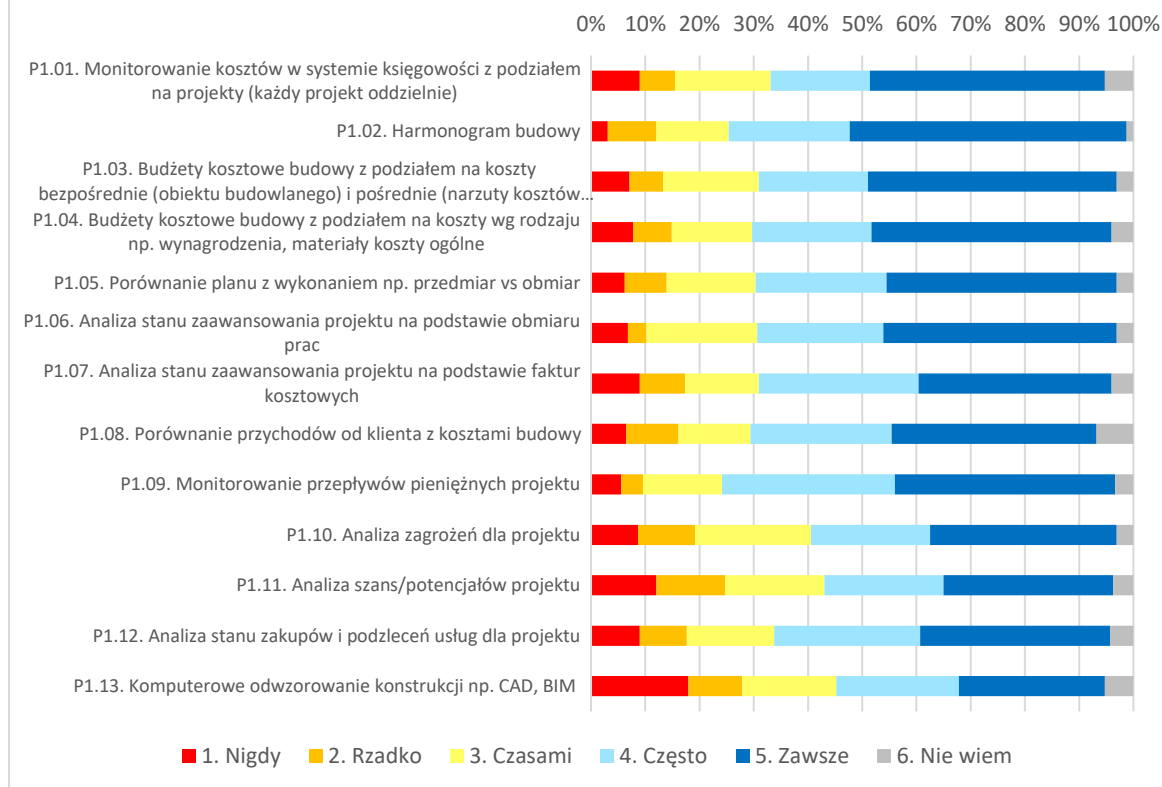
Autor w ramach opisowej charakterystyki wyników badania przedstawi reprezentację graficzną rozkładu otrzymanych odpowiedzi w postaci wykresów opracowanych przy pomocy programu MS Excel. Wszystkie analizowane pytania zostaną opatrzone komentarzem autora. Należy zauważyć, że wyniki przedstawionych w tym rozdziale badań dotyczą próby badawczej.

Pytania ankietowe o opinie dotyczące badanego zagadnienia Załącznik 1 – Kwestionariusz badania ilościowego rozpoczęło pytanie dotyczące wykorzystywanych narzędzi wspomagających zarządzanie w przedsiębiorstwie zatrudniającym respondenta. Odpowiadający mieli do wyboru 13 wybranych narzędzi, z których jako najczęściej stosowane zostały wskazane harmonogram budowy, monitorowanie przepływów pieniężnych oraz budżet, a następne w kolejności były budżety oraz analizy stanu zaawansowania projektu. Szczegółowy rozkład odpowiedzi przedstawia Rysunek 23.

Kolejne pytanie stanowiło zapytanie o znajomość koncepcji Lean Construction przez respondentów. Zauważalna większość nigdy wcześniej nie miała styczności z badanym zagadnieniem. Jedynie 10 badanych potwierdziło, że obecnie stosuje lub kiedyś działało zgodnie z założeniami koncepcji Lean. Fakt ten potwierdza jedno z pierwotnych założeń badacza, że koncepcja Lean Construction jest mało znana i bardzo rzadko stosowana przez uczestników przedsięwzięć budowlanych realizowanych w Polsce. Graficzne zestawienie znajomości koncepcji Lean Construction wśród ankietowanych przedstawia Rysunek 24.

Pomimo małej popularności Lean Construction wśród ankietowanych średni okres stosowania tej koncepcji wynosi 4,4 lat, a jeden z ankietowanych pracuje zgodnie z zasadami Lean aż od 10 lat. Lean jest stosowany przez ankietowanych najczęściej od 3 lat. Fakt ten potwierdza, iż tematyka ta jest zagadnieniem młodym w polskim środowisku budowlanym.

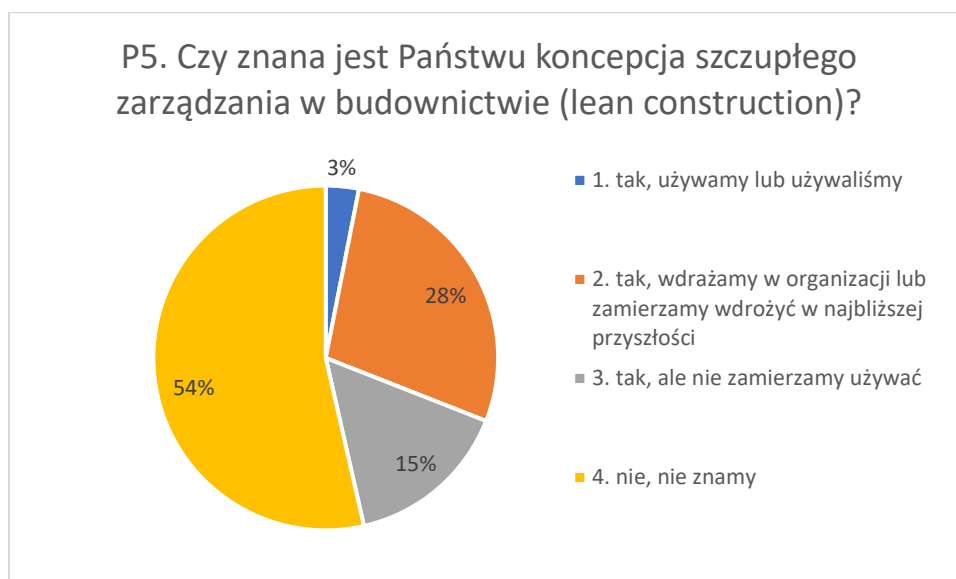
P1. Jakie narzędzia wspomagające zarządzanie są w Pani/Pana przedsiębiorstwie wykorzystywane?



Rysunek 23 Częstotliwość wykorzystania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym (P1)

Źródło: opracowanie własne.

P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?



Rysunek 24 Znajomość koncepcji Lean Construction (P5)

Źródło: opracowanie własne.

W pytaniu P7 autor zadał pytania respondentom dotyczące istotności poszczególnych zagadnień w ramach realizowania kontraktów budowlanych. W znacznej większości na tej liście znajdowały się zagadnienia będące efektem prawidłowego stosowania Lean podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Dla zauważalnej większości badanych zagadnienia te są istotne lub bardzo istotne podczas wykonywania swojej pracy. Fakt ten potwierdza potrzebę szerszego stosowania Lean w polskim budownictwie, jako odpowiedź na zapotrzebowanie spełnienia potrzeb osób działających w branży. Zagadnienia takie jak:

- dążenie do utrzymywania dobrych relacji z klientem,
- dążenie do utrzymywania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami,
- monitorowanie i kontrola bezpieczeństwa oraz higieny pracy,
- uczenie się i zdobywanie przez pracowników nowych umiejętności,
- dążenie do poprawienia wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów),

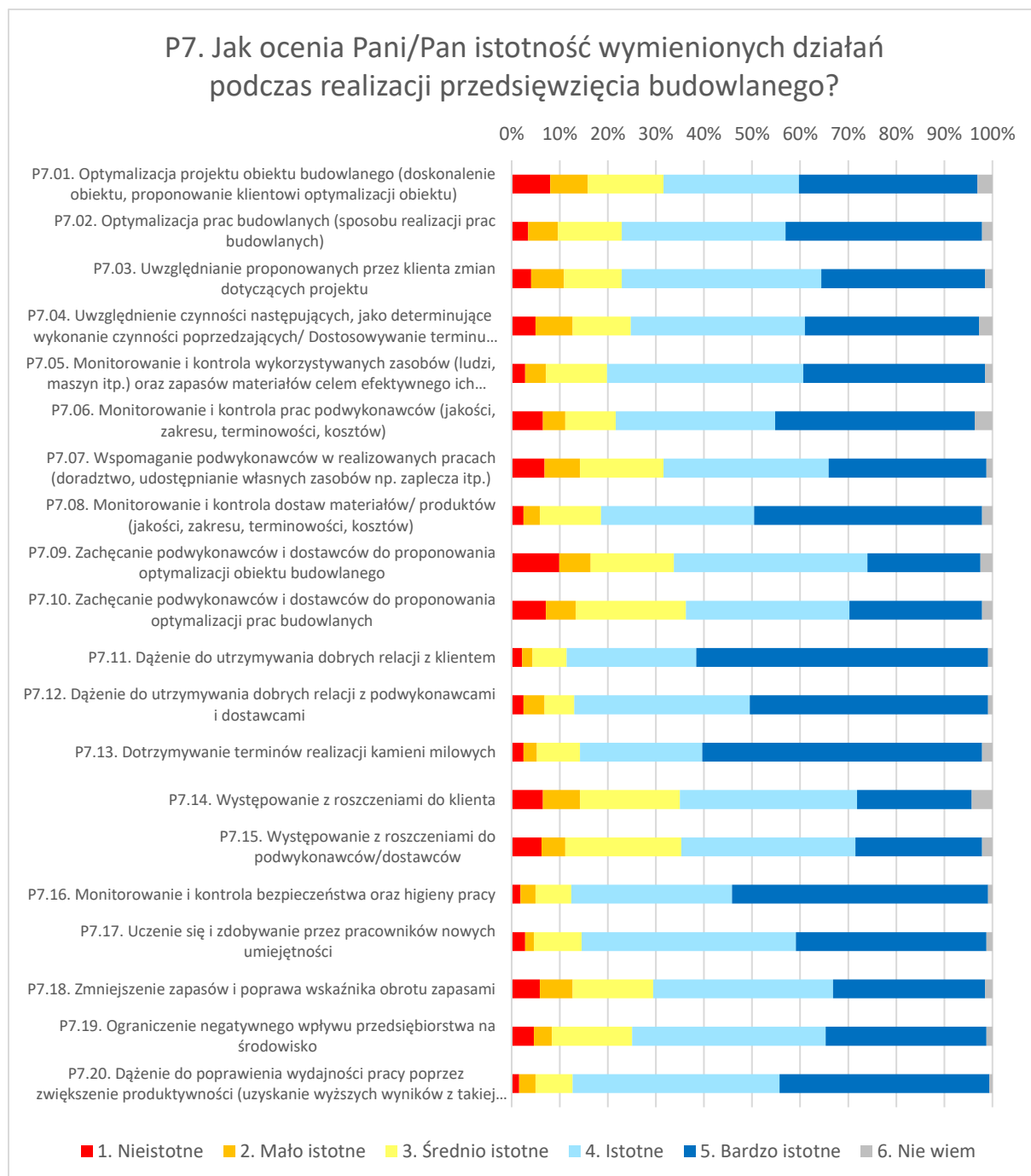
są istotne lub bardzo istotne dla prawie 90% ankietowany. Jednocześnie stanowią one bardzo często występujące efekty prawidłowego stosowania koncepcji Lean Construction podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Fakt ten wskazuje na ogromny potencjał dla popularyzacji oraz szerszego zastosowania Lean wśród uczestników polskiej branży budowlanej. Rysunek 25 graficznie przedstawia rozkład odpowiedzi na pytanie P7: Jak ocenia Pani/Pan istotność wymienionych działań podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego?

Autor zbadał również jak często oraz jakie narzędzia wspomagające zarządzanie przedsięwzięciem budowlanym stosują ankietowani. Ponad połowa respondentów w swojej pracy korzysta z usprawnień pracy takich jak:

- tablety i urządzenia mobilne,
- oprogramowanie do projektowania 2D np. CAD,
- dedykowane oprogramowanie do harmonogramowania i kosztorysowania,
- wydruki projektów 2D,
- rysunki i szkice odręczne.

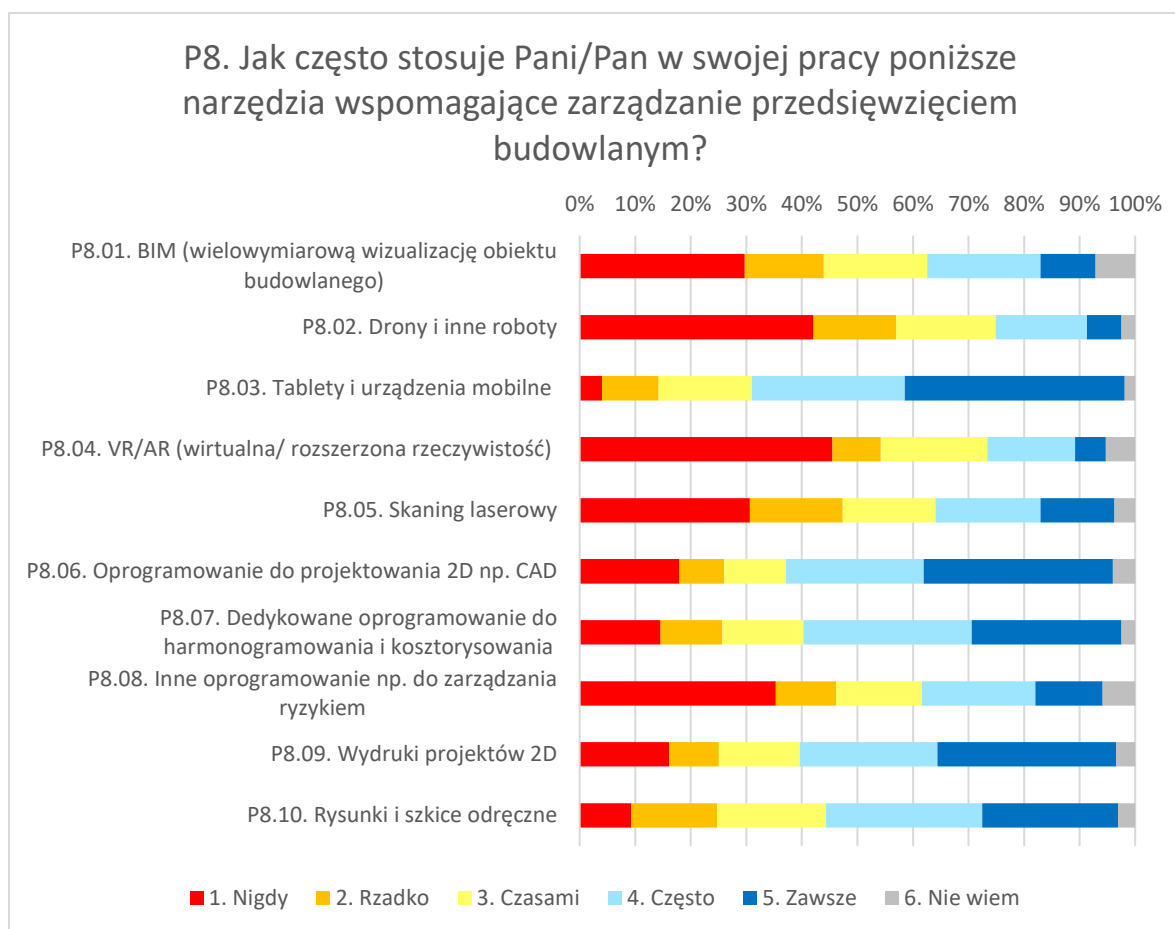
Dokładny rozkład graficzny częstotliwości stosowania wymienionych narzędzi wspomagających zarządzanie przedstawia Rysunek 26. Na przeciwległym biegunie wśród najrzadziej stosowanych narzędzi wspomagających można znaleźć rozwiązania cyfrowe takiej jak:

- BIM
- drony i inne roboty,
- VR/ AR (wirtualna/ rozszerzona rzeczywistość),
- skaniny laserowe,
- inne oprogramowanie np. do zarządzania ryzykiem.



Rysunek 25 Istotność wskazanych działań podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego (P7)

Źródło: opracowanie własne.

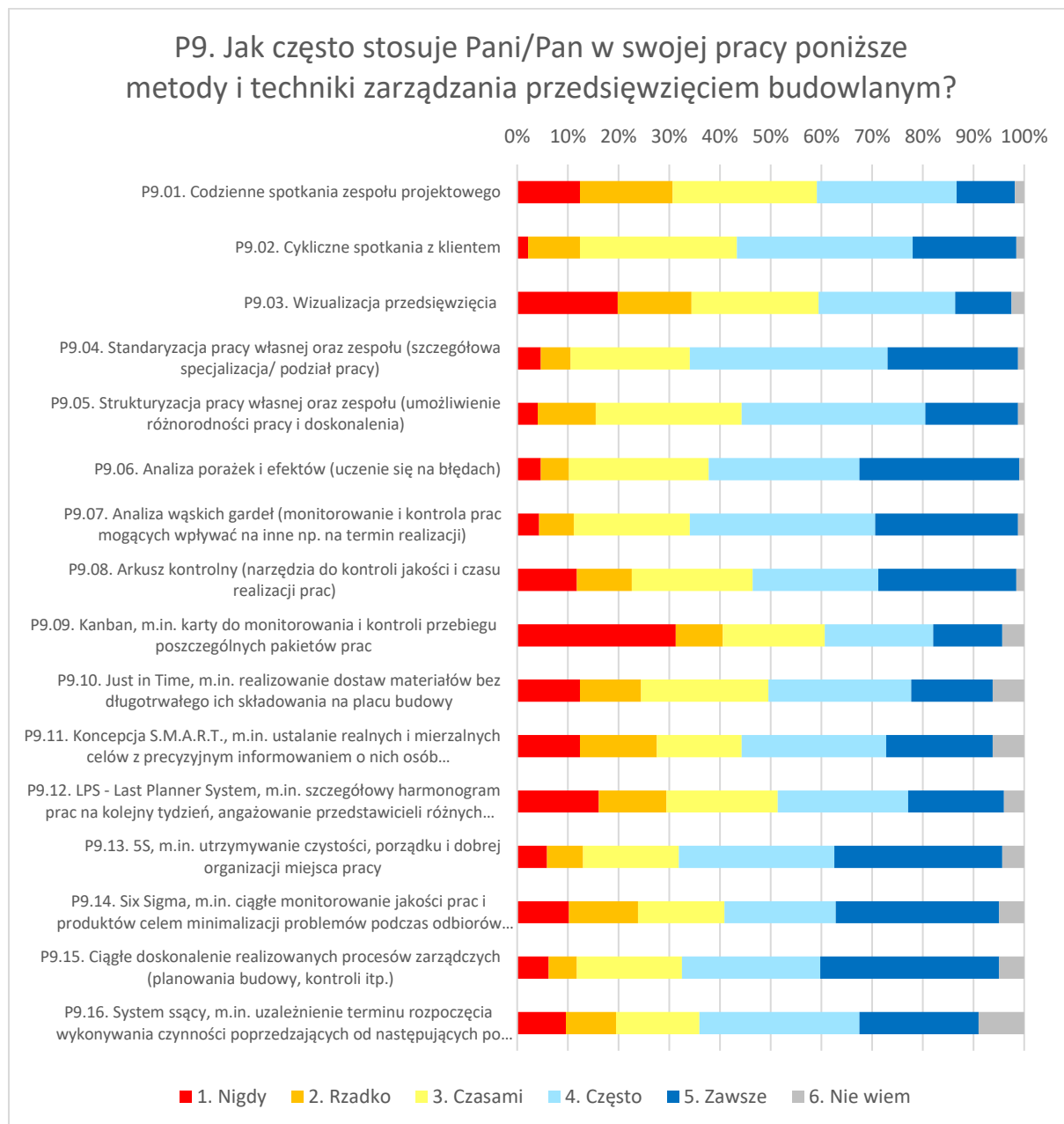


Rysunek 26 Częstość stosowania wskazanych narzędzi wspomagających zarządzanie (P8)

Źródło: opracowanie własne.

W odpowiedzi na pytanie P9 znaczna część respondentów w swoich odpowiedziach twierdzi, że w swojej codziennej pracy stosuje liczne metody i techniki zarządzania przedsięwzięciem budowlanym. Wiele z wymienionych technik i metod jest powiązana z koncepcją Lean. Fakt ten potwierdza hipotezę H6: zastosowanie poszczególnych/pojedynczych narzędzi lub technik Lean jest powszechniejsza niż znajomość całościowa koncepcji Lean. Zgodnie z odpowiedziami ankietowanych prawie wszyscy respondenci znają i stosują poszczególne narzędzia stosowane w ramach wytycznych w koncepcji Lean Construction. Fakt ten stanowi bardzo ciekawą obserwację oraz nasuwa badaczowi pytanie, czy rzeczywiście respondenci stosują wymienione metody i techniki w swojej pracy, czy jedynie mają wrażenie, że tak robią lub chcieli tylko profesjonalnie przedstawić się ankietownikowi na tle innych ankietowanych. Na te kwestie jednak nie znajdziemy odpowiedzi w ankiecie. Autorowi nasuwa się również pytanie czy ci sami ankietowani po zadaniu otwartego pytania „Jakie oraz jak często Pani/ Pan stosuje metody i techniki wspomagające zarządzanie przedsięwzięciem

budowlanym w swojej pracy?” wymieniliby tak licznie elementy z tą samą częstotliwością stosowania. Graficzne zestawienie odpowiedzi na pytanie ankiety przedstawia Rysunek 27.

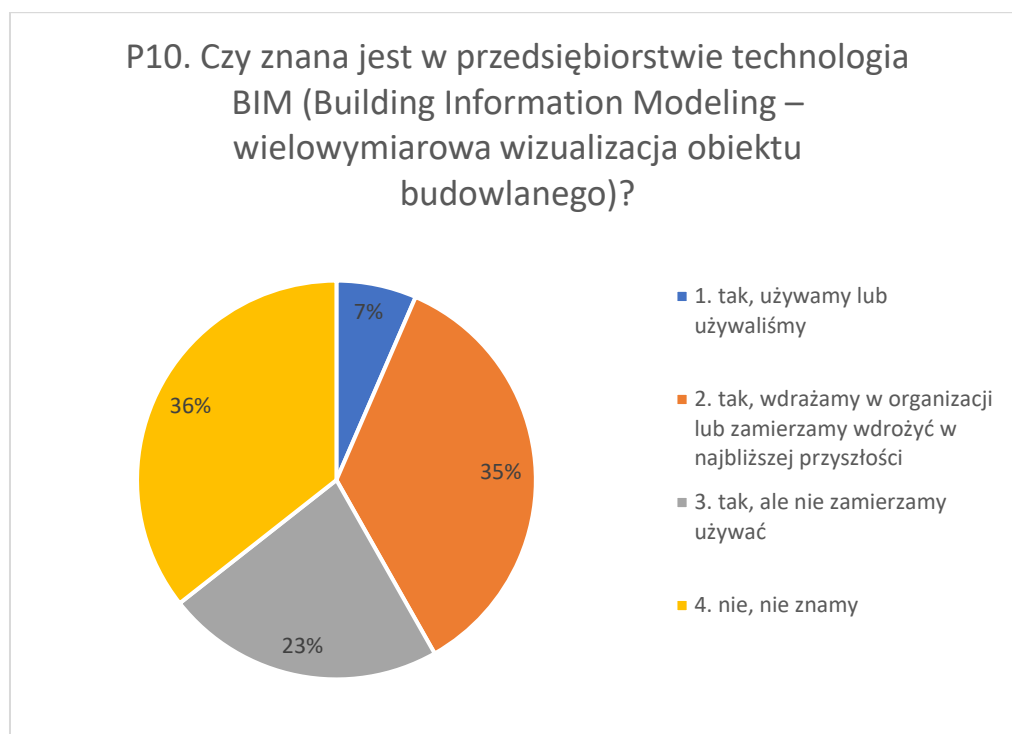


Rysunek 27 Częstość stosowania wskazanych metod i technik zarządzania (P9)

Źródło: opracowanie własne.

W kolejnym zbiorze pytań zadanych przez ankieterów znajdowały się pytania związane z technologią BIM. Respondenci w pierwszej kolejności odpowiadali na pytanie dotyczące znajomości oraz stosowania technologii BIM w ich przedsiębiorstwach. Dla większości badanych BIM jest znany, ale tylko 7% respondentów stosuje go w swoich przedsiębiorstwach. Zdecydowanie optymistyczniej przedstawia się liczna grupa respondentów, u których

w przedsiębiorstwach BIM jest wdrażany lub planowany do wdrożenia. Ta grupa stanowi 35% badanych. Na tym etapie można zauważyć, że BIM jest bardziej popularny niż Lean Construction wśród ankietowanych. Graficzne zestawienie odpowiedzi na pytanie dotyczące znajomości technologii BIM przedstawia Rysunek 28.

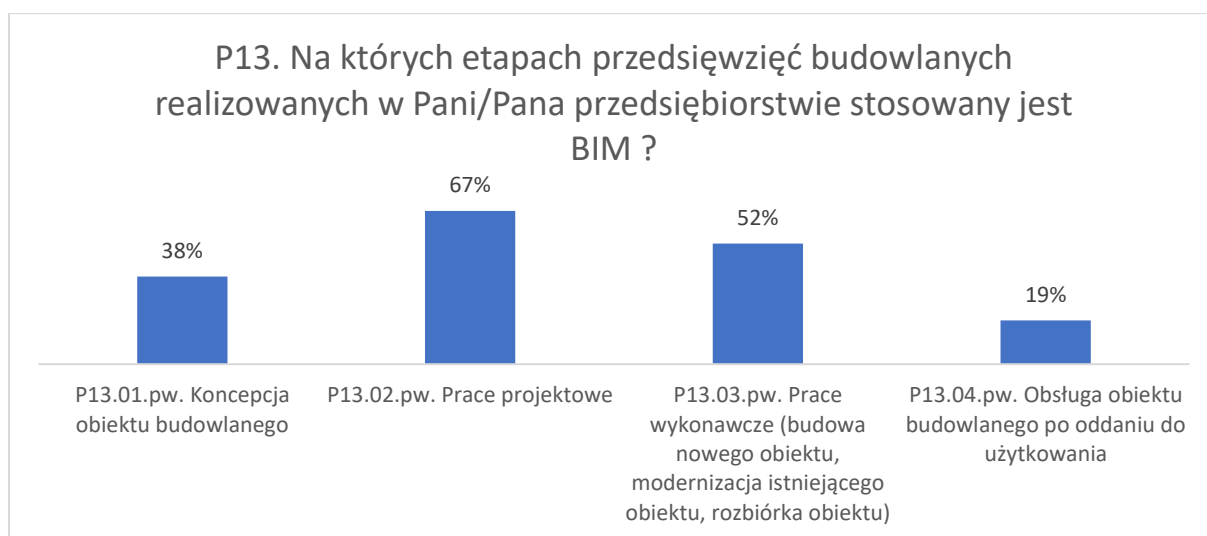


Rysunek 28 Znajomość technologii BIM (P10)

Źródło: opracowanie własne.

Wśród 21 respondentów stosujących BIM w swojej pracy średni okres stosowania wynosi ponad 5 lat. Pięciu najbardziej doświadczonych użytkowników BIM stosuje go w swojej pracy od 10 lat, a najczęściej jednak jest on stosowany przez użytkowników od 3 lat. Fakt ten wskazuje na większą popularność oraz większą dojrzałość użytkowników BIM niż stosujących Lean w swojej pracy. Niemniej technologia BIM jest również nowatorska wśród uczestników przedsięwzięć budowlanych oraz daje potencjał do dalszych badań i rozwoju. Wśród ankietowanych technologia BIM jest najczęściej stosowana do modelowania 3D, jedynie 3 respondenci stosuje ją do modelowania 4D i po jednym respondencie do modelowania 5D i 6D. Sześć wymiarów stanowi model najbardziej zaawansowany wśród respondentów ankiety. Część ze stosujących modele o trzech lub więcej wymiarach wykorzystuje je również do generowania rysunków płaskich 2D. BIM jest najczęściej stosowany przez projektantów, a rzadziej na etapie prac wykonawczych lub wykonywania koncepcji obiektu budowlanego. Najmniej popularnym zastosowaniem BIM wśród respondentów jest jego wykorzystanie do

obsługi obiektu po oddaniu do użytkowania. Niemniej jest to okres, w którym zamawiający lub użytkownicy obiektu mogliby znacznie ułatwić sobie swoją pracę korzystając z właściwie zamodelowanych obiektów posiadających liczne parametry elementów technicznych i wyposażenia. Fakt niskiej popularności tego zastosowania dla technologii BIM może być zdeterminowany przez młodość tej technologii i niską popularność jeszcze 10 lat temu. Odpowiedzi na pytanie dotyczące etapu zastosowania BIM podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych obrazuje Rysunek 29, w przypadku tego pytania respondenci mieli możliwość zaznaczenia więcej niż jednej odpowiedzi.



Rysunek 29 Etapy przedsięwzięcia na których stosowany jest BIM (P13)

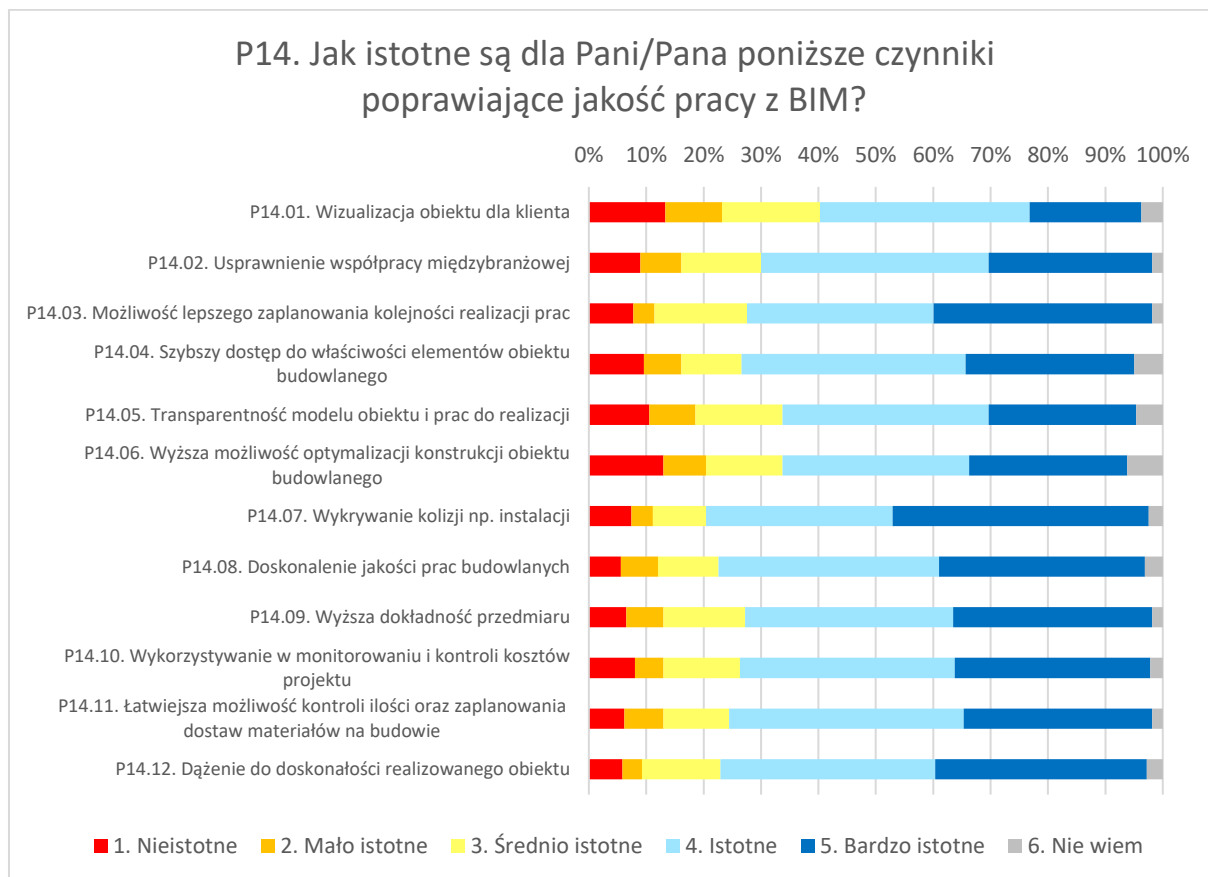
Źródło: opracowanie własne.

Ostatnie pytanie zadane ankietowanym dotyczyło istotności poszczególnych czynników poprawiających jakość pracy przy zastosowaniu technologii BIM. Trzema najistotniejszymi czynnikami dla respondentów były:

- wykrywanie kolizji np. instalacji,
- dążenie do doskonałości realizowanego obiektu,
- doskonalenie jakości prac budowlanych.

Drugi oraz trzeci czynnik są również kluczowe w obszarze Lean Construction. Zgodnie z założeniami koncepcji Lean dążenie do doskonałości stanowi jeden z jej fundamentów. Fakt ten potwierdza silne powiązania między technologią BIM, a koncepcją Lean Construction. Respondenci często wymieniali również jako istotny punkt: Możliwość lepszego zaplanowania kolejności realizacji prac. Optimalizacja planowania prac na budowie jest ulepszaniem

planowania procesów, co stanowi kluczowe zadanie w obszarze stosowania Lean w realizacji przedsięwzięć budowlanych. Graficzne zestawienie odpowiedzi stanowi Rysunek 30.



Rysunek 30 Istotność czynników poprawiających jakość pracy z BIM (P14)

Źródło: opracowanie własne.

Dalsza analiza wyników i relacji między poszczególnymi odpowiedziami respondentów stanowi treść kolejnego rozdziału, w ramach którego autor dokona również weryfikacji hipotez postawionych na wstępie do badania ilościowego.

5.5. Weryfikacja hipotez badawczych

5.5.1. Metody testowania hipotez

W celu weryfikacji hipotez badawczych i uogólnienia ich na całą badaną populację wykorzystano techniki z zakresu wnioskowania statystycznego. Wszystkie obliczenia wykonano w oprogramowaniu IBM SPSS 28, a graficzne wizualizacje zrealizowano w postaci wykresów w programie MS Excel. W zależności od charakteru zmiennych (ich skali pomiarowej i rozkładu) wykorzystano testy: niezależności χ^2 , istotności dla dwóch frakcji, Kruskalla-Wallisa, Manna-Whitneya oraz istotności współczynnika korelacji liniowej

Pearsona. Dla wszystkich analiz przyjęto poziom istotności $\alpha=0,05$. W wybranych przypadkach przeprowadzono testy post-hoc (wielokrotne porównania między wszystkimi parami wariantów zmiennej zależnej za pomocą testu Manna-Whitneya), by zidentyfikować istotnie różniące się pary wariantów. Hipotezy zostały przetestowane w kolejności zgodnej z ich numeracją. Tabele z wynikami szczegółowymi przeprowadzonych testów statystycznych stanowią załączniki niniejszej rozprawy.

Poniżej przedstawiono charakterystykę wykorzystanych testów (szczegółowe informacje metodyczne o zastosowanych testach można znaleźć m.in. w Aczel D. A., Sounderpandian J. 2021 s. 476 – 484, 913 – 922, 929 – 934, 946 – 960):

Test niezależności chi-kwadrat (χ^2)

Cel: Sprawdzenie, czy istnieje zależność między dwiema zmiennymi mierzonymi na skali nominalnej.

Założenia:

- Zmienne muszą być nominalne (jakościowe).
- Obserwacje są niezależne.
- Żadna z oczekiwanych liczebności w tabeli kontyngencji nie powinna być mniejsza niż 5 (przy dużych próbach).

Układ hipotez:

- H_0 : Zmienne są niezależne (brak zależności między zmiennymi).
- H_1 : Zmienne są zależne (istnieje zależność między zmiennymi).

Formuła dla testu niezależności chi-kwadrat (χ^2) jest następująca:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Gdzie:

O_{ij} – zaobserwowana liczba przypadków w komórce i,j ,

E_{ij} – oczekiwana liczba przypadków w komórce i,j , obliczana na podstawie marginesów tabeli.

Powyższy test został zastosowany do weryfikacji następujących hipotez: H3, H4, H5, H7, H8, H9, H10 i H11.

Test Manna-Whitneya

Cel: Test ten służy do porównywania dwóch niezależnych grup, gdy dane mają charakter porządkowy lub nie spełniają założenia o normalności rozkładu.

Założenia:

- Dane są mierzone na skali porządkowej lub ilościowej.
- Obserwacje w grupach są niezależne.
- Rozkłady w obu grupach mają ten sam kształt (równoliczne odchylenia).

Układ hipotez:

- H_0 : Rozkłady w obu grupach są takie same (brak różnic między grupami).
- H_1 : Rozkłady w obu grupach różnią się.

Formuła testu Manna-Whitneya jest następująca:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

Gdzie:

n_1 i n_2 – licznosci w obu grupach,

R_1 – suma rang dla grupy pierwszej.

Zakres zastosowywania w rozprawie doktorskiej do testu hipotez: H1.

Test Kruskala-Wallisa

Cel: Test Kruskala-Wallisa jest używany do porównywania więcej niż dwóch niezależnych grup pod względem zmiennych porządkowych lub ilościowych, gdy nie spełnione są założenia normalności rozkładu.

Założenia:

- Dane są mierzone na skali porządkowej lub ilościowej.
- Obserwacje w grupach są niezależne.
- Rozkłady w każdej z grup są podobne kształtem.

Układ hipotez:

- H_0 : Rozkłady we wszystkich grupach są takie same (brak różnic między grupami).
- H_1 : Rozkłady w co najmniej jednej grupie różnią się.

Formuła testu Kruskala-Wallisa jest następująca:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} * \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Gdzie:

R_i – suma rang w grupie i ,

n_i – liczebność w grupie i ,

N – łączna liczba obserwacji.

Zakres zastosowywania w rozprawie doktorskiej do testu hipotez: H_2 , H_6 .

Test istotności dla dwóch frakcji

Cel: Test ten służy do porównywania proporcji (frakcji) w dwóch grupach.

Założenia:

- Obserwacje są niezależne.
- Zmienne mają charakter binarny (np. sukces/porażka).

Układ hipotez:

- H_0 : Proporcje w dwóch grupach są takie same.
- H_1 : Proporcje w dwóch grupach są różne.

Formuła testu istotności dla dwóch frakcji jest następująca:

$$Z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Gdzie:

p_1 i p_2 – proporcje w dwóch grupach,

p – średnia proporcja w całej próbie,

$$p = \frac{p_1 n_1 + p_2 n_2}{n_1 + n_2}$$

n_1 i n_2 – liczebności w dwóch grupach.

Powyższy test został zastosowany do weryfikacji następujących hipotez: H3, H4, H5, H7, H8, H9, H10 i H11.

5.5.2. Wykorzystanie LC i BIM a optymalizacja procesów biznesowych (H1)

Na potrzeby weryfikacji hipotezy H1: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w Polsce może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów, stworzono tabele kontyngencji wariantów odpowiedzi z pytania P5 z P7 i P9 oraz pytania P10 z P7 i P9, wyniki testów zawarte w Załącznik 2 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H1. Pytania P5 i P10 dotyczą znajomości Lean Construction oraz BIM wśród ankietowanych, a P7 i P9 istotności poszczególnych zagadnień mających wpływ na realizację przedsięwzięć budowlanych oraz narzędzi stosowanych podczas realizacji kontraktów. W celu ułatwienia interpretacji graficznej dalszych rysunków autor przytoczy poniżej w Tabeli 6 oraz Tabeli 7 odpowiednio rozkład odpowiedzi na pytanie P5 i P10.

Tabela 6 Rozkład odpowiedzi na pytanie P5 Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?

Odpowiedź	%
Tak, używamy lub używaliśmy	1%
Tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	28%
Tak, ale nie zamierzamy używać	15%
Nie, nie znamy	54%

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7 Rozkład odpowiedzi na pytanie P10. Czy znana jest w przedsiębiorstwie technologia BIM (Building Information Modeling – wielowymiarowa wizualizacja obiektu budowlanego)?

Odpowiedź	%
Tak, używamy lub używaliśmy	7%
Tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	35%
Tak, ale nie zamierzamy używać	23%
Nie, nie znamy	36%

Źródło: opracowanie własne

Do sprawdzenia zależności między odpowiedziami na pytania P5 a P7 i P9 połączono odpowiedzi 1 i 2 oraz 3 i 4 z pytania P5 i przeprowadzono test Manna-Whitneya z uwagi na

nominalny charakter zmiennej P5 i porządkowy charakter pozostałych zmiennych. W rezultacie odrzucono hipotezę zerową (H_0) mówiącą o braku różnicowania rozkładów zmiennych P7 i P9 w ujęciu wariantów P5 w 16 z 37 przypadków. Podobny zabieg zastosowano analizując korelacje w teście P10 z P7 i P9. Połączono odpowiedzi 1 i 2 oraz 3 i 4 z pytania P10 i przeprowadzono również test Manna-Whitneya. W rezultacie odrzucono hipotezę zerową również w 8 z 37 przypadków. W ocenie autora ta forma grupowania odpowiedzi daje wyniki obrazujące wpływ stosowania Lean Construction oraz BIM w działalności zawodowej respondentów. W dalszej części rozprawy doktorskiej zamieszczono wycinki tabel przedstawiające warianty, w których należy odrzucić hipotezę zerową przy założeniu spełnienia poziomu istotności mniejszego niż $\alpha=0,05$.

Tabela 8 Wybrane wyniki testów Manna - Whitneya dla P5 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9

	Hipoteza zerowa	P-wartość
8	Rozkład P7.08. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.007
11	Rozkład P7.11. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.002
12	Rozkład P7.12. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.002
13	Rozkład P7.13. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.040
14	Rozkład P7.14. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.046
16	Rozkład P7.16. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.018
20	Rozkład P7.20. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.020
21	Rozkład P9.01. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	<0.001
22	Rozkład P9.02. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.011
23	Rozkład P9.03. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	<0.001
25	Rozkład P9.05. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.038
28	Rozkład P9.08. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.048
29	Rozkład P9.09. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	<0.001
30	Rozkład P9.10. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.036
31	Rozkład P9.11. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.012
32	Rozkład P9.12. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.011
33	Rozkład P9.13. jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	0.002

Źródło: opracowanie własne.

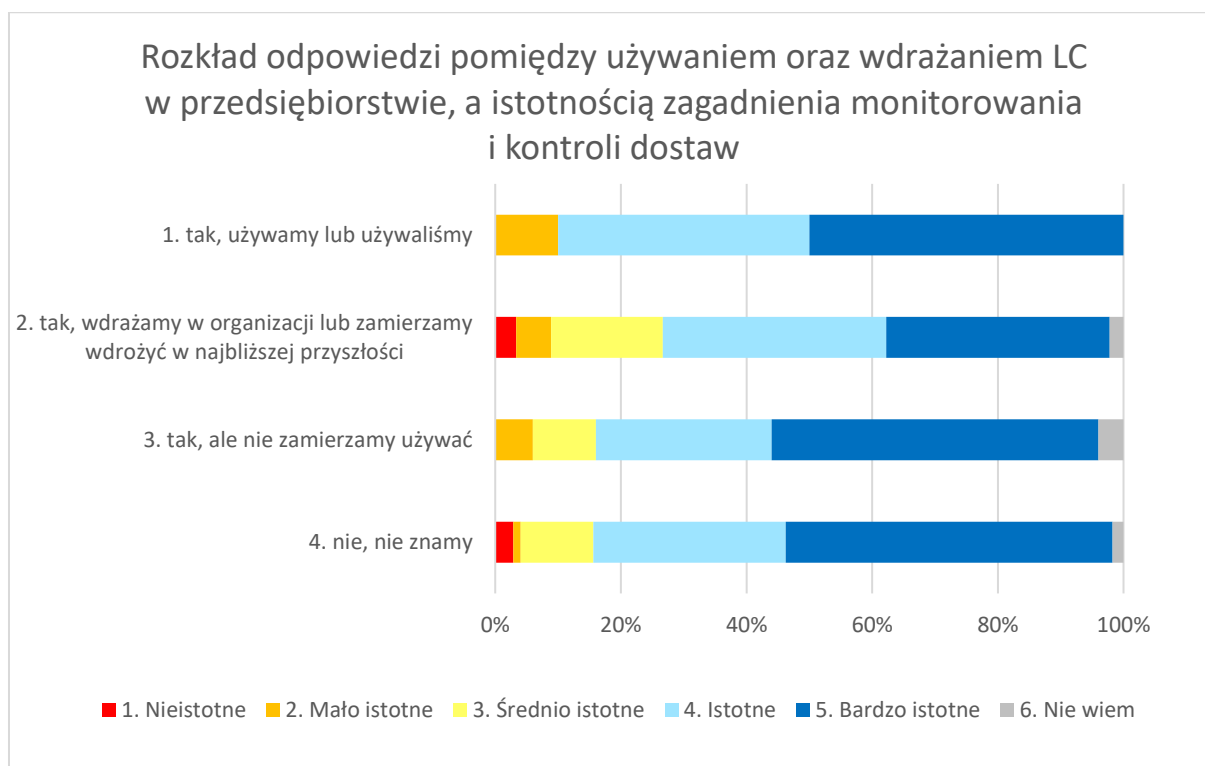
Tabela 9 Wybrane wyniki testów Manna - Whitneya dla P10 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9

	Hipoteza zerowa	P- wartość
14	Rozkład P7.14. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.015
15	Rozkład P7.15. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.001
21	Rozkład P9.01. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.001
23	Rozkład P9.03. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.001

28	Rozkład P9.08. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.000
29	Rozkład P9.09. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.000
31	Rozkład P9.11. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.001
32	Rozkład P9.12. jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	0.005

Źródło: opracowanie własne.

Rozkład odpowiedzi w próbie badawczej przy analizie zależności pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem Lean Construction w przedsiębiorstwie, a istotnością zagadnienia monitorowania i kontroli dostaw obrazuje poniższy Rysunek 31. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



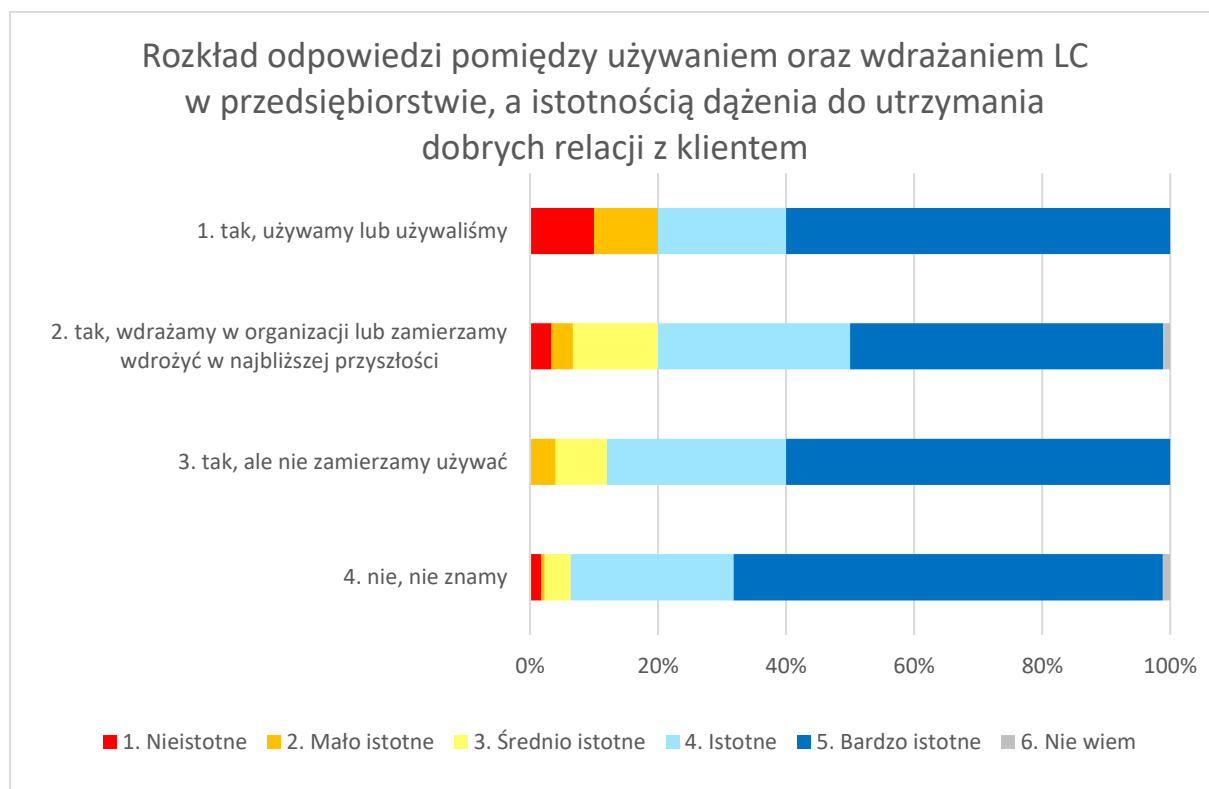
Rysunek 31 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością zagadnienia monitorowania i kontroli dostaw (oś pozioma P7.08)

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku analizy można zaobserwować, że zagadnienie monitorowania i kontroli dostaw jest bardzo istotne dla znacznej większości respondentów bez względu na stosowanie przez nich Lean Construction.

Do podobnego wniosku można dojść na podstawie analizy wyników zależności w obszarze dążenia do utrzymania dobrych relacji z klientem. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 32. Również tutaj badane zagadnienie jest bardzo istotne dla respondentów.

W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 32 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do utrzymania dobrych relacji z klientem (oś pozioma P7.11)

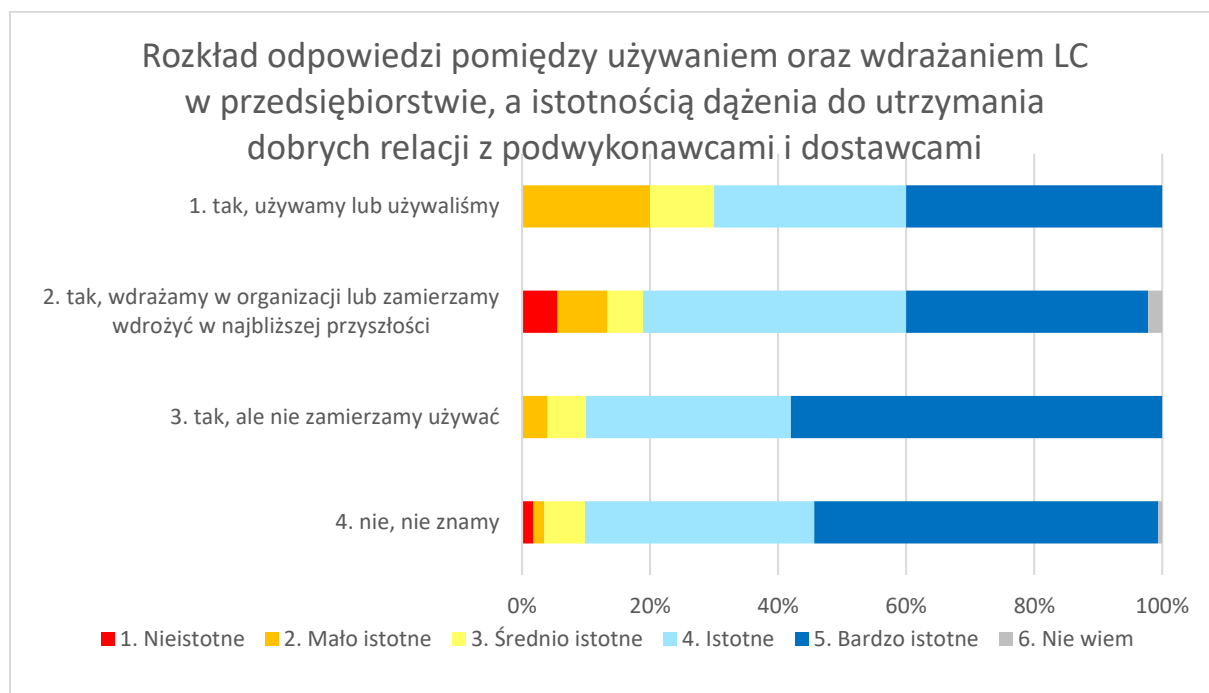
Źródło: opracowanie własne.

Analizując zagadnienie dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami można zauważyć, że czynnik ten jest istotny oraz bardzo istotny dla wszystkich respondentów, bez względu na poziom znajomości Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 33. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Do podobnych wniosków można dojść analizując zagadnienie związane z dotrzymywaniem terminów oraz realizacji kamieni milowych. Jest to bardzo istotne dla zdecydowanej większości respondentów. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 34. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

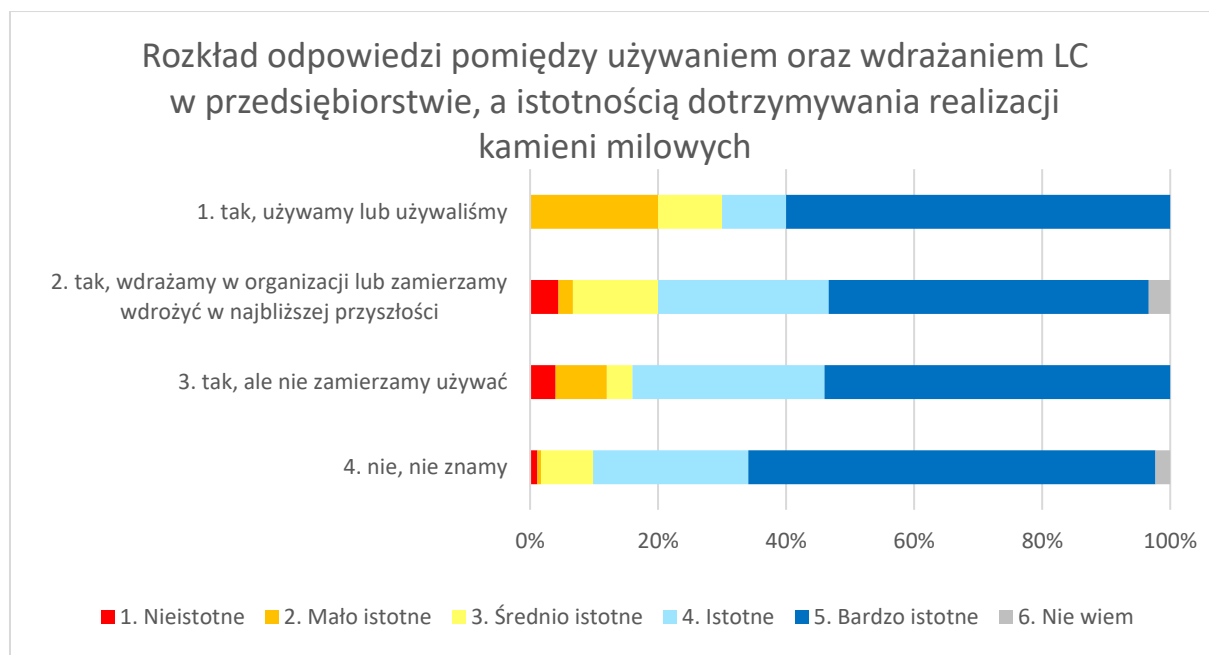
Zagadnienie występowania z roszczeniami do klienta przez wykonawcę nie jest tak bardzo istotne dla respondentów jak poprzednio analizowane aspekty, lecz nadal można zauważyć w odpowiedziach tendencję, że jest to istotny aspekt związany z realizacją kontraktu. Rozkład

odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 35. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



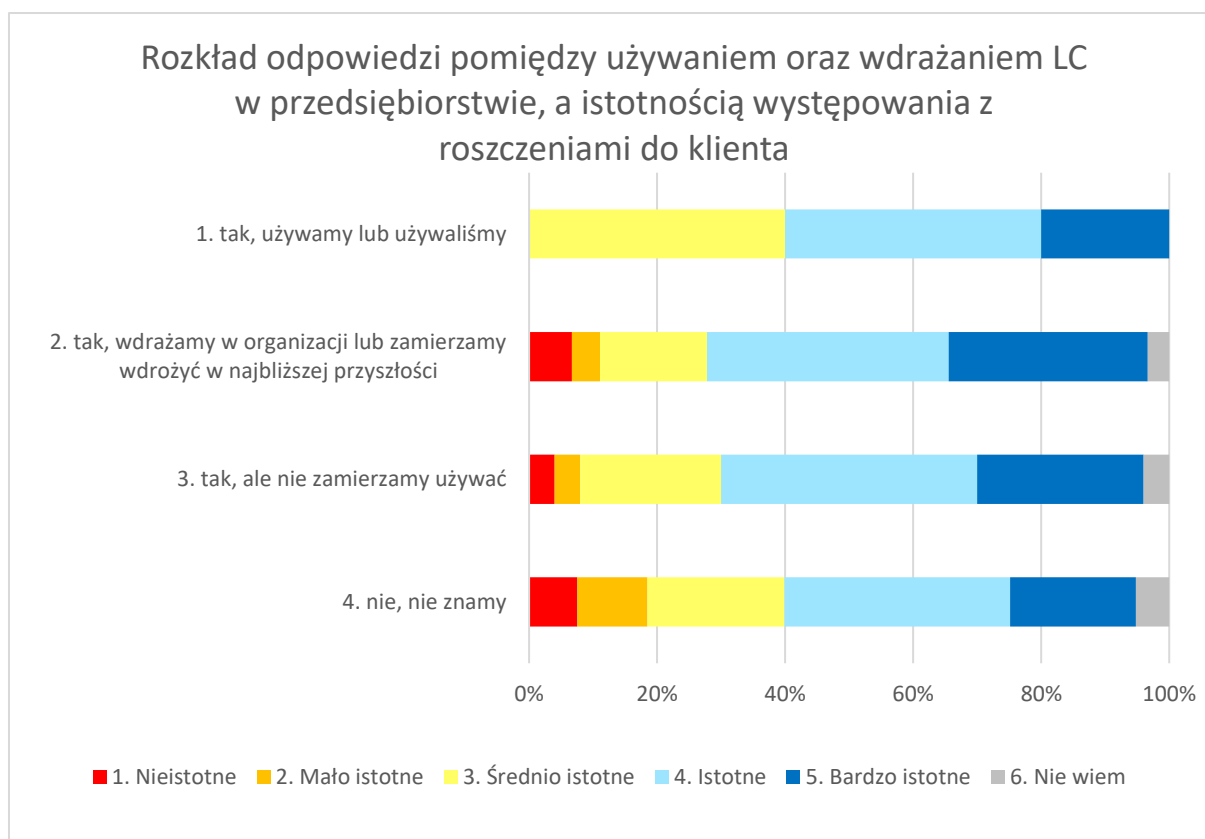
Rysunek 33 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do utrzymania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami (oś pozioma P7.12)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 34 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dotrzymywania realizacji kamieni milowych (oś pozioma P7.13)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 35 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością występowania z roszczeniami do klienta (oś pozioma P7.14)

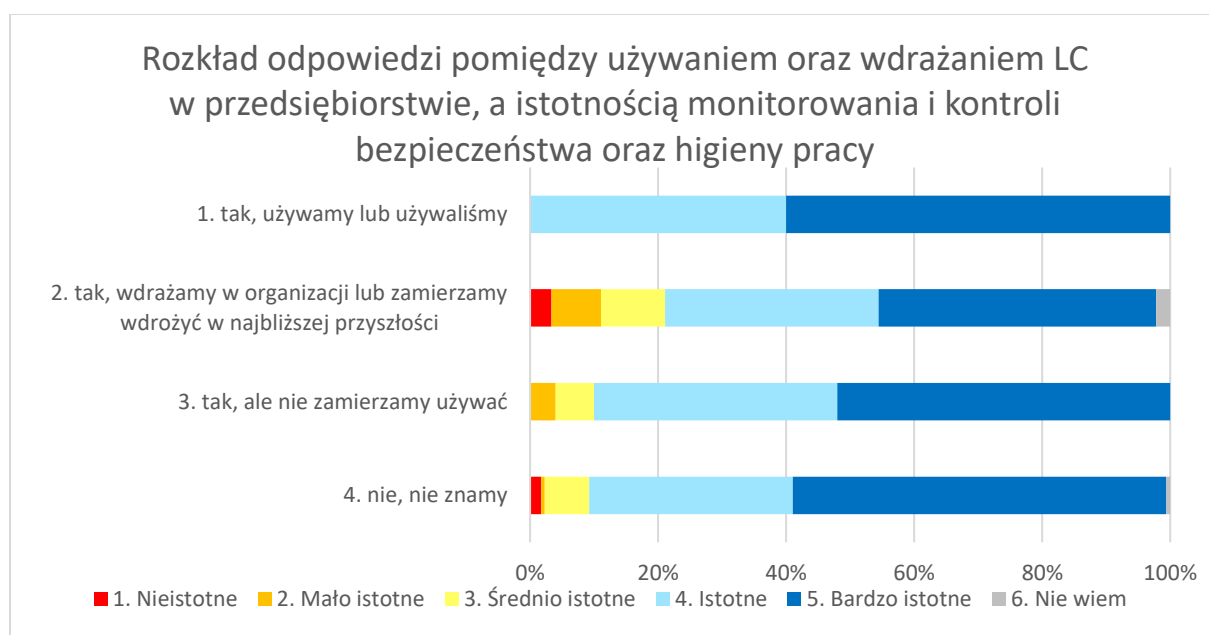
Źródło: opracowanie własne.

Dla znacznej większości respondentów zagadnienie BHP jest bardzo istotne. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 36. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Zagadnienie dążenia do poprawienia wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności bez zwiększania nakładów jest czynnikiem istotnym i bardzo istotnym zarówno dla respondentów znających i wykorzystujących z Lean Construction w swojej pracy, jak i tych którym ta koncepcja jest obca. To potwierdza przypuszczenia autora, że wielu przedstawicieli branży budowlanej w swojej codziennej pracy stosuje poszczególne założenia i narzędzia Lean, bez znajomości ogólnej Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 37. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

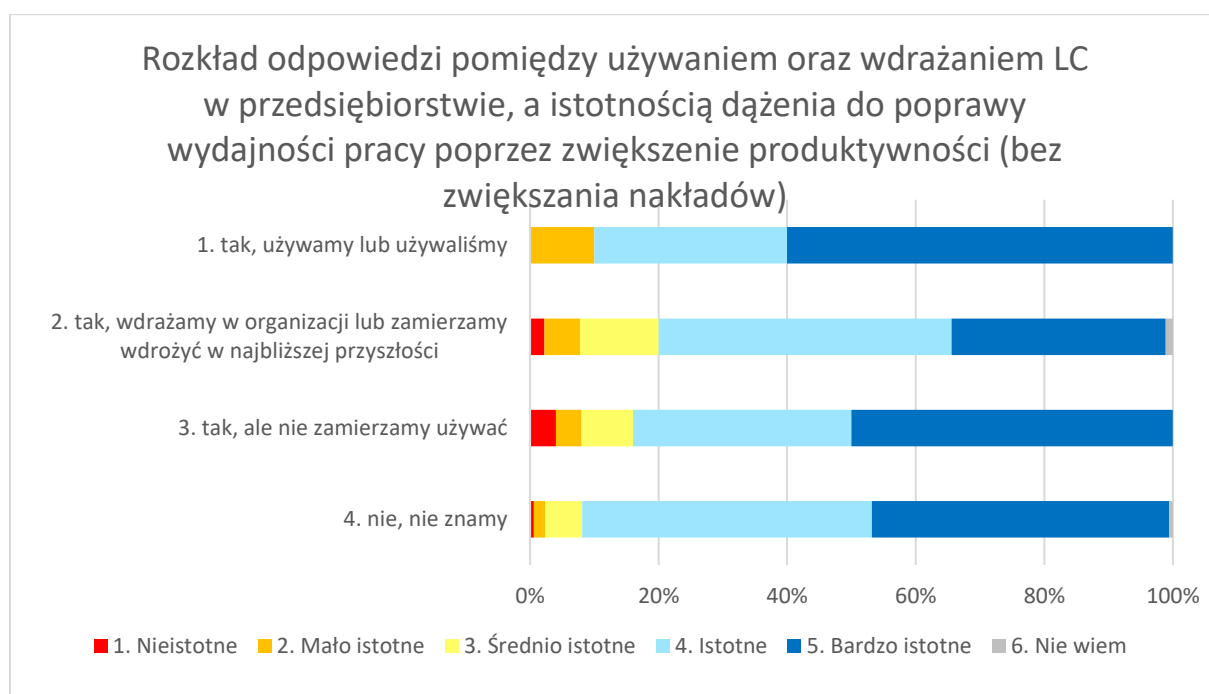
W dalszej części testu hipotezy H1 autor analizuje częstotliwość stosowania poszczególnych technik i narzędzi zarządzania. W pierwszej kolejności w teście odrzucono hipotezę zerową badając zagadnienie popularności realizacji codziennych spotkań zespołu. W przypadku osób znających i stosujących Lean Construction występują one zdecydowanie częściej niż

w przypadku osób nie znających Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie tego pytania obrazuje Rysunek 38. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



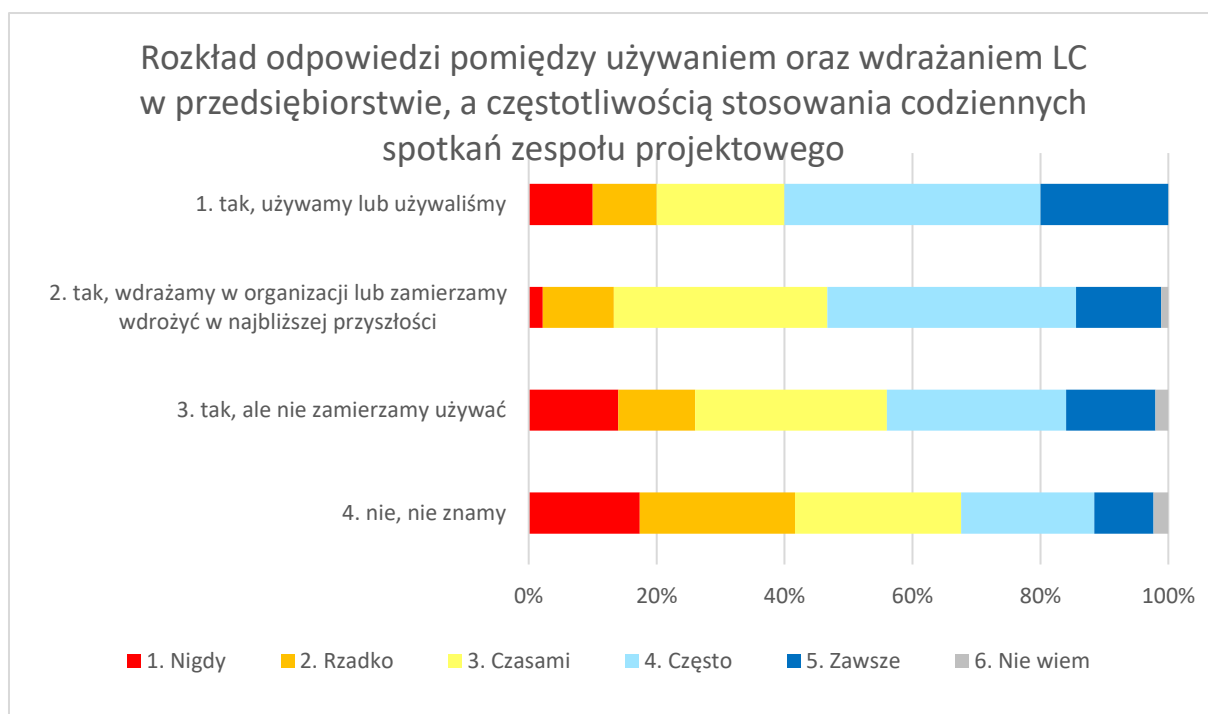
Rysunek 36 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością monitorowania i kontroli bezpieczeństwa oraz higieny pracy (oś pozioma P7.16)

Źródło: opracowanie własne.



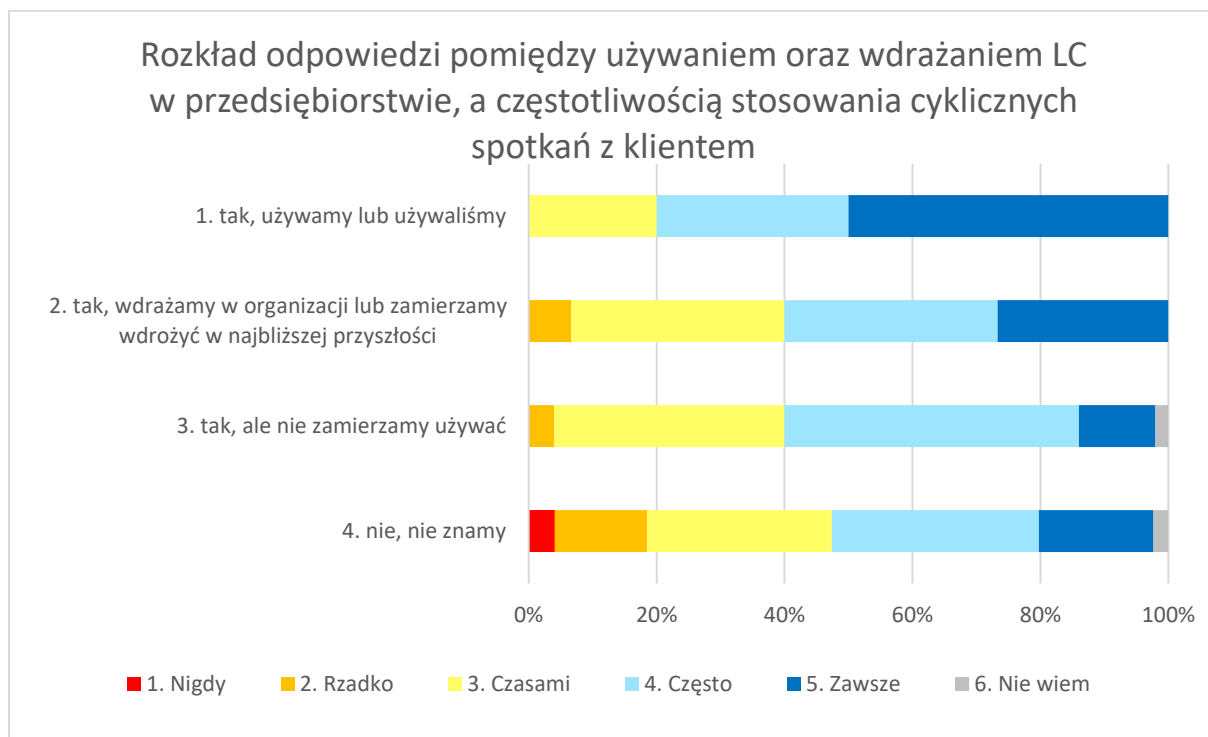
Rysunek 37 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do poprawy wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów) (oś pozioma P7.20)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 38 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania codziennych spotkań zespołu projektowego (oś pozioma P9.01)

Źródło: opracowanie własne.

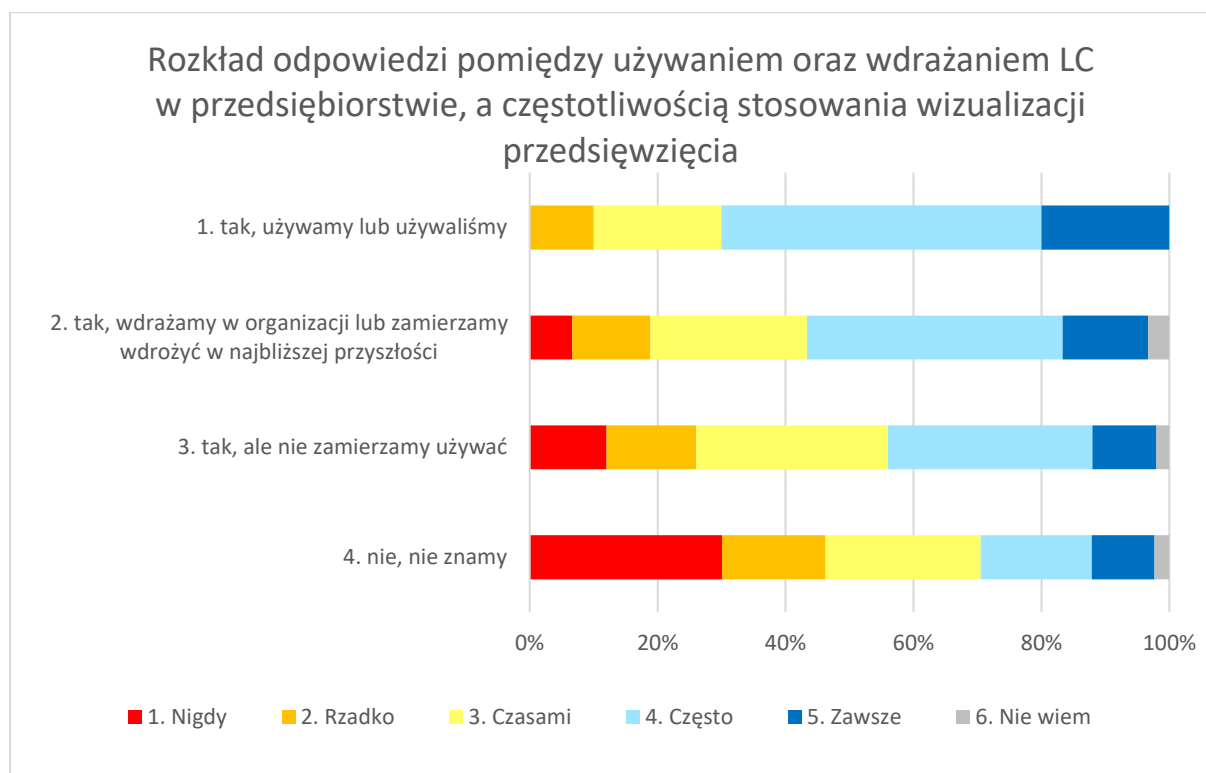


Rysunek 39 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania cyklicznych spotkań z klientem (oś pozioma P9.02)

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym punktem, który należy przeanalizować przy pomocy testu Manna-Whitney’a jest technika cyklicznych spotkań z klientem. W przypadku osób znających Lean Construction występują one częściej niż, wśród osób nie znających i nie stosujących zasad Lean Construction w swojej pracy. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 39. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Technika wizualizacji przedsięwzięcia ma znacznie różną popularność w zależności od znajomości Lean Construction. Wśród osób wskazujących na znajomość tego zagadnienia wykazuje ona znacznie większą popularność, niż wśród osób nie znających Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 40. Warto zauważyć, że respondenci, którzy wskazali że nie zamierzają wykorzystywać Lean Construction w swojej pracy stosują tą technikę, a jest ona również jedną z podstawowych narzędzi Lean. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

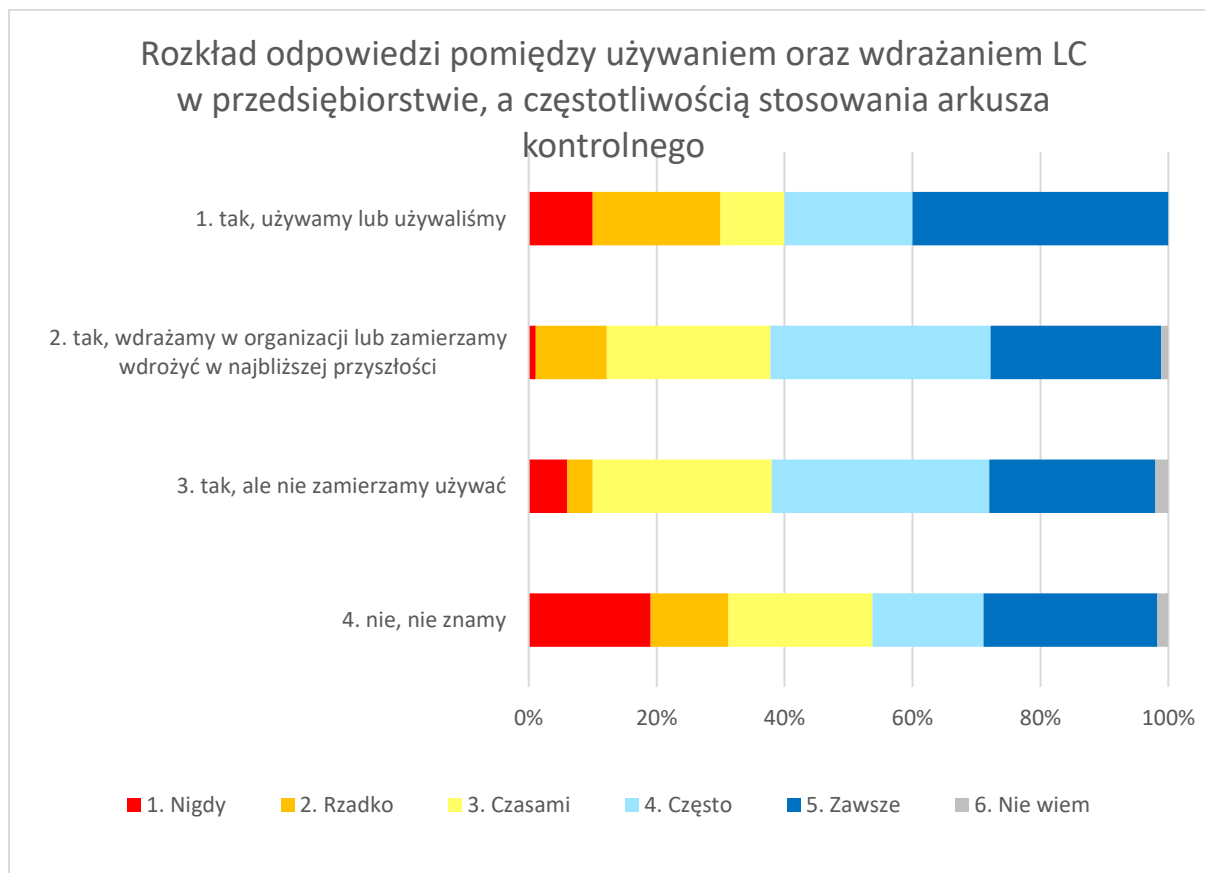


Rysunek 40 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03)

Źródło: opracowanie własne.

Narzędzie w postaci arkusza kontrolnego jest szeroko stosowane wśród respondentów wykazujących się znajomością Lean Construction. Narzędzie to ma również wysoką częstość stosowania wśród respondentów nie wykazujących się znajomością Lean Construction.

Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 41. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

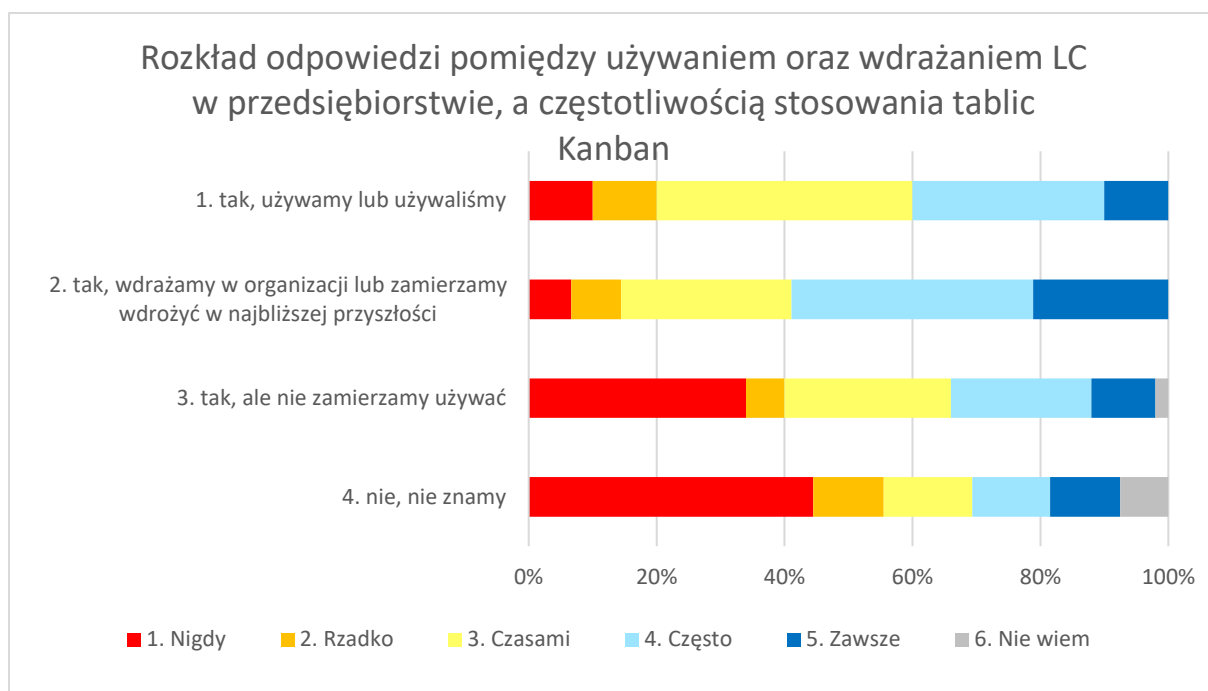


Rysunek 41 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania arkusza kontrolnego (oś pozioma P9.08)

Źródło: opracowanie własne.

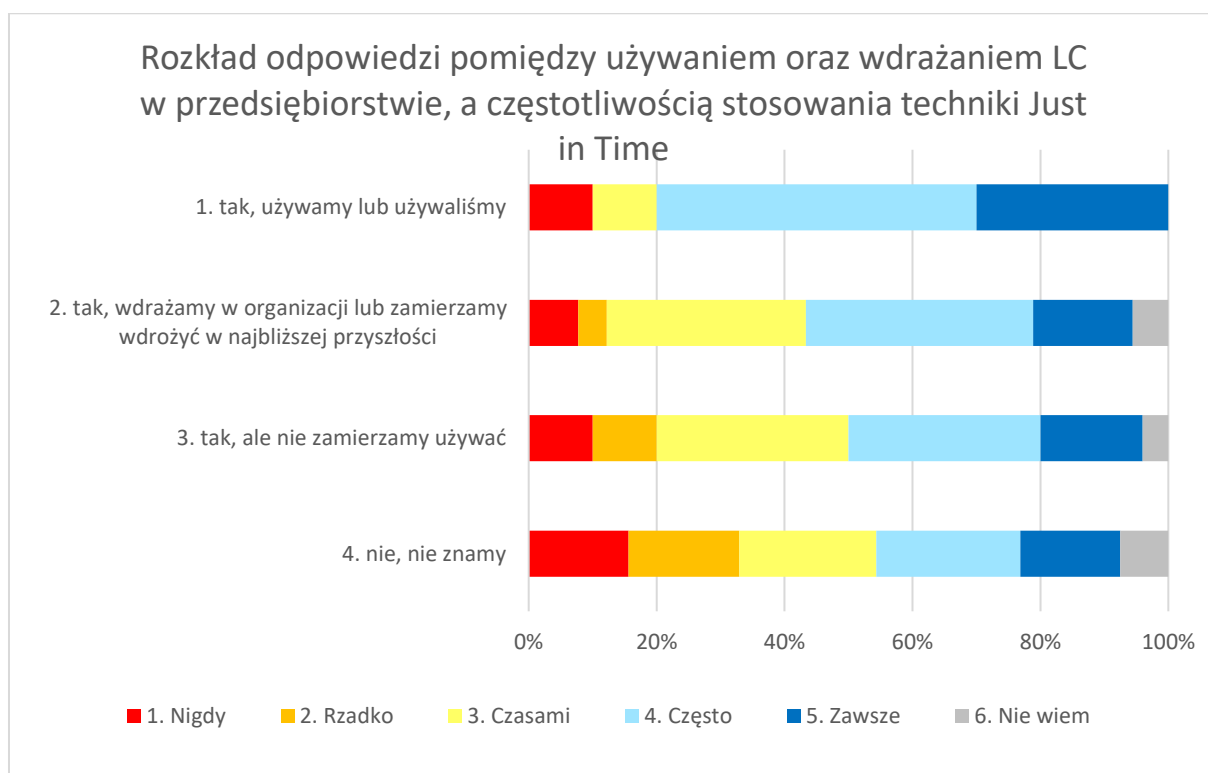
Stosowanie tablic Kanban jest bardziej popularne wśród respondentów korzystających i wdrażających Lean Construction w swojej pracy. Technika ta jest mało znana wśród respondentów nie znających Lean Construction. Wynik ten nie dziwi autora, ponieważ narzędzie to jest narzędziem typowo leanowym i nie jest regularnie stosowane w innych metodologiach zarządzania. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 42. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Kolejną techniką typową dla Lean jest Just in Time. Osoby znające Lean Construction stosują ją w swojej pracy zdecydowanie częściej niż ci, którzy nie znają Lean Construction. W ich przypadku rozkład odpowiedzi jest zdecydowanie bardziej rozdrobniony. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 43. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 42 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania tablic Kanban (oś pozioma P9.09)

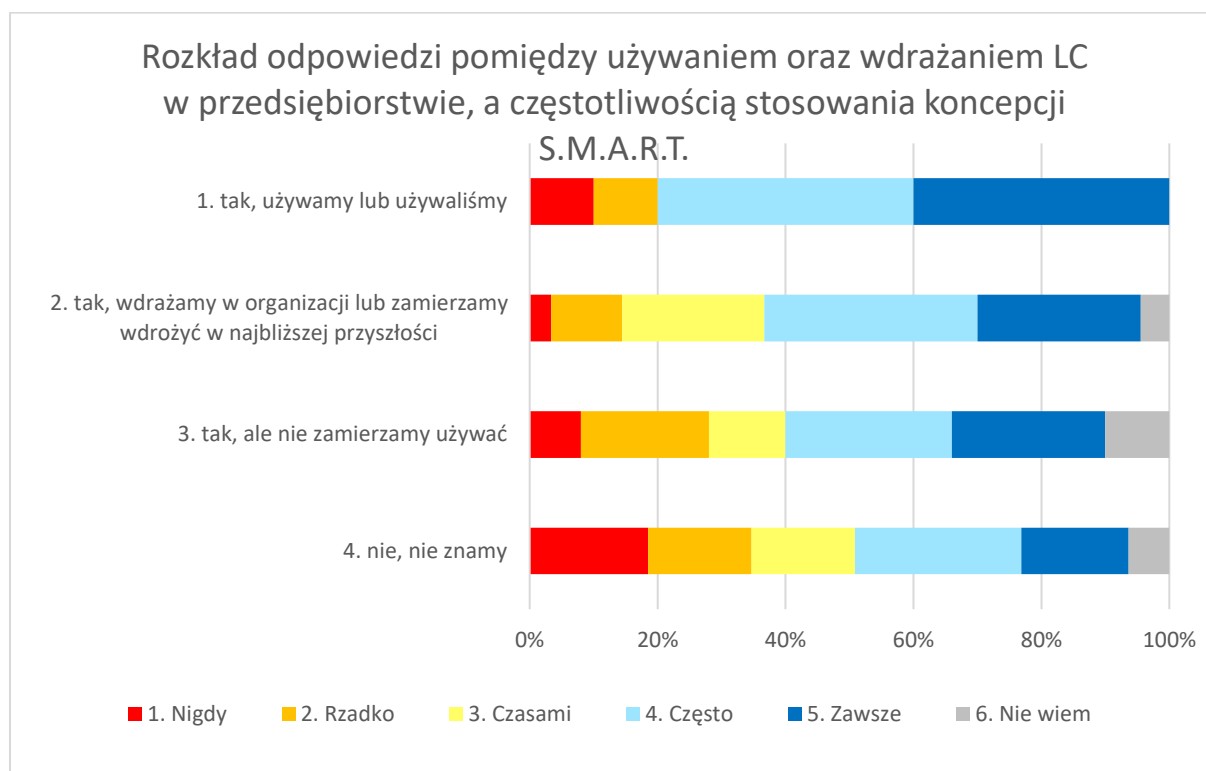
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 43 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki Just in Time (oś pozioma P9.10)

Źródło: opracowanie własne.

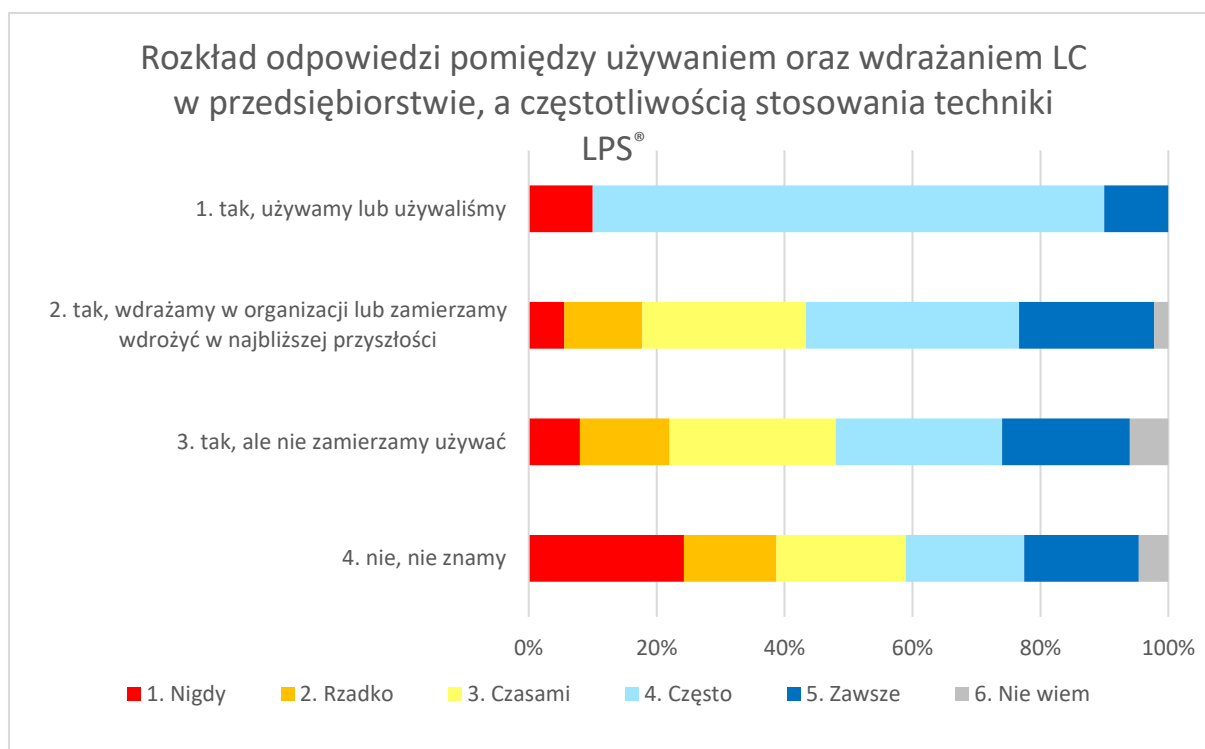
Koncepcja S.M.A.R.T., która jest narzędziem bardziej powszechnym wśród innych metodologii zarządzania jest często stosowana przez osoby wykazujące się znajomością Lean Construction, a niejednorodnie prezentuje się częstość jej stosowania wśród osób nie wykazujących się znajomością Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 44. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 44 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11)

Źródło: opracowanie własne.

Technika Last Planner System® będąca jedną z podstawowych narzędzi Lean Construction jest często stosowana wśród osób wykazujących się znajomością Lean Construction, a znacznie rzadziej przez respondentów, którzy wskazali, że nie znają Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 45. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

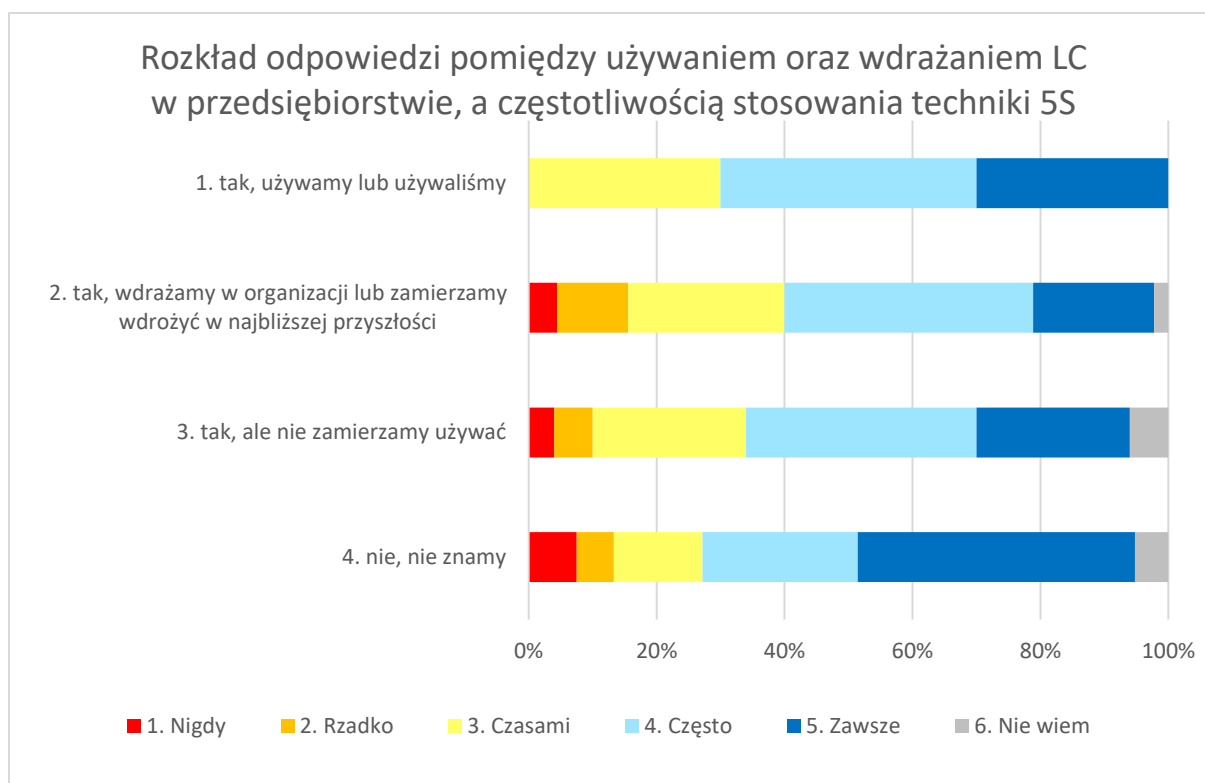


Rysunek 45 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki LPS® (oś pozioma P9.12)

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo ciekawie prezentuje się wynik badania dotyczącego częstości stosowania techniki 5S, która jest bardzo typowa dla metodologii Lean. Wszyscy respondenci wskazali bardzo wysoką częstotliwość jej stosowania, a wielu respondentów nie wykazujących się znajomością Lean Construction stosuje ją zawsze w swojej pracy. Fakt takiego rozkładu odpowiedzi z całą pewnością determinuje zawarcie w treści pytania informacji na czym polega technika 5S. Tu również zauważamy, że wielu respondentów nie wykazujących się znajomością Lean Construction w swojej pracy wykorzystuje techniki bardzo zbliżone do narzędzi Lean. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje wykres Rysunek 46. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

W dalszej części analizy na potrzeby sprawdzenia hipotezy H1 autor przeanalizuje w analogiczny sposób wyniki testów sprawdzających zależność między częstotliwością stosowania technologii BIM przez respondentów, a istotnością poszczególnych czynników i częstością stosowania narzędzi podobnie jak w przypadku analizy powiązań z metodologią Lean Construction. W tym przypadku na potrzeby wykonania testu Manna – Whitney’a pogrupowano odpowiedzi na pytanie P10 łącząc osoby korzystające i wdrażające BIM w przedsiębiorstwie oraz nie zamierzające używać i nie znające.



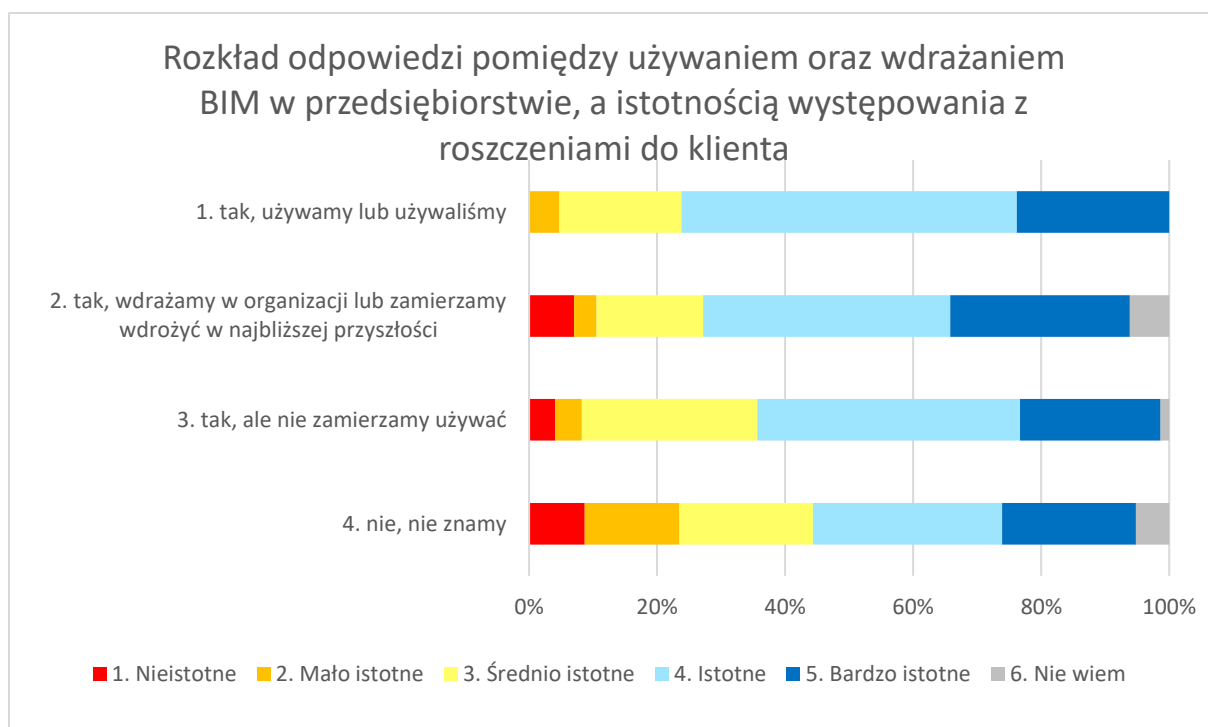
Rysunek 46 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki 5S (oś pozioma P9.13)

Źródło: opracowanie własne.

Analizując istotność badanych zagadnień, pierwszym w którym należy odrzucić hipotezę zerową jest zagadnienie dotyczące występowania z roszczeniami do klienta. W tym przypadku dla znacznej większości respondentów, bez względu na częstość stosowania technologii BIM, jest istotne. Rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 47. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

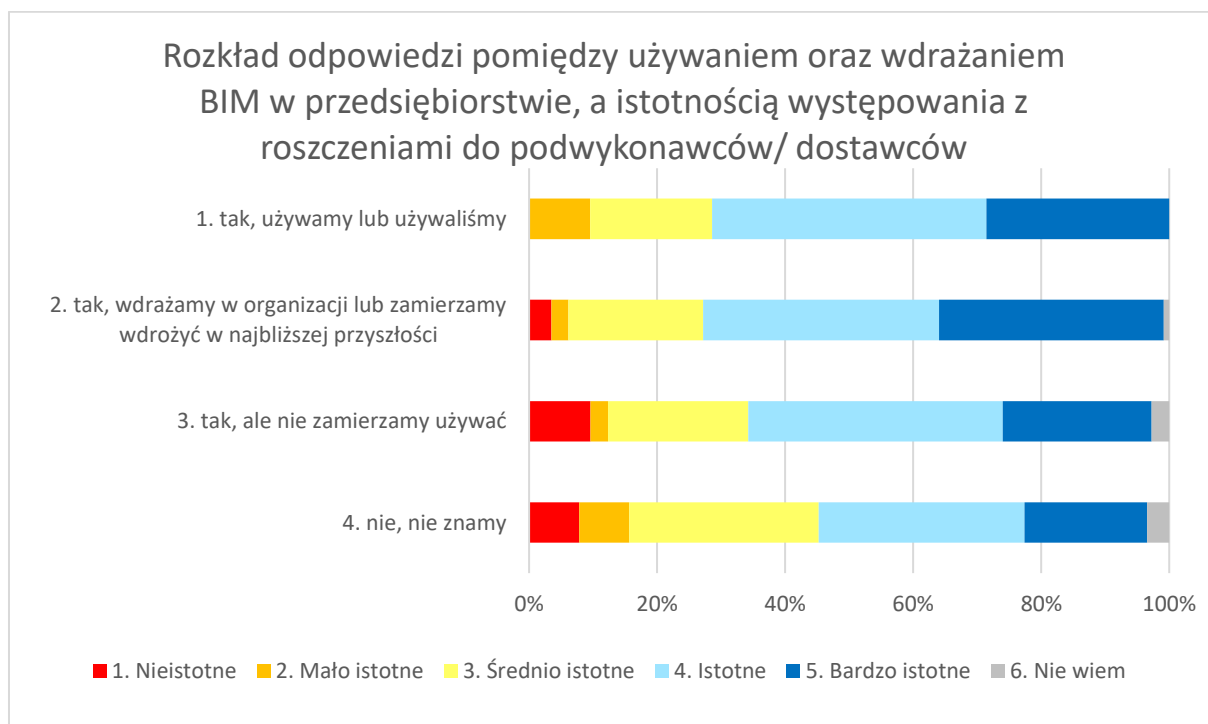
Również tematyka występowania z roszczeniami do podwykonawców wymaga dalszej analizy. W tym przypadku - także dla większości respondentów - zagadnienie to należy do grupy zagadnień istotnych, a rozkład odpowiedzi w próbie prezentuje Rysunek 48. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Techniką zarządzania analizowaną ze względu na częstość stosowania, w przypadku której zgodnie z wynikiem testu należy odrzucić hipotezę zerową są codzienne spotkania zespołu projektowego. W przypadku osób wskazujących na korzystanie z BIM występuje ona często, a w przypadku osób nie korzystających z BIM rzadko. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 49. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



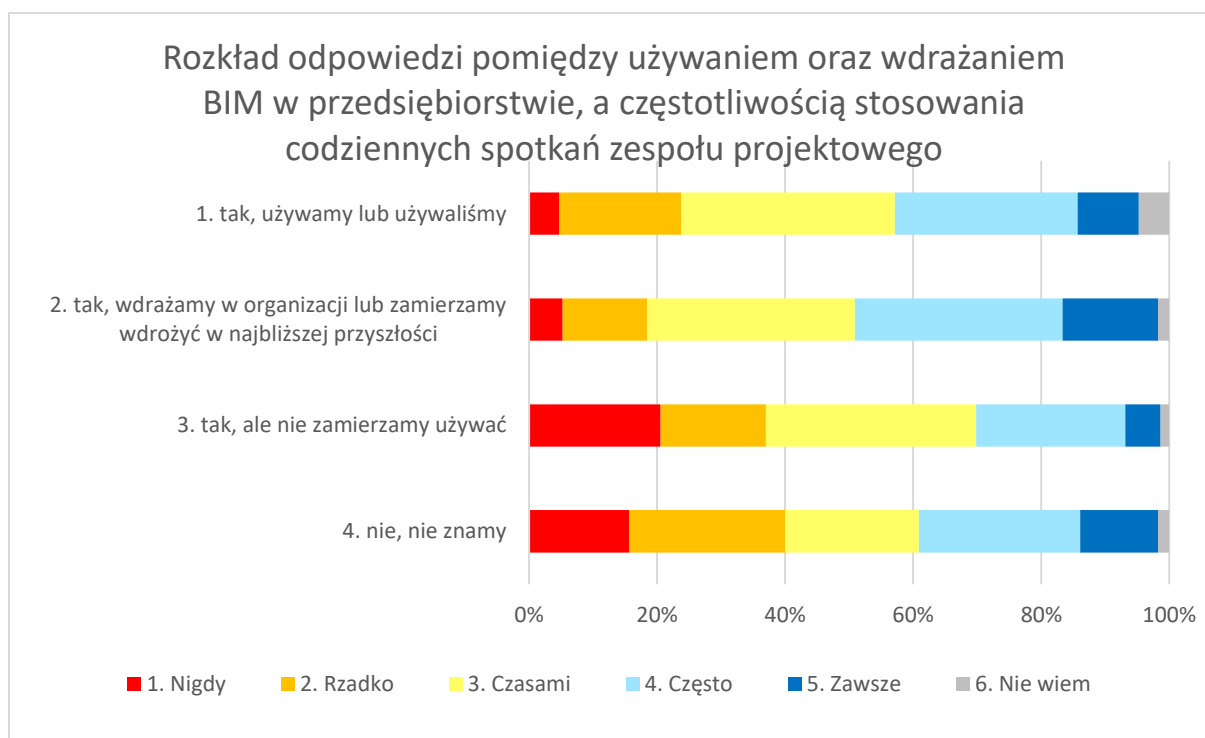
Rysunek 47 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a istotnością występowania z roszczeniami do klienta (oś pozioma P7.14)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 48 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a istotnością występowania z roszczeniami do podwykonawców/ dostawców (oś pozioma P7.15)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 49 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania codziennych spotkań zespołu projektowego (oś pozioma P9.01)

Źródło: opracowanie własne.

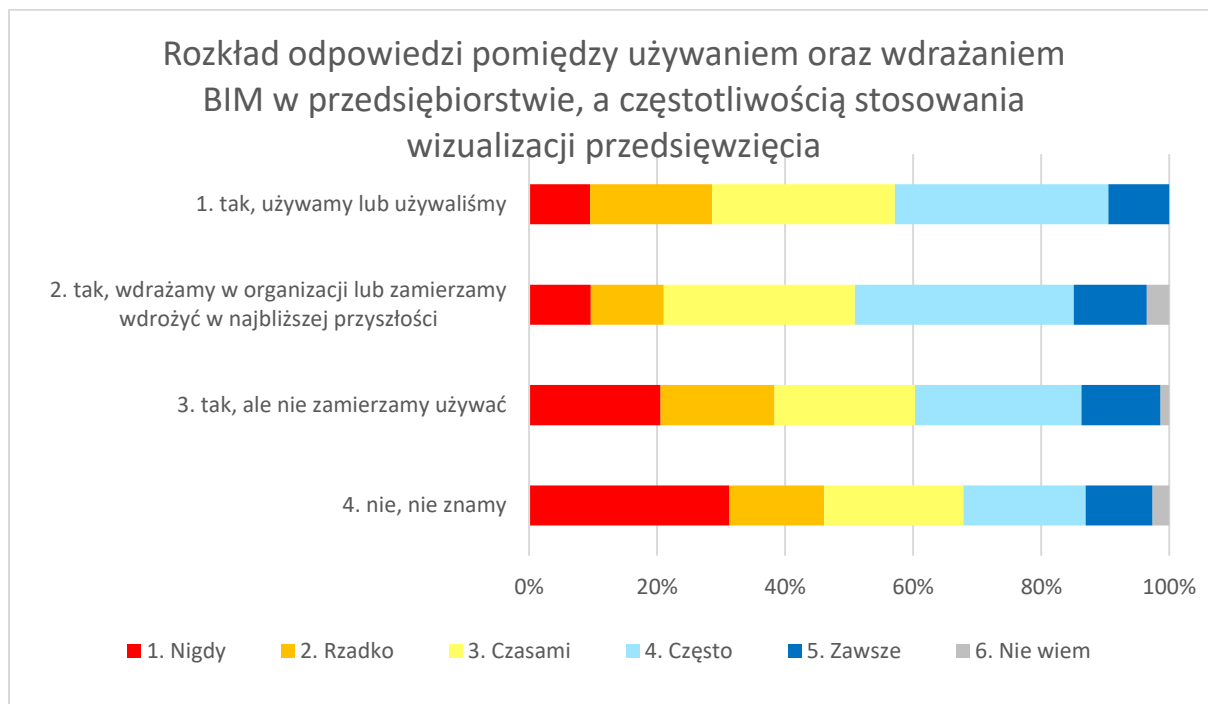
Osoby stosujące technologię BIM w swojej codziennej pracy oraz ją wdrażające zdecydowanie częściej korzystają z narzędzia jakim jest wizualizacja przedsięwzięcia w porównaniu do osób nie korzystających z BIM. Fakt ten nie dziwi, ponieważ model BIM jest świetnym narzędziem do wizualizacji obiektu. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 50. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Stosowanie arkusza kontrolnego zdecydowanie częściej występuje wśród osób korzystających oraz wdrażających BIM, niż wśród osób go nie znających. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 51. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

Również osoby stosujące i wdrażające BIM częściej niż osoby nie stosujące BIMu w pracy korzystają z typowo leanowego narzędzia, jakim jest Kanban. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 52. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

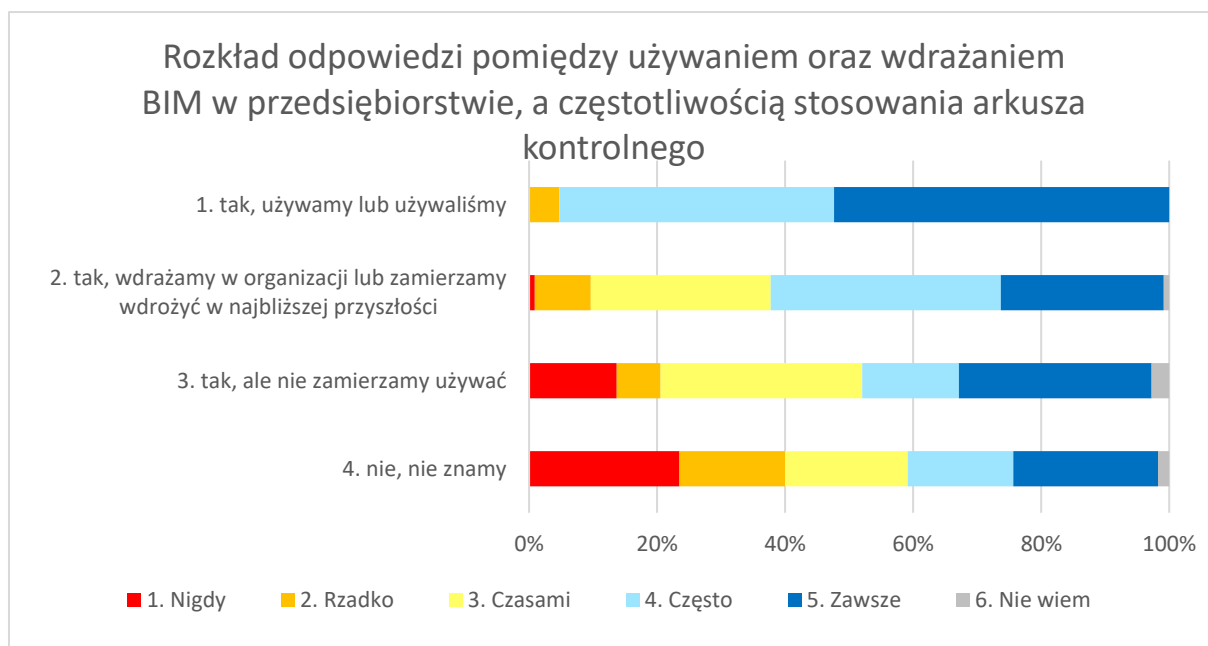
Koncepcja S.M.A.R.T. jest zdecydowanie częściej wykorzystywana wraz z zastosowaniem BIM, szczególnie często stosują ją osoby, które są na etapie wdrażania BIM w swojej pracy.

Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 53. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



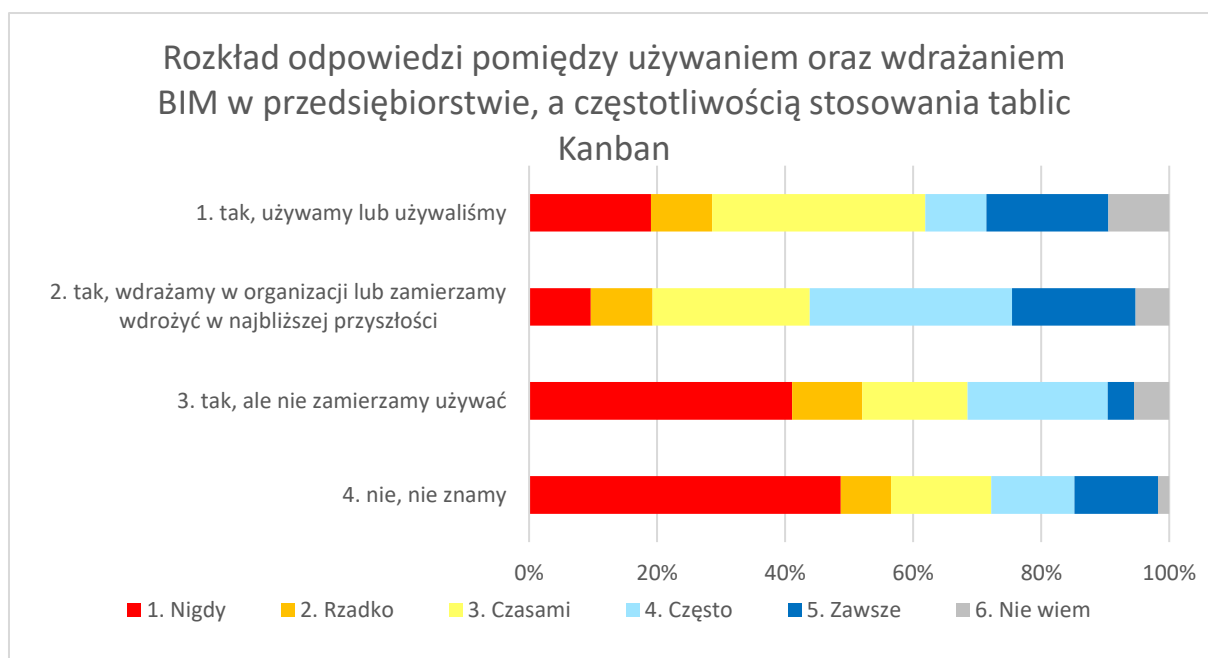
Rysunek 50 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03)

Źródło: opracowanie własne.



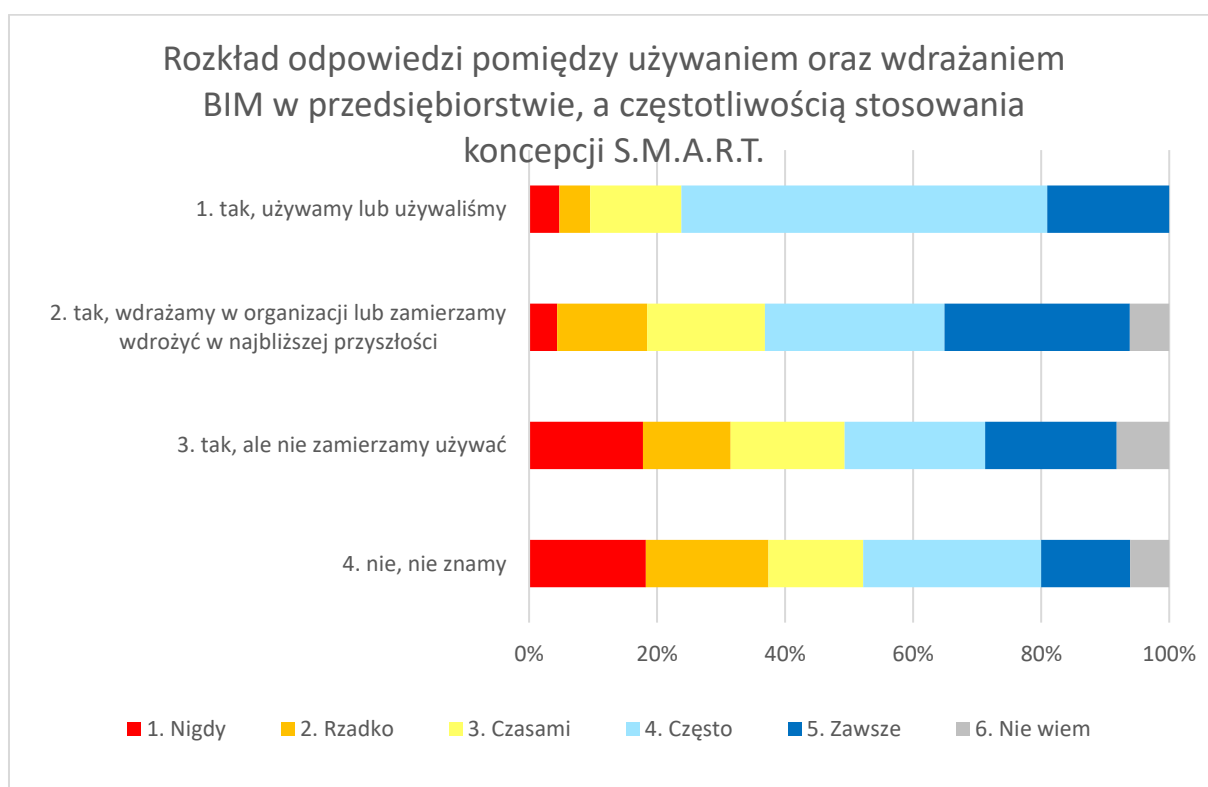
Rysunek 51 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania arkusza kontrolnego (oś pozioma P9.08)

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 52 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania tablic Kanban (oś pozioma (P9.09))

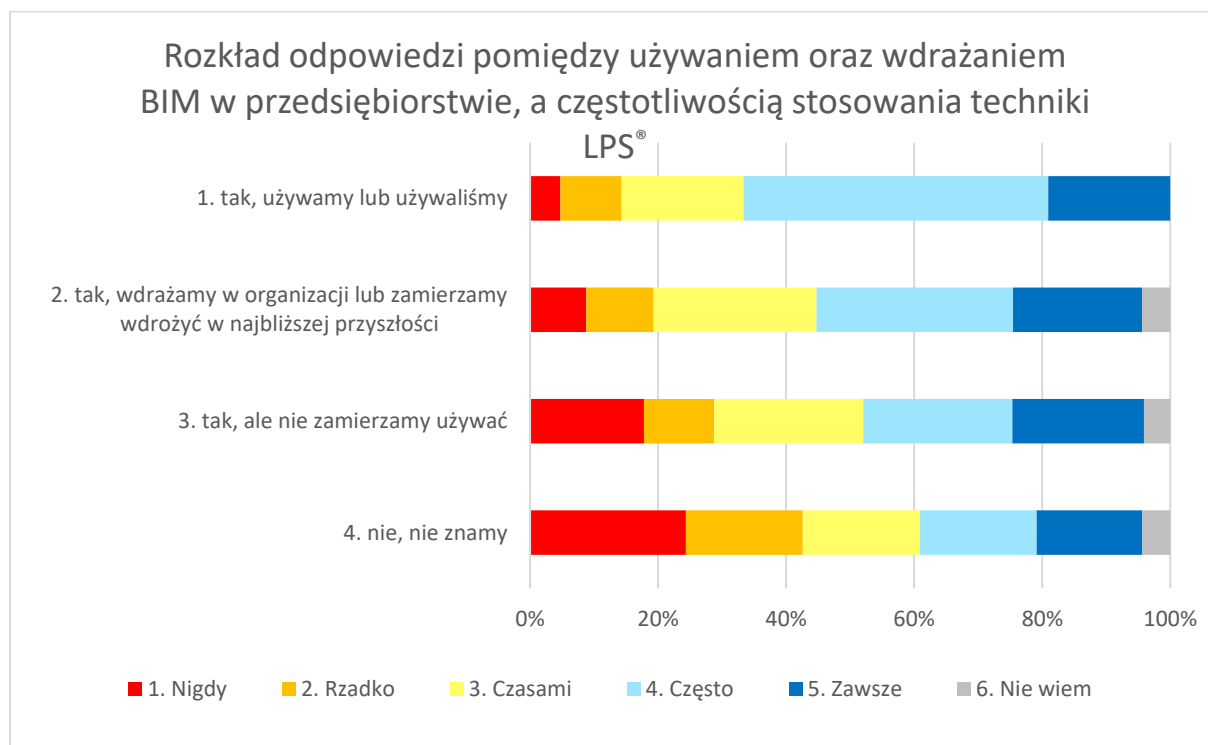
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 53 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11)

Źródło: opracowanie własne.

Narzędzie jakim jest Last Planner System® jest częściej stosowany przez osoby znające technologię BIM, w tym przypadku dotyczy to również respondentów, którzy wskazali, że nie zamierzają stosować BIM w swojej pracy. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 54. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 54 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania techniki LPS® (oś pozioma P9.12)

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku powyższej analizy należy wnioskować o braku podstaw do odrzucenia hipotezy H1 brzmiącej następująco: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w warunkach polskiej gospodarki może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów i komunikacji. Wyniki analiz wskazują na zdecydowanie częstsze stosowanie metod i technik wspomagających zarządzanie przez respondentów wykazujących się stosowaniem oraz wdrażaniem koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w swojej pracy. Ciekawym spostrzeżeniem jest to, że w wielu przedsiębiorstwach, pomimo braku znajomości Lean Construction, stosuje się wybrane instrumenty Lean usprawniające zarządzanie projektem budowlanym. Element ten będzie dokładniej analizowany w ramach analizy hipotezy H6.

5.5.3. Znajomość i zastosowanie koncepcji Lean Construction (H2-H4, H11)

Następnie przy pomocy testu Kruskalla – Wallisa, z uwagi na typ rozkładu każdej z grup odpowiedzi autor dokonał analizy hipotezy:

H2: Znajomość koncepcji Lean Construction wpływa na zakres zastosowania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym.

Na potrzeby tej analizy dokonano testu zależności odpowiedzi na pytanie P5 z pytaniem P1. Z uwagi na nominalny charakter pomiaru P5 (4 warianty; zmienna niezależna) i porządkowy charakter P1 (zmienne zależne) zastosowano test Kruskalla-Wallisa (zwany „nieparametryczną ANOVA”) do przetestowania hipotezy zerowej.

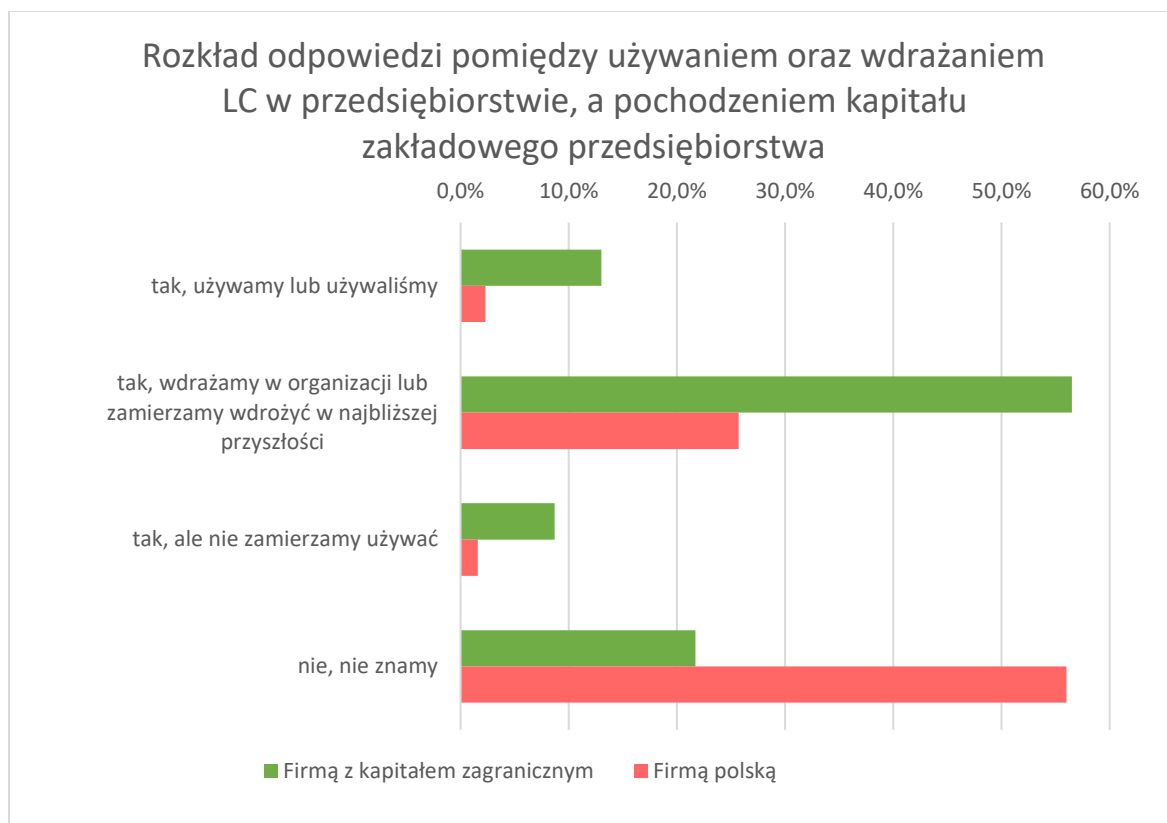
Na podstawie wykonanego testu Kruskalla-Wallisa w żadnym z badanych przypadków nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej (H_{02}). Tabela z wynikami testu stanowi załącznik niniejszej rozprawy Załącznik 3 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H2. Żaden z przeanalizowanych przypadków nie wykazuje zależności między zmiennymi. Na podstawie analizy wyników odpowiedzi pytania ankiety (P1) można jednak zauważyć, że wyodrębnione narzędzia wspomagające zarządzanie (Rysunek 23) są relatywnie często wykorzystywane, zatem można wnioskować, że są istotne dla managerów projektów i przedsiębiorstw. Reasumując, analiza statystyczna nie daje podstaw do przyjęcia H2.

Kolejną badaną hipotezą badawczą jest:

H3: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach z dominującym kapitałem zagranicznym jest częściej spotykane niż w podmiotach z dominującym kapitałem polskim.

Z uwagi na nominalny charakter obu zmiennych zastosowano test niezależności χ^2 wraz z testami istotności dla dwóch frakcji. Z uwagi na niskie liczebności połączono warianty „Przedsiębiorstwem, której właścicielem jest kapitał zagraniczny” oraz „Przedsiębiorstwem z kapitałem polskim i zagranicznym” w „Przedsiębiorstwem z kapitałem zagranicznym”. Do analizy porównywano odpowiedzi z pytania P5 i M3. Wyniki tabelaryczne testu stanowią Załącznik 4 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H3. W wyniku przeprowadzonej analizy można wnioskować o odrzucenie hipotezy zerowej (H_{03}), a rozkład odpowiedzi w próbie na analizowane porównanie obrazuje Rysunek 55, który został opracowany na podstawie wskazanych tabeli z wynikami testów istotności

różnic dla frakcji. Na poniższym wykresie można wyraźnie zauważyć większą popularność Lean Construction ma w przedsiębiorstwach zagranicznych, w porównaniu do przedsiębiorstw polskich.



Rysunek 55 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M3

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa analiza wykazuje, że H3 można zweryfikować pozytywnie.

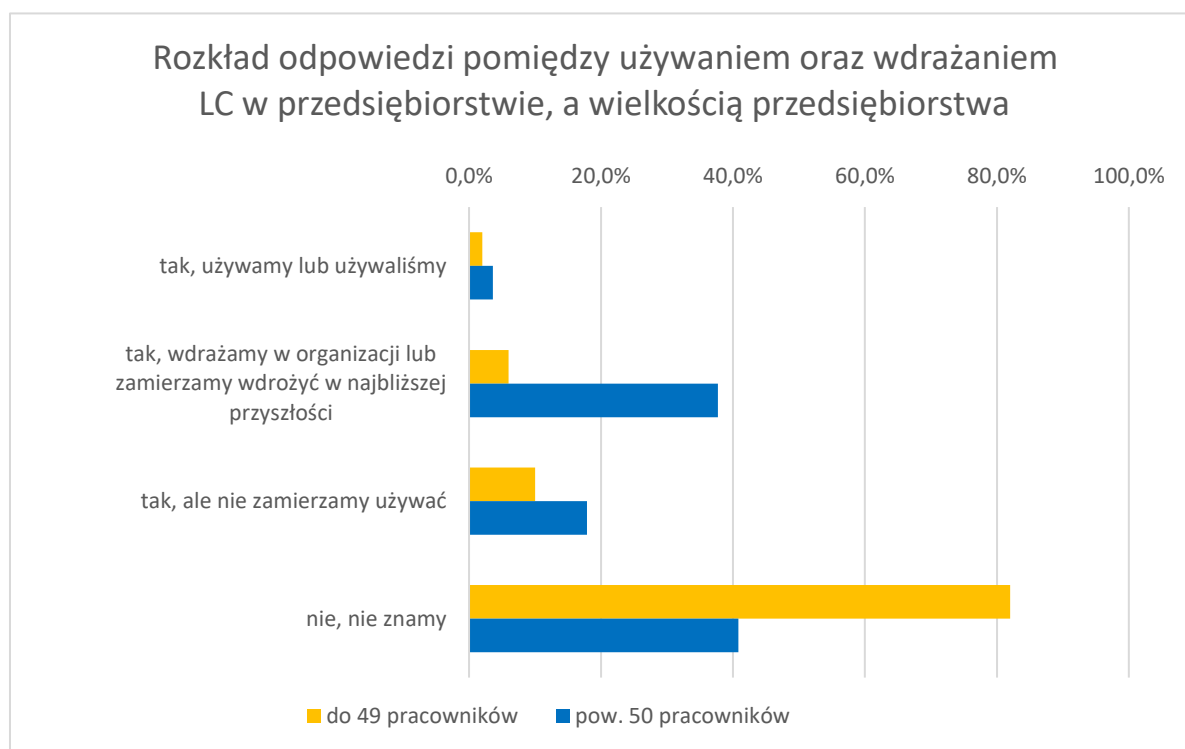
Następnie przystąpiono do testowania kolejnej hipotezy:

H4: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

Przeanalizowano odpowiedzi na pytania P5 oraz M2. M2 jest pytaniem z grupy charakterystyka respondenta dotyczącym wielkości przedsiębiorstwa, w którym pracuje respondent.

Do przetestowania hipotezy połączono kategorie M2 w dwie grupy (1, 2, 3 vs. 4, 5) i zastosowano test niezależności χ^2 wraz z testami istotności dla dwóch frakcji. W następnym kroku dokonano obliczeń testów istotności różnic dla poszczególnych frakcji. Graficzne

przedstawienie rozkładu odpowiedzi w próbie stanowi Rysunek 56, który został opracowany na podstawie tabeli z wynikami testów istotności różnic dla frakcji. Tabelaryczne zestawienia wyników stanowią załącznik niniejszej pracy Załącznik 5 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H4.



Rysunek 56 Rozkład odpowiedzi pomiędzy pytaniem P5, a M2

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa analiza potwierdza słuszność założonej hipotezy. Na Rysunek 56 można wyraźnie zaobserwować zdecydowanie większą popularność metodologii Lean Construction wśród respondentów pracujących w przedsiębiorstwach zatrudniających powyżej 50 pracowników. Hipoteza H4 została zweryfikowana pozytywnie.

5.5.4. Relacje między LC a BIM (H5)

W kolejnym kroku dokonano analizy hipotezy:

H5: Istnieje związek między znajomością i wykorzystaniem koncepcji Lean Construction, a znajomością i wykorzystaniem technologii BIM przez przedsiębiorstwa budowlane w Polsce.

Na potrzeby weryfikacji tej hipotezy zastosowano test niezależności χ^2 . Założenia tego testu są spełnione przez próbę, jako obserwacje niezależne. Do dalszych analiz zgrupowano

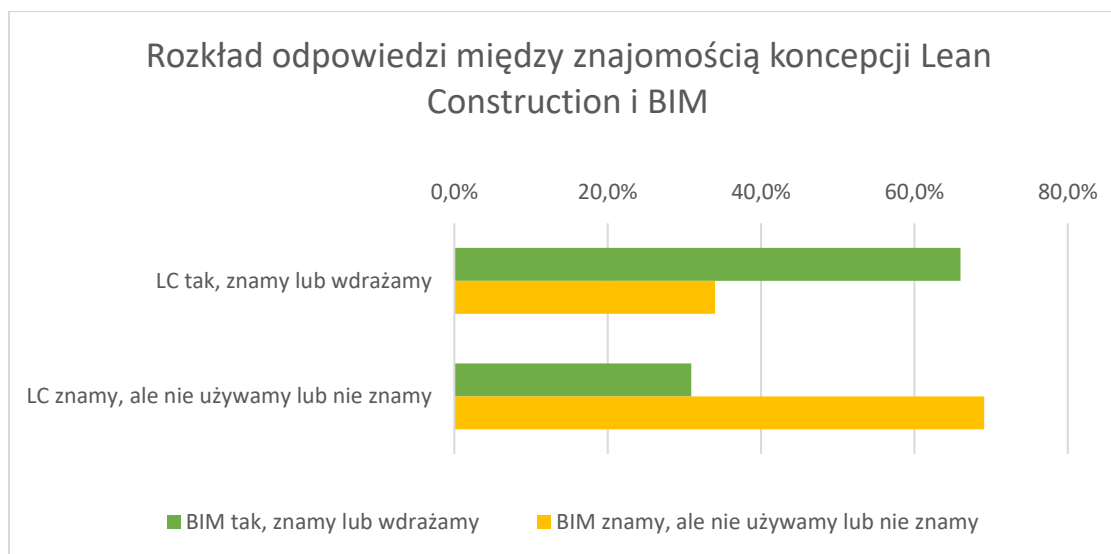
odpowiedzi na pytania P5 i P10 (dotyczące stosowanie przez respondentów LC i BIM), ze względu na liczebność odpowiedzi. Grupowania w obu przypadkach dokonano w ten sam sposób. W jednej grupie znalazły się odpowiedzi tak oraz znamy lub wdrażamy, jako potwierdzające stosowanie, a w drugiej znamy, ale nie używamy oraz nie znamy, jako negujące stosowanie poszczególnej koncepcji oraz technologii. Tabele z wynikami testu znajdują się w Załącznik 6 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H5 niniejszego doktoratu. Wyniki analizy wskazują istotny statystycznie związek między znajomością w przedsiębiorstwie koncepcji Lean Construction a technologii BIM.

Tabela 10 Wynik testu chi-kwadrat dla hipotezy H5

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	34.882
Stopnie swobody df	1
Istotność (p-value)	<0,001

Źródło: opracowanie własne.

Poniższy Rysunek 57 obrazuje rozkład odpowiedzi zmiennych dotyczących wykorzystania BIM w ramach odpowiedzi dotyczących znajomości i wdrażania Lean Construction.



Rysunek 57 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a P10)

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki badań wskazują, że wśród respondentów wykorzystujących lub wdrażających LC 66% respondentów wykorzystuje lub wdraża BIM. Podobne proporce wyników występują przy odpowiedziach negatywnych (nie znam, nie używam).

5.5.5. Zastosowanie instrumentów Lean (H6-H7)

Kolejna z testowanych hipotez w ramach niniejszego doktoratu brzmi :

H6: Zastosowanie pojedynczych narzędzi i/lub technik wykorzystywanych w ramach koncepcji Lean jest częściej spotykane niż znajomość całościowa koncepcji Lean Construction.

Na potrzeby weryfikacji niniejszej hipotezy badawczej porównano ze sobą odpowiedzi na pytanie P5 oraz wybranymi technikami i narzędziami wymienionymi w P9, które są charakterystyczne dla Lean Construction. Z uwagi na nominalny charakter P5 oraz porządkowy charakter P9 zastosowano test Kruskalla-Wallisa do przetestowania hipotezy o braku różnic w rozkładzie P9 w ujęciu wariantów P5. Na przeprowadzonych 14 testów w 5 przypadkach należało odrzucić hipotezę zerową, co wskazało na wystąpienie relacji między poszczególnymi odpowiedziami. Tabelaryczne zestawienie wyników testu stanowi Załącznik 7 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H6 niniejszego doktoratu. Poniżej zamieszczono wycinki tabel przedstawiające warianty, w których należy odrzucić hipotezę zerową przy założeniu spełnienia poziomu istotności mniejszego niż $\alpha=0,05$.

Tabela 11 Wybrane wyniki testów Kruskalla – Wallisa dla P5 vs P9.03 – P9.16

	Hipoteza zerowa	P-wartość
1	Rozkład P9.03. vs P5.	0.000
7	Rozkład P9.09. vs P5.	0.000
9	Rozkład P9.11. vs P5.	0.022
10	Rozkład P9.12. vs P5.	0.014
11	Rozkład P9.13. vs P5.	0.006

Źródło: opracowanie własne.

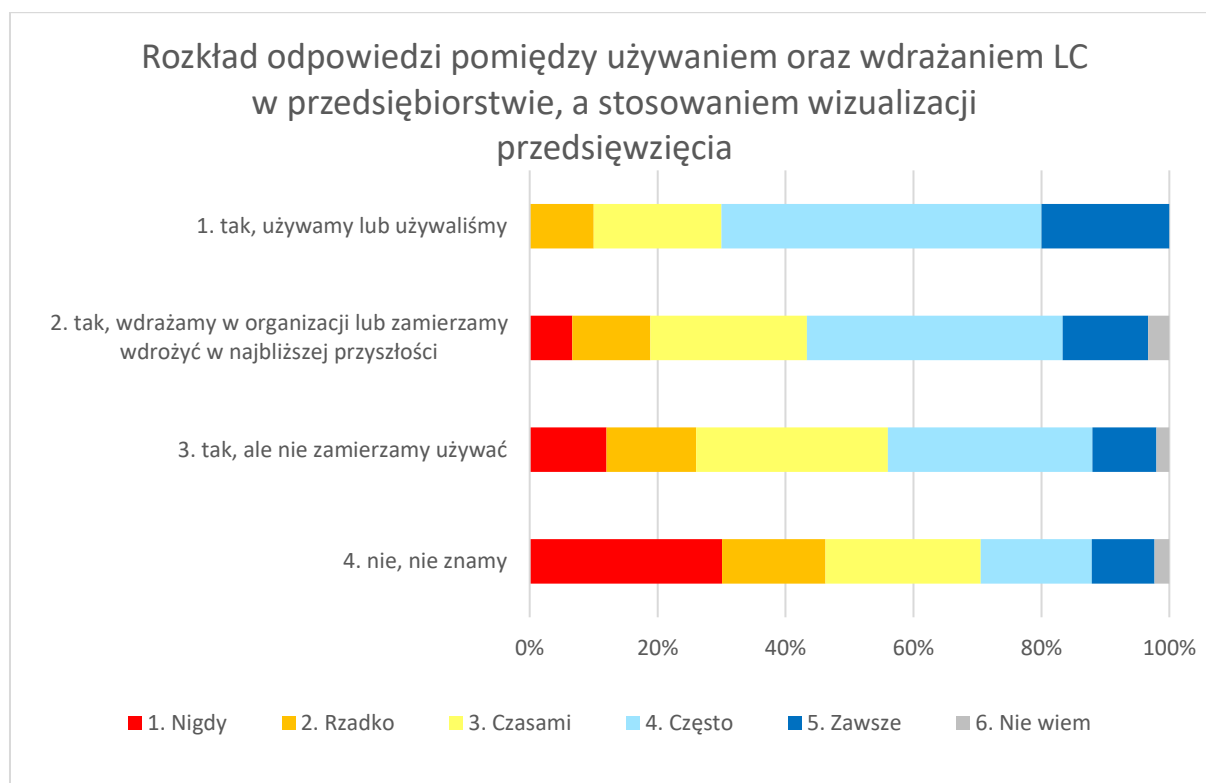
W celu ułatwienia interpretacji graficznej dalszych rysunków autor przytoczy poniżej w Tabeli 12 odpowiednio rozkład odpowiedzi na pytanie P5 - Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.

Tabela 12 Rozkład odpowiedzi na pytanie P5 Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?

Odpowiedź	%
Tak, używamy lub używaliśmy	1%
Tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	28%
Tak, ale nie zamierzamy używać	15%
Nie, nie znamy	54%

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonego testu istotności odrzucono hipotezę zerową w tym przypadku. Graficzne przedstawienie rozkładu odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 58. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

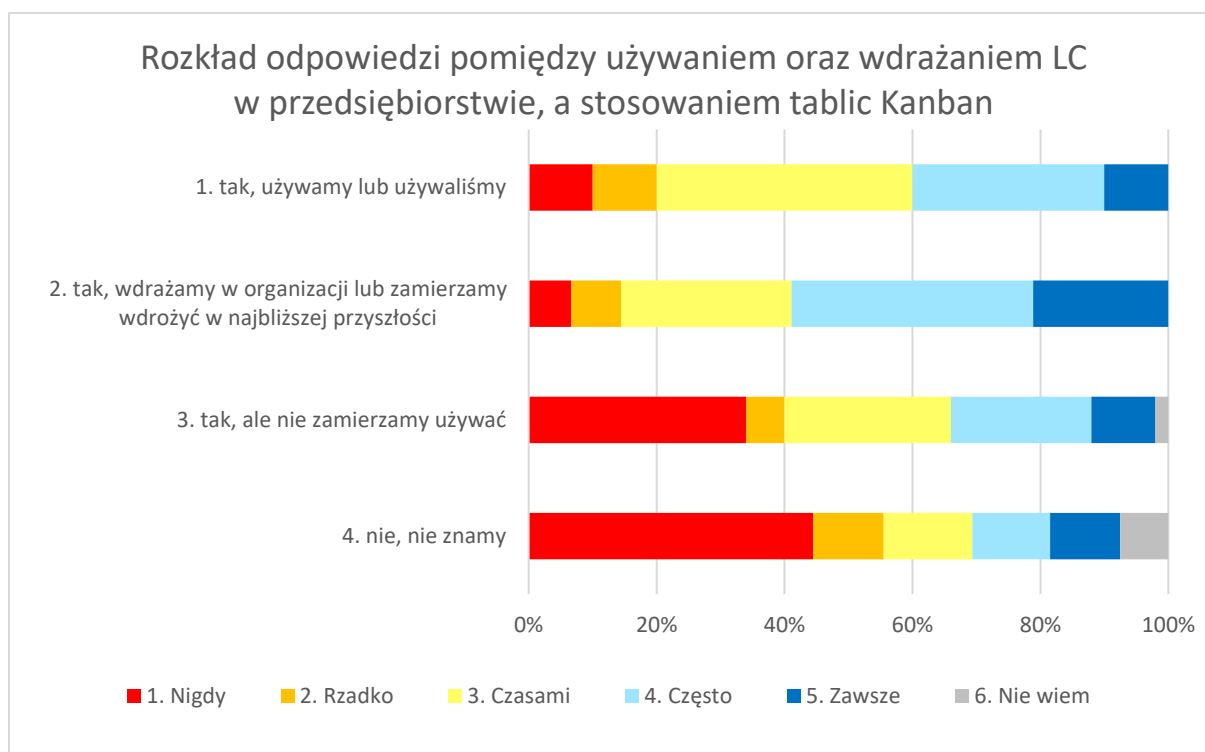


Rysunek 58 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03)

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku analizy wykresu można dostrzec zależność, iż respondenci którzy nie znają Lean Construction również nie stosują narzędzia wizualizacji, jako narzędzia wspomagającego zarządzanie projektem budowlanym. Ta analiza nie potwierdza założonej hipotezy H6.

Relacją, w której zaobserwowano istotną zależność między badanymi zmiennymi jest stosowanie Kanban w relacji od odpowiedzi na pytanie P5. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 59. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 59 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem tablic Kanban (oś pozioma P9.09)

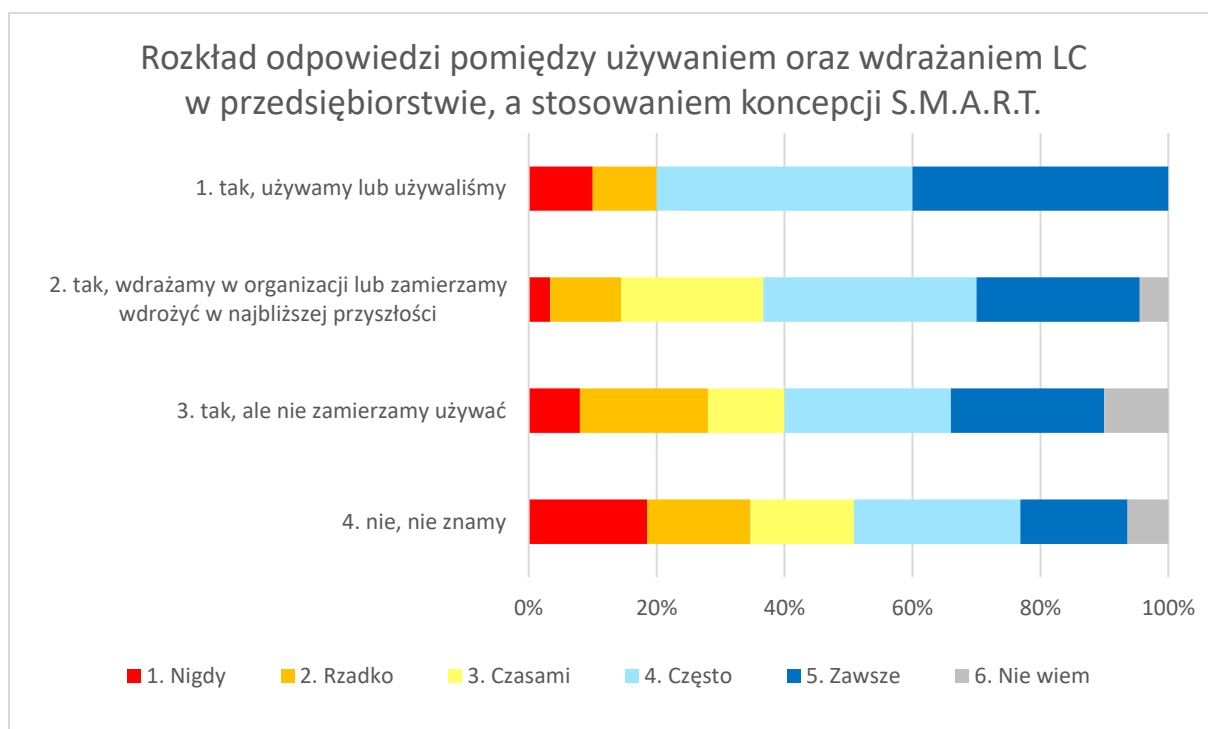
Źródło: opracowanie własne.

Analizując graficzne przedstawienie rozkładu odpowiedzi można dojść do wniosku jak poprzednio, że osoby nieznające i niestosujące Lean Construction nie stosują również narzędzia jakim jest Kanban.

Kolejna analizowana relacja, w której zaobserwowano istotną zależność i należy odrzucić hipotezę zerową dotyczy stosowania koncepcji S.M.A.R.T. przez respondentów. Reprezentacją graficzną rozkładu odpowiedzi w próbie jest Rysunek 60. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.

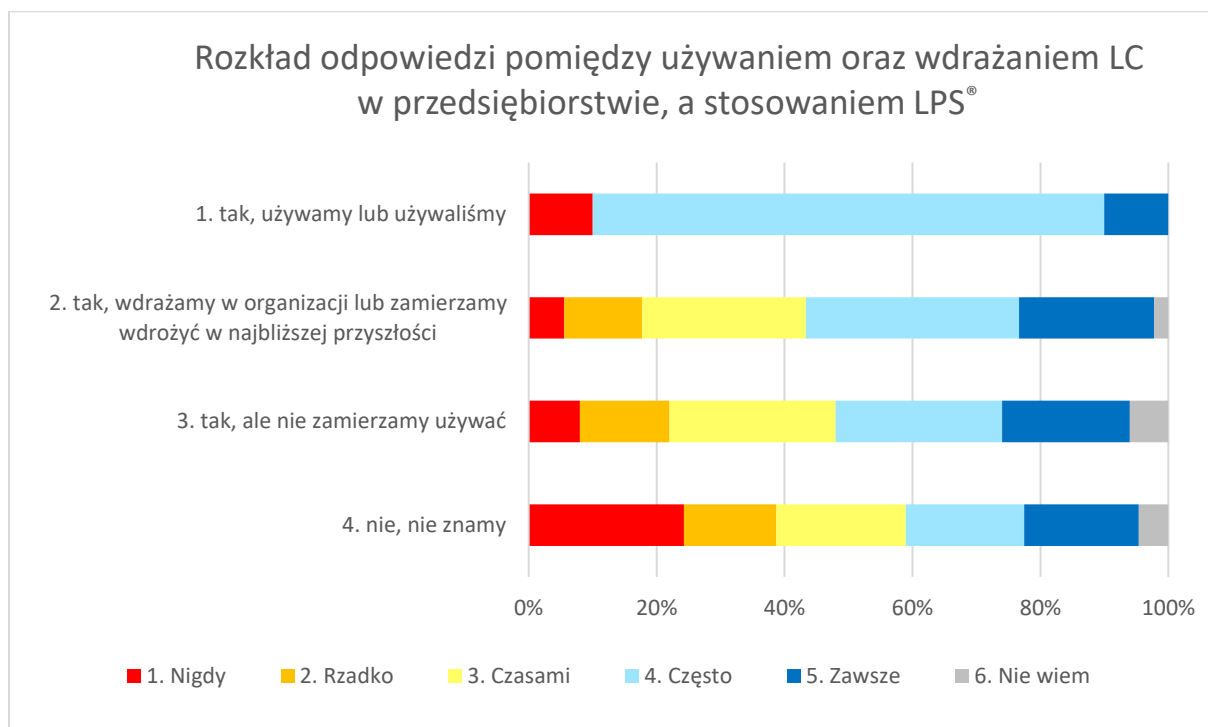
W tym przypadku hipoteza H6 ma częściowe potwierdzenie jej słuszności, ponieważ znaczna część respondentów, którzy zadeklarowali brak znajomości i stosowania Lean Construction korzysta w swojej pracy z koncepcji S.M.A.R.T., które jest narzędziem charakterystycznym nie tylko dla Lean, ale również dla innych metodologii zarządzania.

Następną analizowaną relacją, w której w wyniku przeprowadzonego testu należy odrzucić hipotezę zerową jest zastosowanie narzędzia Last Planner System® w relacji do stosowania Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie przedstawia Rysunek 61. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 60 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11)

Źródło: opracowanie własne.

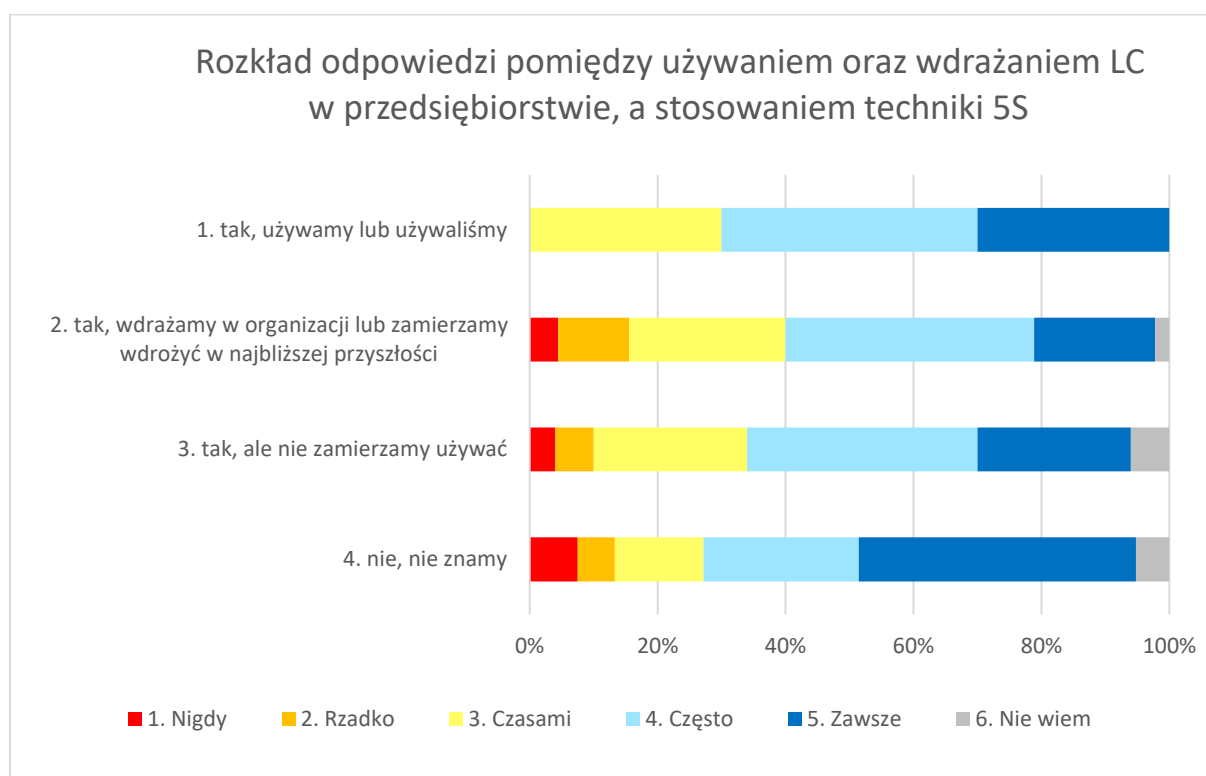


Rysunek 61 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem LPS® (oś pozioma P9.12)

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie graficznej interpretacji wyników, można wyprowadzić wnioski, iż znaczna grupa respondentów korzysta z narzędzia LPS® w swojej pracy, pomimo braku znajomości całkowitego Lean Construction. Fakt ten potwierdza słuszność hipotezy H6.

Ostatnia z analizowanych zależności, w której należy odrzucić hipotezę zerową w wyniku przeprowadzonego testu istotności dotyczy zależność stosowania techniki 5S w stosunku do znajomości Lean Construction. Rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje Rysunek 62. W przeprowadzonym teście nie brano pod uwagę odpowiedzi „nie wiem” do analizy statystycznej.



Rysunek 62 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pozioma P5), a stosowaniem techniki 5S (oś pionowa P9.13)

Źródło: opracowanie własne.

Wizualna ocena wykresu doprowadza do wniosku, że pomimo braku znajomości całościowej koncepcji Lean respondenci w swojej pracy korzystają z narzędzia jakim jest technika 5S. Fakt ten potwierdza zasadność hipotezy H6.

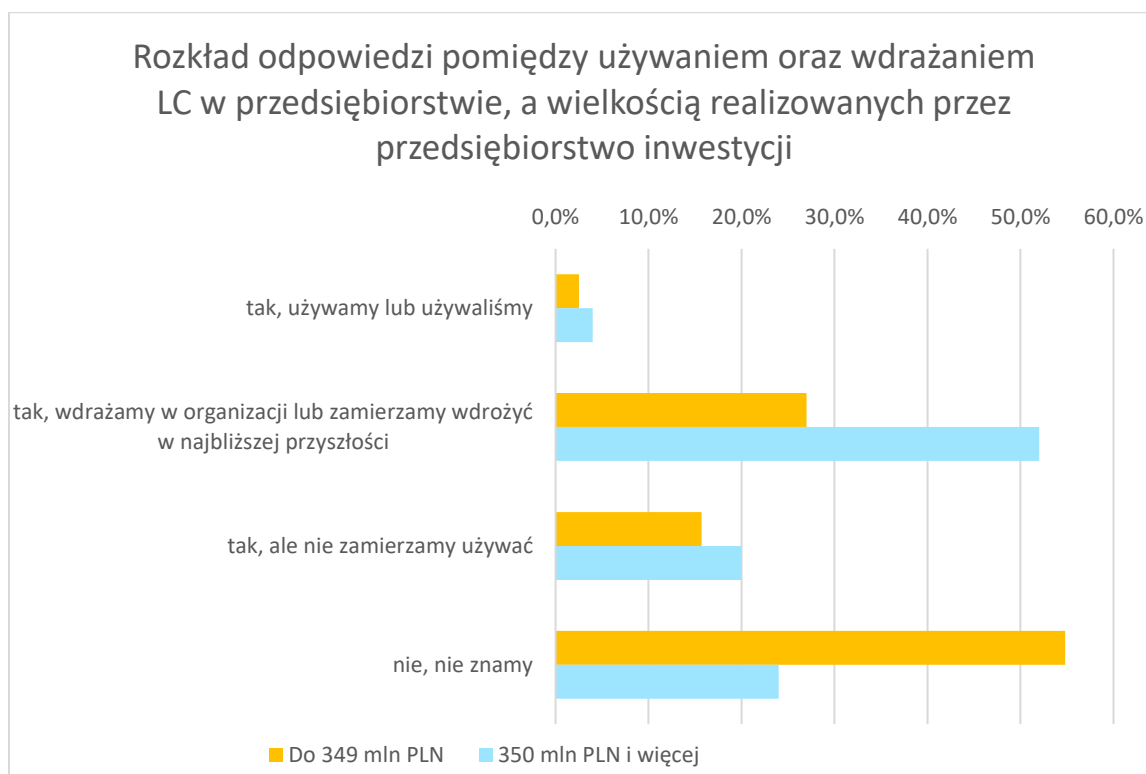
Na podstawie wyników powyższych testów, ich analiz i wizualizacji, jak również wizualizacji rozkładu odpowiedzi testów wykonanych na potrzeby analizy hipotezy H1 można stwierdzić, iż hipoteza H6 jest potwierdzona, ponieważ znaczna część respondentów korzysta

w swojej pracy z pojedynczych narzędzi i technik typowych dla Lean Construction jednocześnie deklarując brak znajomości koncepcji Lean Construction.

Kolejną analizowaną hipotezą jest:

H7: Zastosowanie koncepcji Lean Construction przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średniej wielkości inwestycji.

Na potrzeby testów niniejszej hipotezy dokonano zestawiania odpowiedzi na pytanie P5 i M4. Pytanie M4 dotyczyło wielkości kontraktów, na których pracuje respondent i było to pytanie dopuszczające wielokrotną odpowiedź respondenta. Do wykonania analizy połączono warianty M4 w dwie grupy: 1, 2, 3 vs. 4, 5 i przeprowadzono test niezależności χ^2 wraz z testami istotności różnic frakcji. Tabelaryczne zestawienie wyników testu stanowi Załącznik 8 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H7 niniejszego doktoratu. Graficzny rozkład odpowiedzi w próbie obrazuje poniższy Rysunek 63, który został opracowany na podstawie tabeli z wynikami testów istotności różnic dla frakcji.



Rysunek 63 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M4

Źródło: opracowanie własne.

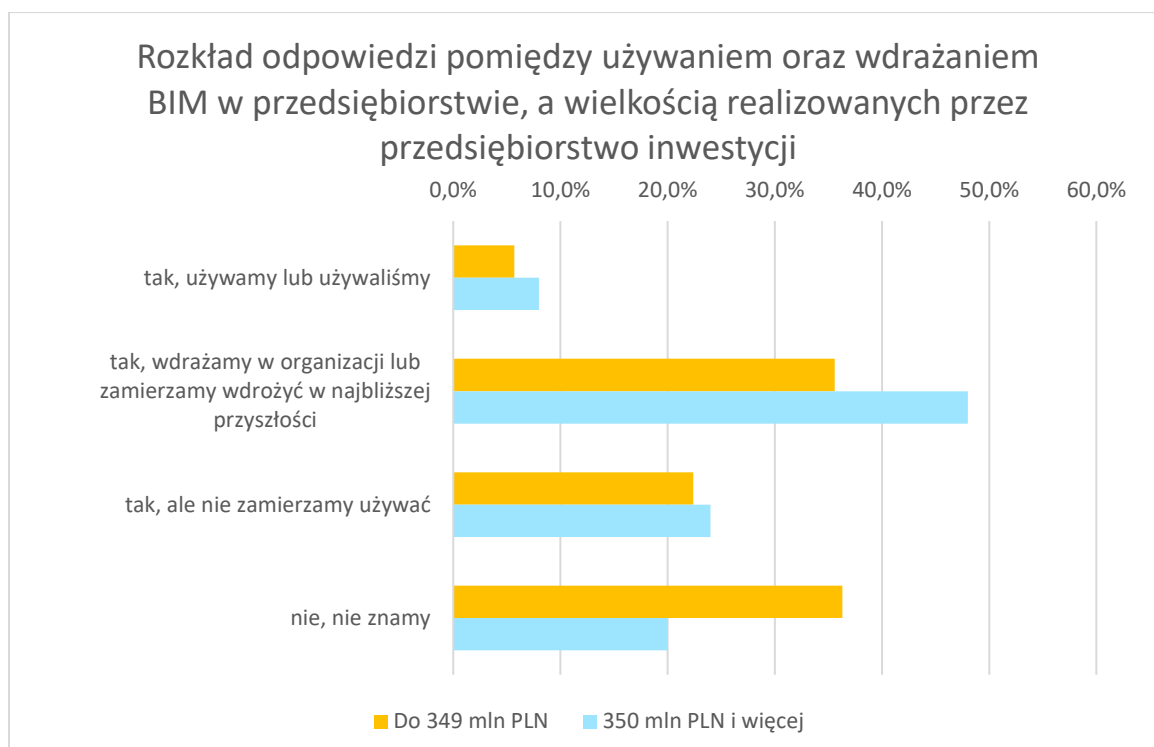
Powyższy wykres wyraźnie wskazuje, że koncepcja Lean jest znacznie bardziej popularna przy realizacji dużych inwestycji powyżej 350 mln PLN, co stanowi potwierdzenie zasadności założonej hipotezy H7.

5.5.6. Zastosowanie BIM (H8-H11)

Do zweryfikowania hipotezy:

H8: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średnich inwestycji.

W tym celu zbadano relację między odpowiedziami na pytanie P10 oraz M4. Na tą potrzebę przeprowadzono test niezależności χ^2 wraz z testami istotności różnic frakcji. Tabela z wynikami obliczeń zestawienie wyników testu zamieszczone jest w Załącznik 9 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H8 niniejszego doktoratu. W przypadku tej analizy należy przyjąć hipotezę zerową o braku relacji między badanymi zmiennymi (H_0). Wyniki testu niezależności χ^2 wskazują, że nie występuje korelacja między odpowiedziami na poszczególne pytania. Niemniej jednak analizując graficzne przedstawienie rozkładu odpowiedzi w ramach statystyki opisowej zobrazowane przez Rysunek 64 postuluje się dalsze badania w tym zakresie. W rozprawie doktorskiej ich nie przeprowadzono, ponieważ nie stanowią elementu rozwiązania przyjętego problemu badawczego.



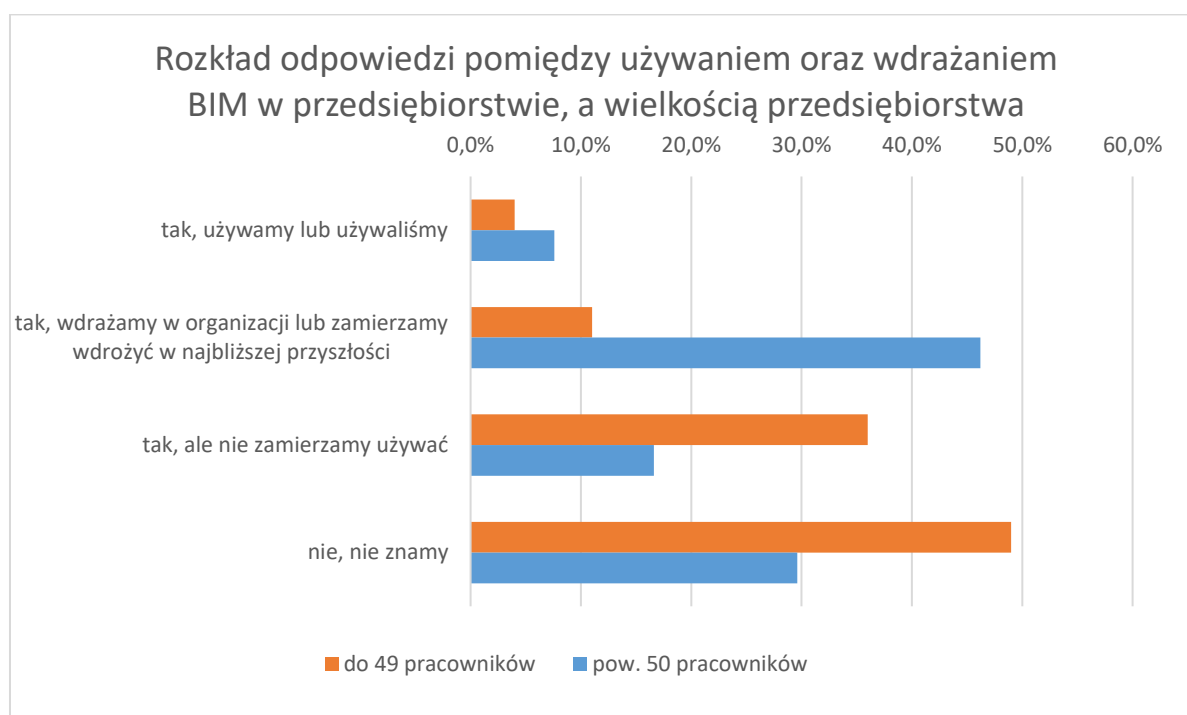
Rysunek 64 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M4

Źródło: opracowanie własne.

Kolejną hipotezą, której dokonano weryfikacji przy pomocy testu oraz analizy rozkładu odpowiedzi jest:

H9: Zastosowanie technologii BIM w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

Na potrzeby tego testu zweryfikowano odpowiedzi na pytania P10 i M2. Dla relacji P10 i M2 przeprowadzono test niezależności χ^2 wraz z testami istotności różnic frakcji dodatkowo na potrzeby testu połączono warianty M2 w dwie grupy: 1, 2, 3 vs. 4, 5. Tabelaryczne zestawienie wyników testu zamieszczone jest w Załącznik 10 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H9 niniejszego doktoratu. Graficzna reprezentacja rozkładu odpowiedzi w próbie zawarta jest na Rysunek 65, który został opracowany na podstawie tabeli z wynikami testów istotności różnic dla frakcji.



Rysunek 65 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M2

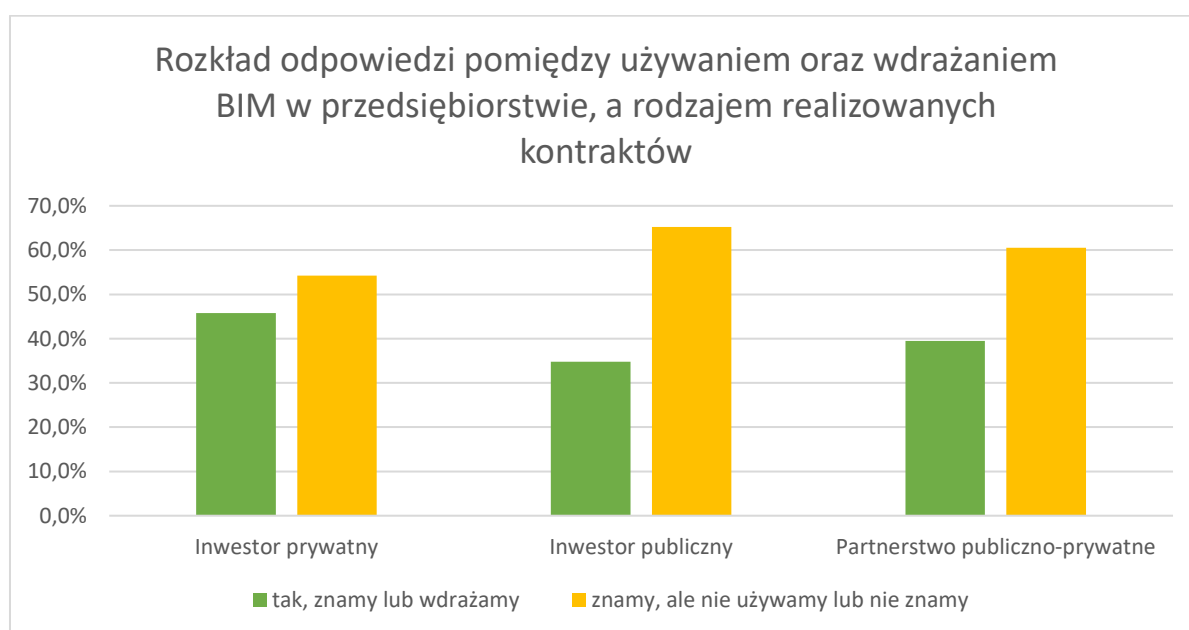
Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie powyższej analizy wyników oraz testu można potwierdzić hipotezę H9.

Do zweryfikowania hipotezy:

H10: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

W tym przypadku przetestowano relacje między pytaniem P10, a M5. Pytanie M5 brzmi: Kto jest inwestorem projektów realizowanych przez Pani/Pana przedsiębiorstwo? A możliwe odpowiedzi to inwestor prywatny, inwestor publiczny, partnerstwo publiczno-prywatne lub inny. Do weryfikacji skorzystano z testu niezależności χ^2 oraz pogrupowano odpowiedzi z pytania P10 na 1 i 2 oraz 3 i 4. Tabelaryczne zestawienie wyników zamieszczone jest w Załącznik 11 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H10 niniejszego doktoratu. Graficzne przedstawienie rozkładu odpowiedzi w próbie stanowi Rysunek 66, który został opracowany na podstawie tabeli z wynikami testów istotności różnic dla frakcji.



Rysunek 66 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M5

Źródło: opracowanie własne.

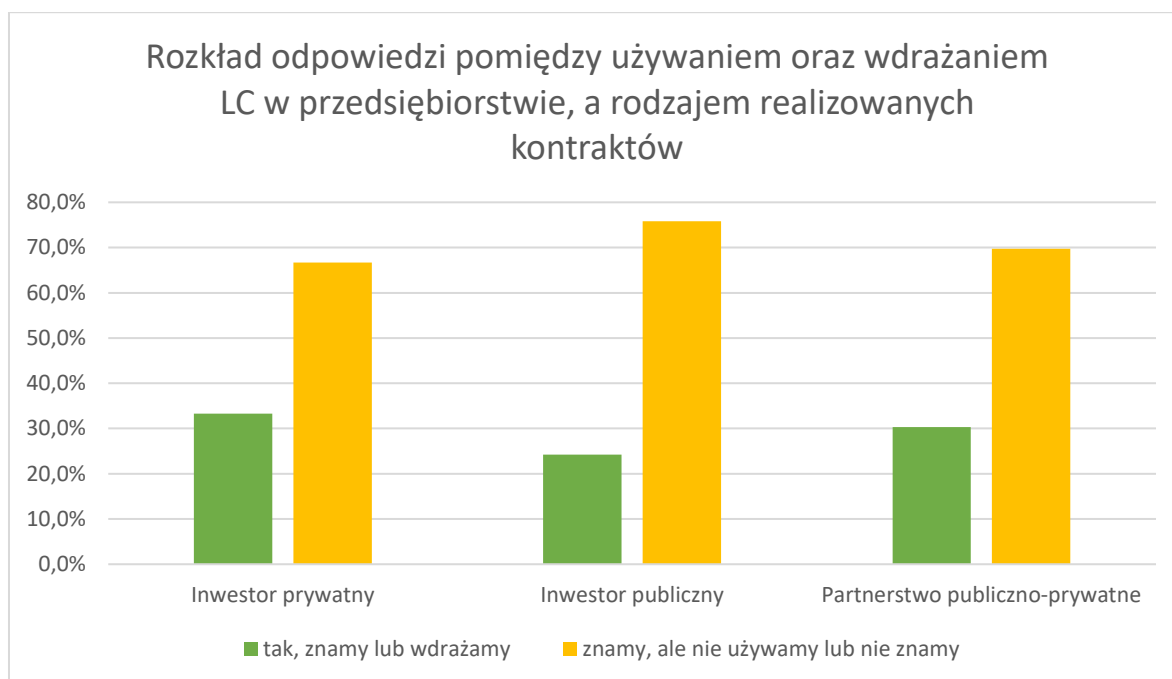
Na podstawie analizy testu oraz wyników można potwierdzić założenia hipotezy H10. Różnica w stosowaniu BIM zależności od inwestora różni się o ok. 10% na korzyść inwestora prywatnego a następnie partnerstwa publiczno-prywatnego. BIM jest najrzadziej stosowany na kontraktach publicznych.

Ostatnią hipotezą, którą zweryfikowano jest:

H11: Zastosowanie koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

Na potrzebę analizy dokonano testu relacji odpowiedzi na pytania P5 i M5. Do weryfikacji skorzystano z testu niezależności χ^2 oraz pogrupowano odpowiedzi z pytania P5 na 1 i 2 oraz 3

i 4. Tabelaryczne zestawienie wyników zamieszczone jest Załącznik 12 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H11 niniejszego doktoratu. Graficzny obraz rozkładu odpowiedzi w próbie zawarty jest na poniższym Rysunek 67, który został opracowany na podstawie tabeli z wynikami testów istotności różnic dla frakcji.



Rysunek 67 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M5

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku analizy testu oraz wyników odpowiedzi udzielonych przez respondentów można potwierdzić słuszność założonej hipotezy H11. Świadome zastosowanie koncepcji Lean jest bardziej rozwinięte w przypadku inwestycji prywatnych. Wytyczna ta nie stanowi najprawdopodobniej zaleceń umownych, a jest tylko zależna od standardów wewnętrznych poszczególnych przedsiębiorstw.

5.6. Podsumowanie badań ilościowych

Przeprowadzone badanie ilościowe stanowi bardzo istotny element niniejszej rozprawy. Dziewięć z jedenastu przyjętych hipotez badawczych ostatecznie zostało zweryfikowane pozytywnie. W przypadku wspomnianych dziewięciu hipotez (H1, H3, H4, H5, H6, H7, H9, H10, H11) potwierdzono je za pomocą przeprowadzonych testów. Dwie z hipotez (H2 i H8) nie zostały potwierdzone przy pomocy zastosowanych testów, przez co zostały odrzucone. Zestawienie hipotez wraz z ich statusem przedstawia Tabela 13.

Tabela 13 Wyniki testowania hipotez

Hipoteza	Analizowane pytania ankiety	Test/ szczegółowe wyniki badań istotności	Czy hipoteza zweryfikowana pozytywnie ?
H1 Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w Polsce może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów.	P5, P10, P7, P9	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych Załącznik 2 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H1	Tak
H2 Ograniczone zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach budowlanych działających w Polsce wynika z niskiej znajomości koncepcji Lean Construction.	P5, P1	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych Załącznik 3 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H2	Nie
H3 Zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach z dominującym kapitałem zagranicznym jest powszechniejsze niż w podmiotach z dominującym kapitałem polskim.	M3, P5	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 4 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H3	Tak
H4 Zastosowanie koncepcji Lean Construction w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest powszechniejsze niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.	M2, P5	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 5 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H4	Tak
H5 Istnieje związek między znajomością i wykorzystaniem koncepcji Lean Construction, a znajomością i wykorzystaniem technologii BIM przez przedsiębiorstwa budowlane w Polsce.	P5, P10	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 6 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H5	Tak

H6. Zastosowanie narzędzi i/lub technik wykorzystywanych w ramach koncepcji Lean jest powszechniejsze niż znajomość całościowa koncepcji Lean Construction.	P5, P9	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych, test post-hoc Załącznik 7 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H6	Tak
H7. Zastosowanie koncepcji Lean Construction przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest powszechniejsze niż na potrzeby małych i średniej wielkości inwestycji.	M4, P5	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 8 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H7	Tak
H8. Zastosowanie technologii BIM przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest powszechniejsze niż na potrzeby małych i średnich inwestycji.	M4, P10	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 9 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H8	Nie
H9 Zastosowanie technologii BIM w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest powszechniejsze niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.	M2, P10	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 10 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H9	Tak
H10 Zastosowanie technologii BIM przy realizacji inwestycji prywatnych jest powszechniejsze niż w przypadku inwestycji publicznych.	M5, P10	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 11 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H10	Tak
H11 Zastosowanie koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych jest powszechniejsze niż w przypadku inwestycji publicznych.	M5, P5	Test niezależności χ^2 , test istotności różnic dla frakcji Załącznik 12 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H11	Tak

Źródło: opracowanie własne.

Szczególnie interesujące są wyniki badania dotyczące hipotezy H6, w której zaobserwowano fakt, iż wielu respondentów w pewnym sensie nieświadomie stosuje narzędzia i techniki Lean pomimo braku znajomości całościowo koncepcji Lean Construction. Fakt ten

stanowi istotny czynnik w potencjalnych implikacjach dla biznesu w obszarze szerzenia znajomości o Lean Construction w Polsce.

Autor dokonał analizy poszczególnych relacji zachodzących między wynikami odpowiedzi udzielonych przez respondentów badania ankietowego. Przeprowadzone analizy statystyczne poszczególnych hipotez nie polegały wyłącznie na analizie matematycznej wyników odpowiednich testów. Znacznym ułatwieniem w przeprowadzaniu analiz była wizualizacja rozkładu odpowiedzi na poszczególne pytania przy zastosowaniu wykresów przedstawiających wyniki ankiety. Narzędzie to jest zgodne z wytycznymi Lean w obszarze realizacji i optymalizacji procesów. Autor skorzystał z jednego z fundamentalnych narzędzi Lean, jakim jest wizualizacja. Fakt ten w pośredni sposób potwierdza słuszność stosowania koncepcji Lean również w realizacji badań naukowych. Analiza odpowiedzi udzielonych przez respondentów umożliwiła autorowi opracowanie wniosków. Konieczność indywidualnej analizy części powiązań między odpowiedziami został zdeterminowany przez niską popularność stosowania Lean Construction oraz BIM przez respondentów. Umożliwia to indywidualne podejście podczas analiz, jednakże powoduje ryzyko zniekształcenia odpowiedzi ze względu na małą próbę.

Poprzez zrealizowane badanie ilościowe dążono do osiągnięcia wybranych celów rozprawy, w tym CU1: określenie zakresu znajomości koncepcji Lean Construction i technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce. W wyniku badania określono ten poziom jako niski, Lean Construction zna i stosuje 3%, BIM zna i stosuje 7% respondentów, a Lean Construction i BIM stosuje jednocześnie 1% respondentów. Dokładne wyniki stanowią treść powyższej analizy. Dodatkowo określono CU2: określenie stopnia wdrożenia i wykorzystania jednocześnie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM, w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce. Ten stopień wykorzystania określony na podstawie zrealizowanego badania jest bardzo niski, ponieważ stanowi mniej niż 1% badanych. Badanie to przyczyniło się do realizacji jednego z celów poznawczych, jakim jest CP1: usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym. W ramach badania określono poziom wspólnego stosowania Lean Construction oraz BIM, jak również określono jakie narzędzia Lean i BIM są najpopularniejsze wśród respondentów oraz w jakich obszarach istnieje potencjał to szerszego ich stosowania.

Przeprowadzone badania ilościowe wskazują na konieczność dalszej analizy jakościowej badanego zagadnienia, tj. głębszego zbadania zjawiska wspólnego wykorzystania LC i BIM.

Ze względu na niską popularność stosowania Lean Construction w Polsce – ok 3% respondentów oraz niską popularność stosowania BIM – ok 7% respondentów, jak również bardzo niską popularność jednoczesnego stosowania Lean Construction oraz BIM – ok 1% respondentów, autor zdecydował się poszerzyć obszar terytorialny badania jakościowego o obszary geograficzne, gdzie doświadczenia z tym związane są większe. Realizacja badania jakościowego również poza granicami Polski może przyczynić się do podniesienia jakości dalej przeprowadzonych analiz. Niska popularność zagadnień wskazana w ramach badania ilościowego w Polsce potwierdza dodatkowo słuszność realizacji założonego na wstępie badania jakościowego. To właśnie przy jego zastosowaniu autor będzie miał możliwość wnikliwej analizy badanych zagadnień. Wyniki zrealizowanego badania ilościowego będą stanowiły punkt wyjścia do sformułowania kwestionariusza wywiadów. Wywiady te autor planuje przeprowadzić z ekspertami w obszarze Lean Construction oraz BIM. Będą miały one na celu spełnienie kolejnych z celów rozprawy założonych w jej wstępie.

6. Badania jakościowe

6.1. Cele i założenia badania jakościowego

Badania ilościowe wykazały, że sumarycznie technologia BIM jest wykorzystywana przez 7% respondentów biorących udział w badaniu ilościowym, co obrazuje Rysunek 28. Wiele przedsiębiorstw rozwija działy digitalizacji oraz wdraża technologię BIM, aby sprostać aktualnym wymaganiom klientów (na razie nieczęstym) oraz być przygotowanym na wzrost zainteresowania nową technologią przez klientów w przyszłości. Grupa wdrażająca BIM stanowi 35% respondentów badania ilościowego. Inna sytuacja jest z adaptacją koncepcji szczupłego zarządzania w projektach budowlanych (Lean Construction). Wiele jej elementów jest wykorzystywanych przez przedstawicieli branży budowlanej, ale jedynie wycinkowo. Występuje zauważalny brak całościowego zrozumienia koncepcji Lean. W niewielkim stopniu, bo na poziomie tylko 3% respondentów są znane i świadomie stosowane praktyki Lean, a wdrażanie deklaruje 28% respondentów, co obrazuje Rysunek 24. Z tego powodu koniecznym jest przeprowadzenie pogłębionych badań wśród ekspertów mogących wskazać dobre praktyki komplementarnego wykorzystania koncepcji Lean Construction i technologii BIM, co umożliwi propagowanie tej koncepcji wśród praktyków biznesu w Polsce. Dlatego zdecydowano o przeprowadzeniu badania jakościowego – wywiadów z ekspertami, co pomoże zebrać rekomendacje dla skutecznego wdrożenia oraz wykorzystania obu narzędzi w przedsiębiorstwach.

Badanie jakościowe ma na celu realizację założonych we Wprowadzeniu poniżej wymienionych celów rozprawy:

- CP1: Usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym ,
- CP2: Określenie korzyści i zagrożeń wynikających ze wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM,
- CU3: Opracowanie rekomendacji dla przedsiębiorstw działających w branży budowlanej wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM

Na ich podstawie sformułowano założenia badawcze dla badania jakościowego odpowiadające na następujące pytania dotyczące przedmiotu badania:

1. **Co?** Badanie wpływu zastosowania Lean Construction oraz BIM na realizację projektu budowlanego.
2. **Dlaczego?** Ponieważ są to stosunkowo nowe narzędzia w budownictwie i w opinii autora dają one szerokie perspektywy usprawnienia procesu realizacji przedsięwzięć budowlanych.
3. **Dla kogo?** Na potrzeby realizowanego doktoratu w Politechnice Warszawskiej oraz popularyzacji koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w środowisku polskich inżynierów budownictwa i architektów, co ma przyczynić się do wzrostu wiedzy teoretycznej i praktycznej we wskazanym obszarze.
4. **Po co?** Celami badania są: zebranie doświadczeń (dobrych praktyk) uczestników przedsięwzięć budowlanych stosujących BIM i Lean Construction w swojej działalności zawodowej, określenie możliwości opracowania sposobów optymalizacji realizacji przedsięwzięć budowlanych, implementacji Lean Construction oraz BIM w polskim środowisku inżynierów budownictwa i architektów oraz udzielenie odpowiedzi na pytania badawcze postawione w rozprawie doktorskiej.
5. **Jak?** Przy pomocy wywiadu standaryzowanego nieustrukturyzowanego.

Zgodnie z przyjętymi założeniami realizacji badania jakościowego autor nie stawiał hipotez, lecz przywołał pięć z ośmiu wcześniej opracowanych pytań badawczych:

1. PB1: Jak koncepcja szczupłego zarządzania wpływa na zarządzanie projektami w budownictwie?
2. PB2: Jak technologia BIM wpływa na zarządzanie projektami w budowlanymi?
3. PB4: Jakie są elementy łączące Lean Construction i BIM?
4. PB6: Jak kształtować relacje między stronami kontraktu budowlanego wykorzystując Lean Construction i BIM?
5. PB8: Jakie są bariery / wyzwania / czynniki dla wdrożenia w przedsiębiorstwie działającym w Polsce koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM?

Sformułowane pytania stanowiły punkt wyjścia do przeprowadzenia badania w formie wywiadów z docelową grupą uczestników. Są one efektem wcześniej przeprowadzonych przez autora badań, a w szczególności badania ilościowego, które w znacznym stopniu zdeterminowało kształt zadanych pytań badawczych na potrzeby niniejszego badania jakościowego.

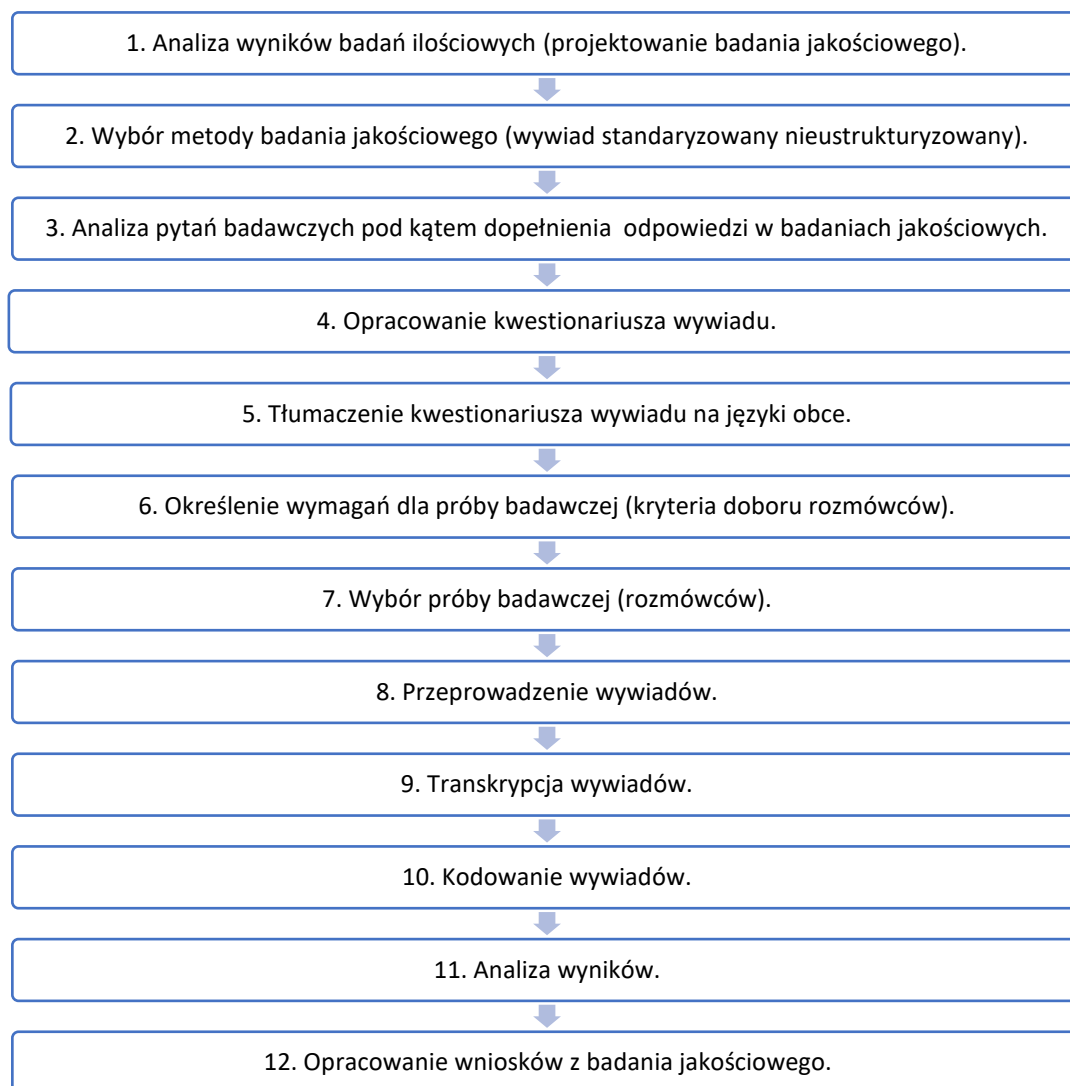
6.2. Metoda i narzędzie badawcze

Założeniem badacza było przeprowadzenie takiej liczby wywiadów z reprezentatywną grupą uczestników, aż do nasycenia (wyczerpania) tematu (saturacja kategorii) (Olejnik i in., 2024). Wywiady standaryzowane nieustrukturalizowane były prowadzone z reprezentantami branży budowlanej posiadającymi wiedzę i doświadczenie z zakresu technologii BIM oraz koncepcji Lean Construction. Zwrócono się zatem do specjalistów, których wybrano metodą doboru celowego (Czakon, 2006). Dokładna charakterystyka rozmówców została przedstawiona w kolejnym podrozdziale rozprawy doktorskiej. Autor przeprowadził w sumie 7 wywiadów, z czego wywiad ostatni w kolejności nie wносił dodatkowych treści stanowiąc dowód na saturację kategorii i uzasadnił możliwość zakończenia zbierania danych (Czakon i Glinka, 2021). Wszystkie przeprowadzone wywiady były wywiadami indywidualnymi. Ostatni rozmówca w swoich wypowiedziach potwierdzał dotychczas wskazane zagadnienia. Na tej podstawie autor zaprzestał przeprowadzania kolejnych rozmów z nowymi osobami (Suri, 2011).

Przebieg wszystkich kroków związanych z przygotowaniem, realizacją oraz opracowaniem wyników badania ilościowego przedstawia zamieszczony Rysunek 68. Na grafie można wyraźnie zauważyć, że wszystkie czynności są ze sobą ściśle powiązane oraz determinują kolejne poczynania autora.

Autor zdecydował się na zastosowanie wywiadu jako głównego narzędzia badawczego do przeprowadzenia badania jakościowego. W ocenie autora wybrane narzędzie dało najlepsze możliwości zgłębienia badanej tematyki po zrealizowanych wcześniej badaniach ilościowych, które wskazały niewielki poziom znajomości i wykorzystania jednoczesnego LC i BIM. Autor zdecydował się na zastosowanie techniki indywidualnego wywiadu standaryzowanego, nieustrukturyzowanego (Czakon i Glinka, 2021). Takie badanie charakteryzuje się stałą listą pytań, które są zadawane w niezmienniej kolejności, a mogą być uzupełniane pytaniami pomocniczymi o charakterze wyjaśniającym. Pytania z listy zostały zadane wszystkim rozmówcom. Pytania pomocnicze miały na celu wspomaganie rozmówców, w celu lepszego zrozumienia omawianych przez nich zagadnień (Qu i Dumay, 2011). Pytania pomocnicze były zadawane zarówno przez przeprowadzającego wywiad (doszczegóławiające/ wyjaśniające), jak i jego uczestników (umożliwiające lepsze zrozumienie pytań badacza). Dodatkowo nieustrukturyzowany sposób wywiadu dał możliwość autorowi zadania pytań w sposób umożliwiający rozmówcy dostosowanie swojej odpowiedzi do prezentowanego stanowiska. Dzięki takiemu rozwiązaniu rozmówca nie miał narzucanych przez prowadzącego wywiad

sposobu formułowania odpowiedzi. Rozmówcy wielokrotnie posiłkowali się przykładami ze swojego wieloletniego doświadczenia zawodowego.



Rysunek 68 Metodyka badania jakościowego

Źródło: opracowanie własne

Międzynarodowość prowadzonych badań zdeterminowała również język wywiadów. Wywiady były prowadzone w jednym z trzech języków, którymi autor rozprawy doktorskiej płynnie włada, tj. po polsku, angielsku i niemiecku. Sytuacja ta miała również wpływ na treść zadawanych pytań i drobne różnice charakterystyczne dla wywiadów nieustrukturyzowanych. Jednocześnie sytuacja ta wzbogacała wkład merytoryczny prowadzonych badań. Autor zdecydował się nie tłumaczyć treści całych wywiadów, aby nie zatracić wartości dodanych zawartych w tekście źródłowym. Ze względu na płynną znajomość języków wywiadów przez autora, fakt ten nie stanowi problemu w opracowaniu analizy oraz wniosków z wywiadów. Na potrzeby doktoratu autor dokonał tłumaczenia fragmentów wywiadów, które zostały

zamieszczone w niniejszej rozprawie. Do wykonania tłumaczeń autor wspierał się aplikacją DeepL, jednakże tłumaczenia te nie stanowią bezpośredniego wyniku z aplikacji. Zostały one dostosowane do kontekstu przez autora na podstawie znajomości tematyki oraz specyficznego słownictwa związanego z zagadnieniem, jak również kontekstu wypowiedzi. Aby umożliwić czytelnikowi dokładny pogląd na analizowane fragmenty wywiadów w treści rozprawy autor umieszcza zarówno tekst oryginalny, jak i tłumaczony na język polski.

Autor przed rozpoczęciem badania przygotował wstępny scenariusz wywiadu:

1. Pierwszym krokiem jest nawiązanie kontaktu z potencjalnym rozmówcą. Podczas rozmowy wstępnej autor przedstawia rozmówcom tematykę oraz kontekst i cel badań.
2. Następnym krokiem jest weryfikacja potencjalnego rozmówcy pod kątem dopasowania do kryteriów założonych dla próby badawczej.
3. Po weryfikacji i zaakceptowaniu rozmówcy autor umawia się na indywidualne spotkanie w celu przeprowadzenia wywiadu.

Spotkania zgodnie z założeniami trwały od 30 do 60 minut, podczas których autor przeprowadzał pełny wywiad. W trakcie wywiadu autor zadawał rozmówcom po 17 pytań głównych dotyczących badanego zagadnienia. Dokładna liczba pytań była różna w zależności od rozmówcy i potrzeby stosowania pytań pomocniczych. Zadane rozmówcom pytania wraz z najczęściej stosowanymi pytaniami pomocniczymi zawarte są w tabeli stanowiącej Załącznik 13 – Kwestionariusz badania jakościowego. Na wstępie autor zadawał rozmówcom pytania ogólne dotyczące badanej tematyki. W kolejnych pytaniach rozdzielał zagadnienia BIM i Lean Construction oraz indywidualnie poznawał doświadczenie rozmówcy w zakresie stosowania, wdrażania oraz wyzwań związanych z badanym zagadnieniem. W kolejnych pytaniach autor odnosił się do wspólnego zastosowania Lean Construction oraz BIM oraz dawał większą przestrzeń rozmówcy do podzielenia się własnymi przemyśleniami. Końcowe pytanie autora stanowiło niejako kontrę do wcześniej omawianego tematu i dotyczyło wad wspólnego zastosowania Lean Construction i BIM.

Badania jakościowe zostały przeprowadzone metodą wywiadu bezpośredniego stacjonarnie (na miejscu z rozmówcą) lub zdalnie (przy pomocy komunikatora internetowego MsTeams w formie wideokonferencji). Forma ta została zdeterminowana przez panujące warunki pandemiczne w okresie realizacji wywiadów. Wywiady zostały zrealizowane między listopadem 2022 r., a styczniem 2023 r.. Po przeprowadzeniu wywiadów autor dokonał

transkrypcji rozmów. Do analizy i opracowania wyników badania autor skorzystał z oprogramowania MAXQDA Plus.

Krokiem następującym po wykonaniu transkrypcji wywiadów było ich zakodowanie. Proces ten został wykonany również przy wykorzystywaniu oprogramowania MAXQDA Plus. Na wstępie po wykonaniu pierwszej analizy zgromadzonych treści autor przygotował wstępną listę ok. 20 kodów. Następnie w trakcie analizy i szczegółowego kodowania poszczególnych wywiadów autor rozszerzył tę listę do sumarycznie 54 kodów, które miały zastosowanie w analizowanych wywiadach. Dokładna analiza kodowania wraz z listą kodów jest przedmiotem kolejnego rozdziału 6.4 Wyniki kodowania danych. W ramach badania autor wyodrębnił 4 grupy kodów głównych, tj. obszary które najczęściej pojawiały się w wypowiedziach:

1. Wyzwania
2. Synergia Lean Construction i BIM (S LB)
3. Lean Construction
4. BIM

W ramach tych grup autor opracował kody uszczegóławiające poszczególne zagadnienia, które były przedmiotem wypowiedzi rozmówców. Autor zdecydował się na powyższe pogrupowanie zagadnień w kontekście sformułowanych na wstępie pytań badawczych. Autor przypisywał poszczególnym fragmentom wywiadów indywidualne kody szczegółowe lub stosował kody zbiorcze, jeśli w ocenie autora lepiej odpowiadały analizowanej treści. W analizie występowały przypadki, w których to dany fragment transkrypcji odnosił się do kilku kodów jednocześnie. Stworzenie kodów nadrzędnych znacznie ułatwiło analizę treści oraz w dalszej części wypracowanie wniosków przez autora.

Grupa kodów „Wyzwania” zawiera wszelkie wyzwania, które wskazali rozmówcy w kontekście wdrażania i stosowania zarówno LC, jak i BIM. Na podstawie tej grupy zakodowanych wypowiedzi autor ma możliwość ich analizy oraz opracowania rekomendacji związanych z implikacją Lean Construction wspólnie z BIM w środowisku polskich przedsiębiorstw budowlanych. Rozmówcy podzielili się licznymi wyzwaniami, które napotkali na swojej drodze zawodowej oraz wskazali kluczowe elementy związane z implikacją badanych zagadnień.

Grupa „Synergia Lean Construction i BIM” daje możliwość analizy, jak w perspektywie doświadczeń rozmówców działa współpraca między analizowanymi zagadnieniami oraz jakie

posiadają oni doświadczenia we wspólnym stosowaniu obu elementów. Obszar ten jest zagadnieniem stosunkowo nowym i daje ogromny potencjał do realizowanych obecnie oraz w przyszłości badań.

Grupy kodów dotyczące oddzielnie „Lean Construction” oraz „BIM” dają możliwość autorowi indywidualnej analizy obu zagadnień niezależnie. W celu lepszego zrozumienia zagadnień oraz wypracowania wniosków autor analizuje zebrane treści również w podziale na tematy stricte związane z Lean Construction oraz BIM. Fakt ten umożliwia w dalszych krokach wskazanie elementów wspólnych dla obu obszarów oraz określenie przestrzeni, w których one się przenikają oraz zazębiają. Zakodowanie treści przeprowadzonych wywiadów stanowi jedno z kluczowych narzędzi wspierających dalsze analizy.

6.3. Próba badawcza

Autor podczas doboru próby badawczej (rozmówców w wywiadach) kierował się następującymi kryteriami:

- Przypadki intensywne, które charakteryzują osoby doświadczone i niewykazujące skrajności w związku z badanym zagadnieniem;
- Przypadki krytyczne, które charakteryzują osoby, które swoim doświadczeniem umożliwiają uogólnienie wysuniętego przez badacza twierdzenia lub ułatwiają podjęcie decyzji, które z postulowanych wyjaśnień jest najbardziej prawdopodobne (Czakoń i Glinka, 2021).

Kolejnymi kryteriami, którymi autor kierował się w doborze próby badawczej były kluczowe kompetencje, wykształcenie oraz doświadczenie rozmówców. Wszyscy rozmówcy posiadali wykształcenie wyższe techniczne związane z branżą budowlaną. Wśród rozmówców byli zarówno inżynierowie budownictwa, jak i inżynierowie architektki, którzy prowadzą aktywną praktykę zawodową związaną z realizacją, consultingiem i zarządzaniem przedsiębiorstwami budowlanymi. Wszyscy rozmówcy posiadają co najmniej kilkuletnie doświadczenie zawodowe, a niektórzy nawet ponad 20-letnie. Ze względu na innowacyjny charakter badanych zagadnień, badacz nie ograniczał grona respondentów tylko do osób z doświadczeniem zawodowym np. powyżej 10 lat. Doświadczenie dotyczyło wykorzystania przez rozmówców LC oraz BIM w swojej pracy zawodowej. Na podstawie wyników z pierwszej części badań – badań ilościowych – które zostały przeprowadzone wśród respondentów polskojęzycznych autor zdecydował się na umiędzynarodowienie badań.

Skorzystanie z możliwości mobilności doktoranta w ramach toku studiów umożliwiło wykonanie wywiadów z zagranicznymi ekspertami branżowymi. Zastosowanie tego ruchu umożliwiło szersze spojrzenie na badany temat, również ze strony bardziej doświadczonych rozmówców. Decyzję tą badacz podjął, ponieważ na podstawie wyników badań ilościowych, w których jedynie niewielki odsetek respondentów (poniżej 1%) wskazało jednocześnie doświadczenie związane z tematyką Lean Construction oraz BIM. Czynniki te stanowiły kluczowy wyznacznik doboru rozmówców do badania jakościowego. Dodatkowo badacz wykorzystał swoją praktykę zawodową realizowaną w niemieckim przedsiębiorstwie oraz uczestnictwo w konferencjach branżowych organizowanych przez German Lean Construction Institute do nawiązania kontaktu z doświadczonymi przedstawicielami branży, posiadającymi znaczną wiedzę i doświadczenie praktyczne w zakresie badanego obszaru. Ostatecznie wśród uczestników wywiadu znalazła się:

- dwójka przedstawicieli posiadających doświadczenie zawodowe zdobyte na polskim rynku,
- trójka przedstawicieli charakteryzująca się doświadczeniem na rynku niemieckim,
- dwójka rozmówców posiadających doświadczenie zdobyte na rynkach międzynarodowych.

Powyższa kombinacja rozmówców dała autorowi możliwość poznania szerokiego spektrum doświadczeń oraz uzyskania istotnych i rzetelnych informacji dotyczących badanej tematyki. Szczegółowa charakterystyka poszczególnych rozmówców przedstawiona jest w poniższej w Tabeli 14.

Tabela 14 Charakterystyka uczestników wywiadu - badanie jakościowe

Nr rozmówcy, inicjały	Język wywiadu	Doświadczenie zawodowe w obszarze LC i BIM	Doświadczenie zawodowe - region	Wykształcenie	Rola
R1 DH	niemiecki	b. duże	Niemcy	inż. architekt	ekspert
R2 DR	niemiecki	b. duże	Niemcy	inż. architekt	ekspert/ konsultant
R3 KHE	angielski	duże	międzynarodowe	inż. architekt	project manager
R4 MG	polski	duże	Polska	inż. budownictwa	ekspert
R5 RS	polski	duże	Polska	inż. architekt	ekspert

R6 SW	niemiecki	b. duże	Niemcy	inż. budownictwa	ekspert/ konsultant
R7 STD	niemiecki i angielski	b. duże	międzynarodowe	inż. budownictwa	ekspert/ konsultant

Źródło: opracowanie własne

Czas trwania jednego wywiadu wynosił między 30, a 60 minut. W efekcie przeprowadzonej transkrypcji zrealizowanych wywiadów autor otrzymał ok. 55 stron tekstu. Tabelaryczne zestawienie liczby stron po transkrypcji dla każdego z wywiadów zawarte jest w Tabeli 15. W ocenie autora tekst wywiadu po transkrypcji nie wymaga tłumaczenia całych rozmów, jedynie cytatów, ze względu na biegłość językową badacza w językach polskim, angielskim i niemieckim.

6.4. Wyniki kodowania danych

W procesie zakodowania wyników badań autor wyodrębnił 54 kody o sumarycznej częstotliwości występowania 324. Drzewo kodowe badania jakościowego przedstawia Tabela 16, a spis poszczególnych drzew kodowych dla wszystkich rozmówców stanowi Załącznik 14 – Drzewa kodowe poszczególnych rozmówców niniejszej rozprawy. Tabelaryczne zestawienie częstotliwości kodów w zależności od rozmówcy zawarte jest w Tabeli 15.

Tabela 15 Zestawienie liczby stron i częstotliwości kodów w badaniu jakościowym

Rozmówca	Liczba stron po transkrypcji wywiadu	Częstotliwość występowania kodów
R1 DH	12	84
R2 DR	8	38
R3 KHE	7	52
R4 MG	10	60
R5 RS	6	26
R6 SW	7	42
R7 STD	5	22
Suma	55	324

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonej analizy autor dokonał wizualizacji częstotliwości występowania kodów przy pomocy chmury kodów którą obrazuje Rysunek 69.

rozwiązań. Podkreśla on ogromną wartość komunikacji i rozmów między uczestnikami procesu. Wskazuje na to w swojej wypowiedzi:

DE: *„Dadurch, dass du das Wissen für dich behalten hast und jetzt nicht kollaborativ mit den anderen geteilt hast. Fällt uns jetzt auf die Füße und dann stirbt jede Methodik, der der beste Prozess bringt dir nichts, egal ob wir modellieren an der Umsetzung nicht funktioniert so, und das ist ja also dieses Gemeinschaftliche. Diese kollaborative Gedanke, der ist für beide Methoden extrem wichtig und da spielt der Faktor Mensch, der spielt da eine ganz wesentliche Rolle ja.”*

PL: *„Zachowując wiedzę dla siebie i nie dzieląc się nią wspólnie z innymi. To teraz spada na nasze barki, a wtedy każda metoda umiera, najlepszy proces nie przynosi nic dobrego, niezależnie od tego, czy modelujemy implementację, czy nie, i to jest ten aspekt współpracy. Ta idea współpracy jest niezwykle ważna dla obu metod, a czynnik ludzki odgrywa bardzo ważną rolę.”.*

Kolejnym wśród najpopularniejszych kodów był „BIM Czynniki ludzkie” z częstością wystąpienia 19, a podium częstotliwości występowania zamknął kod „LC Zrozumienie koncepcji” z częstością 18 wystąpień. Wszystkie trzy kody należą do grupy kodowej wyzwania związane ze stosowaniem i implementacją badanych zagadnień. Rozmówca 3 bardzo wyraźnie wskazuje na czynnik ludzki w swojej odpowiedzi na pytanie dotyczące największych wyzwań związanych z implementacją BIM w realizowanym projekcie:

EN: *„Actually the biggest challenge was of course the setup of all this. And the communication with all participants, especially the experience ones, imagine these old fashioned engineers that have done their job for 40 years in almost the same way. And now some young project managers show up could be their children and tell them that this project's got to be organized in a totally different way they've never seen before. This of course costs some rumors in the very beginning and some of them actually did not contribute up to the very end which did cause a problem. However, most of them did sooner or later, and many of them of course realized then that once they got into it and into working with it and made it much easier.”*

PL: *„Największym wyzwaniem była oczywiście organizacja tego wszystkiego. I komunikacja ze wszystkimi uczestnikami, zwłaszcza tymi doświadczonymi - wyobraźmy sobie tych staromodnych inżynierów, którzy wykonywali swoją pracę przez 40 lat w prawie taki sam sposób. A teraz pojawiają się młodzi kierownicy projektów, którzy mogliby być ich dziećmi*

i mówią im, że ten projekt musi być zorganizowany w zupełnie inny sposób, którego nigdy wcześniej nie widzieli. To oczywiście kosztowało kilka pogłosek na samym początku, a niektórzy z nich faktycznie nie zaangażowali się do samego końca, co spowodowało problem. Jednak większość z nich prędzej czy później to zrobiła, a wielu z nich oczywiście zdało sobie z tego sprawę, gdy już weszli w to i zaczęli z tym pracować, to znacznie ułatwiło im pracę.”.

Wskazuje on, że wprowadzanie nowości w szczególności w konserwatywnym i doświadczonym środowisku stanowi znaczne wyzwanie. Rozmówca 6 w swoich wypowiedziach dużą uwagę przykłada do tematu zrozumienia koncepcji Lean w przedsiębiorstwie oraz wśród uczestników procesu. Fakt ten potwierdzają jego słowa dotyczące głównych wyzwań związanych z implementacją Lean:

DE: *„Das waren so die Hauptherausforderungen, also im Prinzip die. Die größte Unternehmens und auch vielleicht das Verständnis bei allen Führungskräften. Und die fehlende Strategie am Ende ja.”*

PL: *„Zasadniczo były to główne wyzwania. Największe wyzwanie dla firmy, a być może także zrozumienie dla wszystkich menedżerów. I brak strategii na koniec.”.*

Wskazuje on, że krytycznym punktem nie byli pracownicy wykonujący swoje zadanie, ale najwyższa kadra managerska. Głównym wyzwaniem w jego opinii było właśnie zrozumienie przez zarząd istotności wprowadzenia Lean na niższych szczeblach w przedsiębiorstwie. Niemniej zrozumienie nowej, dotychczas niestosowanej koncepcji przez jej przeszłych użytkowników też stanowiło wyzwanie. Wskazuje na to jedna z jego kolejnych wypowiedzi, w której podkreśla się istotność zrozumienia koncepcji Lean przez wszystkich uczestników procesu:

DE: *„Die Nutzung von Lean Construction bei Bauprojekt. Ich glaube, das ist das. Es sind auch mehrere Punkte. Zum einen ist es: die Mitwirkung aller und das Verständnis bei allen also, dass wir nach Unternehmer, Bauherr, Generalunternehmer, dass alle wirklich verstehen, was wir damit machen wollen und wirklich mitarbeiten. Weil immer dann, wenn wir jetzt einzelne Akteure sind. Ich sag mal einzelne Firmen nicht dabei haben wird es immer super schwierig. Und ich glaube, das hat dann sowohl den methodischen Charakter als auch einen kulturellen Charakter, also das Thema zumindest der deutschen Bauwirtschaft, dass man wirklich sagt wir vertrauen einander, wir sind transparent. Und wir wollen gemeinsam das Projekt zu Ende bringen. Das ist eine Grundvoraussetzung, damit ich Lean einsetze. Und ich*

glaube, das ist dann so ein bisschen die größte Herausforderung, wirklich auf den Projekten. Dass dieses Mindset noch nicht überall vorherrscht. ”

PL: „Wykorzystanie Lean Construction w projektach budowlanych. Myślę, że to wszystko. Jest też kilka punktów. Po pierwsze, chodzi o zaangażowanie wszystkich i zrozumienie między wszystkimi, tj. że my, jako wykonawcy, deweloperzy, generalni wykonawcy, wszyscy naprawdę rozumiemy, co chcemy z tym zrobić i naprawdę współpracujemy. Ponieważ zawsze jesteśmy indywidualnymi graczami. Powiedziałbym, że zawsze jest to bardzo trudne, jeśli nie mamy zaangażowanych poszczególnych firm. I uważam, że ma to zarówno charakter metodyczny, jak i kulturowy, tj. kwestia, przynajmniej w niemieckiej branży budowlanej, że naprawdę mówimy, że sobie ufamy, jesteśmy transparentni. I chcemy wspólnie ukończyć projekt. To dla mnie podstawowy warunek stosowania Lean. I myślę, że jest to największe wyzwanie w projektach. Ten sposób myślenia nie jest jeszcze wszędzie powszechny. ” .

Trzy najpopularniejsze kody wyraźnie wskazują na aspekt psychologiczno-pedagogiczny we wdrażaniu oraz stosowaniu zarówno Lean Construction, jak i BIM w budownictwie. To tu są wąskie gardła, ale również największe potencjały rozwojowe. W ocenie autora zagadnienie to jest bardzo podobne do implementacji wszelkich nowości, nie tylko w środowisku budowlanym, ale w każdej grupie społecznej. Rola osoby wdrażającej tą nowość jest wysoce istotna, a jej kompetencje zarówno techniczne, jak i społeczne odgrywają bardzo istotną rolę w drodze do osiągnięcia sukcesu.

Kolejnym kodem posiadającym bardzo wysoką częstotliwość występowania jest kod zbiorczy „Synergia LC i BIM” – synergia Lean Construction i BIM legitymujący się występowaniem w ilości 66 powtórzeń. Charakteryzuje on wskazanie przez wszystkich respondentów na synergiczny efekt zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM. Rozmówcy wskazywali najczęściej, że badane obszary dają zauważalne efekty synergii w obszarze procesów. To właśnie procesy zostały wskazane przez rozmówczynię 4 jako ten najistotniejszy element wspólny Lean i BIM, potwierdza to ona w swoich słowach:

PL: „Gdzie się między sobą najbardziej to zazębia? W procesach, wg mnie. W ludziach też tak ja bym powiedziała, że narzędzia to są bardziej jakieś taka wtórna rzecz, że może niepopularna opinia, ale tak naprawdę możesz pracować w BIMie i nie umieć korzystać z narzędzi typowo BIMowych. Patrz. Oprogramowanie do modelowania wystarczy, że potrafisz obsługiwać przeglądarkę. Tak naprawdę ja mówię o osobach na budowie. Tak w sensie na przykład kierownik budowy nie musi umieć modelować. Wystarczy, że będzie w stanie

skorzystać z modelu w taki sposób, jaki jest jemu potrzebny, czyli na przykład zrobić przedmiar.”.

Procesy stanowią bardzo istotny element koncepcji Lean. To w obszarze procesów i ich optymalizacji podejście Lean znajduje główne zastosowanie i przynosi wymierne efekty. Sama koncepcja Lean w głównej mierze skupia się na procesach i ich ciągłym doskonaleniu. Tak jak wskazała rozmówczyni 4 to znajomość i zrozumienie procesów, a nie wszystkich narzędzi daje te wymierne korzyści zarówno w obszarze Lean jak i BIM. Dodatkowo wielokrotnie wskazywano na elementy wspólne technologii oraz koncepcji. Zarówno BIM 4D, jak i Lean odnoszą się do czasu. Wielokrotnie wskazywano na wizualizację jako istotny element Lean, którą w świetny sposób można osiągnąć dzięki wielowymiarowemu modelowi BIM. Na ten fakt wyraźnie wskazuje rozmówca 7:

EN: *„Both include scheduling information. That's the main commonality, because when it comes to lean, everything is about the time. And that is one aspect of BIM model. So time if you do 4D planning in BIM. And the other main part is that both methods belief at the end of the day that having visual information can be easily understood, then written or spoken.”*

PL: *„Oba zawierają informacje o harmonogramie. To główna cecha wspólna, ponieważ jeśli chodzi o Lean, wszystko zależy od czasu. Jest to jeden z aspektów modelu BIM. A więc czas, jeśli planujesz w 4D w BIM. Inną główną częścią jest to, że wykorzystując obie metody jest przekonanie, że informacje wizualne są łatwiejsze do zrozumienia niż pisemne lub ustne.”.*

Szczególnym elementem wspólnym obu zagadnień jest transparentność, która jest nieodzownym elementem obu badanych zagadnień. Fakt ten wyraźnie podkreślała w swojej wypowiedzi rozmówczyni 4:

PL: *„Masz no jasne mówię, jasne, przepływ informacji, każdy wie za to odpowiada. Ma rozumieć, a tej odpowiedzialności, masz też większą transparentność, co jest plusem i minusem, z podwykonawcami czy z inwestorem. Tu mówię zarówno przy Leanie, jak i przy BIMie. I to też przede wszystkim mówię, pozwala ci na wcześniejsze wykrywanie problemów, czyli problem powstaje.”.*

Wskazuje ona również, że dla niektórych ta transparentność może stanowić wyzwanie. Niemniej rozmówca 1 wskazuje również na istotność transparentności i podkreśla, że za tą transparentność, która jest benefitem odpowiedzialni są wszyscy uczestnicy procesu:

DE: „Ja und warum also wie gesagt, Steigerung der Qualität, Schaffung von Transparenz nicht nur auf Seiten des Projektsteuerer, sondern auch für Bauherren Seite das ist übrigens eine der Herausforderungen, mit der wir sehr zu kämpfen haben, weil das habe ich jetzt festgestellt. Auch in anderen Projekten schon.”

PL: „Tak, i dlatego, jak powiedziałem, podnoszenie jakości, tworzenie transparentności nie tylko po stronie kierownika projektu, ale także dla klienta - to jedno z wyzwań, z którymi się zmagamy, nawiasem mówiąc, ponieważ teraz zdałem sobie z tego sprawę. Także w innych projektach.”.

Rozmówcy potwierdzają jednogłośnie, że osiągnięcie benefitów z zastosowania Lean i BIM wymaga pracy od wszystkich uczestników procesu budowlanego, w tym zarówno zamawiającego, wykonawcy i wszelkich pozostałych uczestników. W opinii autora ciężka praca, która jest do wykonania w szczególności na wczesnym etapie przedsięwzięcia ma możliwość przyniesienia zauważalnych benefitów w trakcie realizacji, a w szczególności przy sprawnym zamykaniu i podsumowywaniu projektu.

Rozmówcy w trakcie przeprowadzonych wywiadów wielokrotnie wskazywali liczne zalety zastosowania Lean Construction. Wśród nich najczęściej wskazywali na transparentność procesów oraz realizacji. To na tą wielokrotnie omawianą transparentność stanowiącą zaletę stosowania Lean Construction wskazuje rozmówca 3 w odpowiedzi na pytanie, jak wpływa zastosowanie Lean Construction na realizację procesu budowlanego:

EN: „First of all as a matter of transparency. This is especially important in this situation where you have only one or very few contractors, as we see now in the current project, actually lean is not that important for planning a process, than for controlling. And for making it transparent. Because a single contractor, that's actually to organize himself and lean construction management can help him, of course doing so. But first of all it will help the client, the investor, the planners, everybody else to make his process his and his self-organization transparent.”

PL: „Przede wszystkim chodzi o transparentność. Jest to szczególnie ważne w sytuacji, gdy masz tylko jednego lub bardzo niewielu wykonawców, jak widzimy teraz w bieżącym projekcie, w rzeczywistości Lean nie jest tak ważny dla planowania procesu, jak dla kontroli. I dla uczynienia go transparentnym. Ponieważ pojedynczy wykonawca musi się zorganizować, a szczupłe zarządzanie budową może mu w tym pomóc. Ale przede wszystkim pomoże klientowi,

inwestorowi, planistom, wszystkim innym, aby jego proces i samoorganizacja były transparentne.”.

Jednocześnie w przedsiębiorstwach, w których ma zastosowanie koncepcja Lean charakteryzują się zdecydowanie większym uporządkowaniem całego procesu budowlanego w porównaniu z procesami zarządzanymi w sposób inny niż Lean. Na liczne benefity Lean wskazuje rozmówca 7 w opisie wpływu zastosowania Lean na prowadzenie procesu budowlanego:

EN: *„The impacts if it's done correctly, of course is. It has a high variety of different positive impacts, such as shortened time schedules. More productive labour, less safety accidents or incidents. Better collaboration, a better team atmosphere, best for project attitude within the project. Fulfilment of client. Uh. Requirements and in general, a project which is good in solving problems.”*

PL: *„Skutki, jeśli jest to zrobione poprawnie, to oczywiście tak. Ma to wiele różnych pozytywnych skutków, takich jak skrócenie harmonogramów. Bardziej produktywna praca, mniej wypadków lub incydentów związanych z bezpieczeństwem. Lepsza współpraca, lepsza atmosfera w zespole, najlepsze podejście do projektu w ramach projektu. Spełnienie oczekiwań klienta. Uh. Wymagania i ogólnie, projekt, który jest dobry w rozwiązywaniu problemów.”.*

Na znaczne uporządkowanie projektów wskazuje również rozmówczyni 4, która reprezentuje polski rynek budowlany. Przedstawia ona liczne zalety prowadzenia projektów, w których stosuje się Lean w stosunku do tych, gdzie nie zastosowano koncepcji Lean. Fakt ten potwierdzają jej słowa:

PL: *„Powiedziałabym, że ta realizacja jest dużo sprawniejsza, dlatego, że od początku. Od początku wszystko mamy zaplanowane od kontraktacji poprzez wszystkie tematy formalne poprzez sam harmonogram realizacji. Wszystko jest ze sobą powiązane i robimy po prostu, jakby jest zebrany w jednym miejscu i na bieżąco monitorowane, więc idzie to dużo sprawniej. Taka realizacja właśnie przy Lean Construction niż standardowa realizacja, na której też zresztą sama byłam. Wszystko jest uporządkowane, każdy wie, za co jest odpowiedzialny, do kiedy ma to wykonać. Wie jaki jest postęp, jaki jest bieżący termin realizacji, które nam wychodzi z opóźnień bądź przyspieszeń. Także, no na pewno dla samego zespołu jak i dla dyirekcji. Powoduje to, że na bieżąco wiedz, w jakiej sytuacji jest budowa, gdzie ewentualnie budowa potrzebuje pomocy i potencjalnie mogą podejmować decyzję pod kątem chociażby zasobów, ale to różnych zasobów. Zarówno mówię o kontraktacji, jak i o pracownikach, bo*

jeżeli widać, że rzeczywiście każdy jest bardzo obłożony zadaniami, bo to też monitorujemy. No to wtedy widać, że rzeczywiście potrzeba więcej personelu, albo potencjalnie już nie jest potrzebne, tyle personelu. Można kogoś przełożyć na inny projekt. Jest to po prostu, to działa dużo, dużo sprawniej niż na projektach bez Lean Construction, w bardziej uporządkowany sposób.”

Zauważalną przestrzenią do przyszłego rozwoju tematyki Lean Construction jest szkolnictwo wyższe, tylko dwójka rozmówców wskazała uczelnię wyższą, jako miejsce pierwszego kontaktu z tą tematyką. Fakt ten wskazuje na dwie możliwe przyczyny tego zjawiska, pierwszą jest, iż tematyka ta jest stosunkowo nowa i starsi rozmówcy nie mieli możliwości poznania jej w trakcie studiów, a drugim jest wskazanie na brak znajomości tematyki wśród naukowej kadry dydaktycznej. Wskazuje to na potrzebę wzbogacenia programów studiów o zagadnienia związane z tematyką Lean Construction.

W ramach dodatkowych badań w postaci rozmów z przedstawicielami środowiska nauczycieli akademickich z Niemiec, autor pragnie wskazać na lukę dydaktyczną w aktualnym programie studiów w Polsce. Zagadnienie to zostanie dokładniej omówione w kolejnym rozdziale niniejszej rozprawy, gdzie autor szerzej przedstawi swoje wnioski i rekomendacje. Dla większości rozmówców pierwszy kontakt z tematyką Lean Construction był podczas szkoleń w ramach praktyki zawodowej. Kontekst pierwszego kontaktu z Lean Construction opisuje rozmówca 3:

EN: *„My first contact with Lean Construction was. I'm in a project that did not incorporate BIM, of course. Mm-hmm. And it was. Actually. A theoretical approach that was integrated into a running project, partially to optimize procedures in the project completion. So that the project had started without using lean and we switched partially to lean to optimized organizations and procedures, and so time schedules during the construction process. After it had started.”*

PL: *„To był mój pierwszy kontakt z Lean Construction. Brałem udział w projekcie, który oczywiście nie obejmował BIM. Mm-hmm. I tak było. Właściwie. Podejście teoretyczne, które zostało zintegrowane z realizowanym projektem, częściowo w celu optymalizacji procedur jego realizacji. Tak więc projekt rozpoczął się bez stosowania Lean i częściowo przeszliśmy na Lean, aby zoptymalizować organizację i procedury, a więc harmonogramy w trakcie procesu budowy. Już po jego rozpoczęciu.”*

Przedstawione doświadczenie potwierdza, że koncepcja Lean w budownictwie jest zagadnieniem nowym i dynamicznie rozwijającym się. To właśnie w pracy zawodowej,

rozmówcy z większym doświadczeniem w branży budowlanej mieli możliwość zapoznania się z tłem teoretycznym zagadnienia, jak również poznali przykłady zastosowania Lean Construction już bezpośrednio w praktyce. Fakt ten potwierdza, że to właśnie do rozwoju i szerszej implikacji Lean w głównej mierze przyczyniają się przedsiębiorstwa. To właśnie przedsiębiorstwa prywatne zauważają największe benefity związane z zastosowaniem koncepcji Lean przez swoich pracowników podczas wykonywania obowiązków służbowych. Rolę wiodącą w transferze wiedzy do praktyki spełniają tu nie uczelnie, ale firmy doradcze.

W poniższym zestawieniu tabelarycznym Tabela 16 autor przedstawia w sposób zbiorczy zastosowane kody wraz z częstością ich występowania. Najliczniejszą grupą kodów, były kody zawarte w grupie „Wyzwania”. To tej tematyce zgodnie z założeniami przeprowadzonego badania autor poświęcił największą uwagę przeprowadzając wywiady. Skumulowane kody dotyczące wyzwań oraz synergii zastosowania Lean Construction oraz BIM stanowią ponad połowę zakodowania. Ten wynik potwierdza również założenia wstępne badacza oraz dokumentuje poprawność wykonania badania.

Tabela 16 Drzewo kodowe badania jakościowego

Drzewo kodowe		Częstotliwość
	Suma częstości kodów	324
Wyzwania		117
1	LC Czynniki ludzkie	22
2	BIM Czynniki ludzkie	19
3	LC Zrozumienie koncepcji	18
4	BIM Zrozumienie technologii	11
5	LC Obawa przed zmianą	8
6	BIM Technologia	7
7	BIM Zamawiający (świadomość)	6
8	Połączenie techniczne BIM i LC	4
9	BIM Wykształcenie/ doświadczenie branżowe	4
10	LC Strategia wdrożenia	3
11	Ogólna standaryzacja (makro)	3
12	Niepowtarzalność/ różnorodność budownictwa	3
13	BIM Obawa przed zmianą	3
14	LC Narzędzia	2
15	BIM Współpraca budowa i planowanie	2
16	LC BIM Koszty procesu zmiany	1
17	BIM Kontrakt	1
Synergia LC i BIM (S LB)		66

18	S LB Procesy	17
19	S LB Elementy wspólne	12
20	S LB Transparentność/ zrozumienie	10
21	S LB Współpraca planowanie i wykonawstwo	9
22	S LB Strategia wdrożenia i stosowania	6
23	S LB Optymalizacja	4
24	S LB Brak wad	3
25	S LB Jakość	3
26	S LB Kontrakt	2
LC		84
	LC Wady	3
27	LC Transparentność W (wada)	3
	LC Zalety	42
28	LC Transparentność	10
29	LC Uporządkowanie	10
30	LC Płynność i efektywność procesów	5
31	LC Monitorowanie postępu	5
32	LC Niska bariera wejścia	4
33	LC Źródło danych	3
34	LC Przewidywanie	3
35	LC Redukcja kosztów	2
36	LC Szkolenia	11
37	LC Praktyka zawodowa	10
38	LC Projekt pilotażowy	7
39	LC Ciekawość nowości/ chęć rozwoju	4
40	LC Inicjator zmiany	4
41	LC Uczelnia wyższa	2
42	LC Lessons learned	1
BIM		57
43	BIM FM	2
	BIM Zalety	29
44	BIM Projekt	9
45	BIM Strukturyzacja (single source of truth)	7
46	BIM Źródło informacji	5
47	BIM Transparentność	4
48	BIM Komunikacja	2
49	BIM Parametry	2
50	BIM Praktyka zawodowa	8
51	BIM Standaryzacja	5

52	BIM Projekt pilotażowy	5
53	BIM Szkolenia	4
54	BIM Uczelnia wyższa	4

Źródło: opracowanie własne

Szczegółowe drzewa kodowe z wywiadów z poszczególnymi rozmówcami stanowią Załącznik 14 – Drzewa kodowe poszczególnych rozmówców niniejszej rozprawy. Na ich podstawie czytelnik może zaobserwować znaczną zbieżność wywiadów i wskazywanie podobnych zagadnień przez wszystkich rozmówców.

6.5. Dyskusja wyników badania

Przeprowadzone wywiady z siedmioma rozmówcami przyczyniły się do sformułowania wniosków, które stanowią wynik niniejszego badania. Autor na podstawie jednogłosnej opinii rozmówców oraz obserwacji własnych może stwierdzić, że zastosowanie Lean Construction pozytywnie wpływa na realizację inwestycji budowlanej. Stwierdzenie to stanowi odpowiedź na PB1. Jednocześnie można określić, że pozytywny wpływ w głównej mierze dotyczy usprawnienia procesów oraz poprawy komunikacji między uczestnikami przedsięwzięcia, jakim jest realizacja inwestycji budowlanej. To właśnie element przepływu informacji oraz sprawnej komunikacji oraz wzrostu transparentności wśród uczestników procesu jest kluczowy. W swoich wypowiedziach rozmówca 7 wyraźnie wskazuje na liczne benefity z prawidłowo wdrożonej koncepcji Lean podczas realizacji kontraktu budowlanego:

EN: *„The impacts If it's done correctly, of course is. It has a high variety of different positive impacts, such as shortened time schedules. More productive labour, less safety accidents or incidents. Better collaboration, a better team atmosphere, best for project attitude within the project. Fulfilment of client. Uh. Requirements and in general, a project which is good in solving problems.”*

PL: *„Efekty, jeśli jest to realizowane poprawnie oczywiście są. Ma to wiele różnych pozytywnych skutków, takich jak skrócenie harmonogramów. Bardziej produktywna praca, mniej wypadków lub incydentów związanych z bezpieczeństwem. Lepsza współpraca, lepsza atmosfera w zespole, najlepsze podejście do projektu w ramach projektu. Spełnienie oczekiwań klienta. Uh. Wymagania i ogólnie, realizacja projektu w sposób, który jest dobry w rozwiązywaniu problemów.”.*

Również rozmówca 6 wyraźnie wskazuje na pozytywny wpływ zwiększonej transparentności na poprawę jakości komunikacji:

DE: „*Das kommt eher über das Thema Transparenz, gemeinsames Arbeiten, bessere Kommunikation, das sind so diese Hauptthemen, die ich so aus meiner Erfahrung mitgenommen hab.*”

PL: „*Chodzi bardziej o zagadnienie transparentności, współpracę, lepszą komunikację - to główne tematy, których nauczyłem się z mojego doświadczenia.*”.

Zjawisko to zachodzi zarówno wewnątrz struktur wykonawcy, jaki i między wykonawcą, inspektorem, a zamawiającym, co w znacznym stopniu przyczynia się do usprawnienia realizacji obiektu, redukcji konfliktów oraz sporów. Konflikty występujące podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego w znacznej mierze są efektem niedoinformowania stron zainteresowanych sprawą. Zastosowanie koncepcji Lean w środowisku budowlanym przynosi pozytywne efekty i w ocenie autora należy poszerzać świadomość przedstawicieli branży budowlanej oraz propagować metody Lean już na etapie edukacji na studiach wyższych.

Autor formułuje podobne wnioski dotyczące PB2, które dotyczy wpływu zastosowania technologii BIM na realizację przedsięwzięcia budowlanego. BIM podobnie jak i Lean usprawnia realizację obiektu budowlanego. Podstawową zaletą w ocenie rozmówców jest wizualizacja obiektu, jaką daje model. BIM w znacznej mierze jest doceniany na etapie projektowym, gdzie usprawnia cały proces, umożliwia bardziej wydajną koordynację międzybranżową oraz umożliwia wykrycie kolizji już na wczesnym etapie projektowym. Zgodnie ze spostrzeżeniem rozmówcy 6 dobrze wykonany i sprawdzony model BIM przynosi również wymierne korzyści na etapie realizacji:

DE: „*Genau. Ja. Damit meiner rudimentären Erfahrung. Ich glaube, BIM ist vor allem dann stark, wenn wir, wenn wir es schaffen, dadurch. Die er vorgelagerten Prozesse, da erhoffe ich mir viel mehr als das Thema. Wirklich Planung, fertige und qualitativ hochwertige Planung wenn wir das hinkriegen, herzustellen, dann haben wir ein Riesenvorteil, weil dann haben wir natürlich im Bau viel weniger Probleme, da sehe ich dann tatsächlich auch den größten Mehrwert von BIM wirklich eine. Vielleicht sogar zeitlich beschleunigte, qualitativ hochwertige und mit allen Gewerken abgestimmte Planung das ist das, was ich mir aus Film erhoffe und was man den Projekten auch schon merkt, dass das tatsächlich ein Unterschied ist.*”

PL: „Dokładnie. Tak. Z mojego elementarnego doświadczenia. Uważam, że BIM jest szczególnie silny, gdy nam się to uda (wdrożyć). Oczekuję znacznie więcej niż tylko procesy. Jeśli uda nam się stworzyć naprawdę dobre planowanie, modułowanie i wysokiej jakości projekt, będziemy mieli ogromną przewagę, ponieważ wtedy oczywiście będziemy mieli znacznie mniej problemów podczas budowy i właśnie w tym widzę największą wartość dodaną BIM. Być może nawet szybsze, wysokiej jakości planowanie, które jest skoordynowane ze wszystkimi branżami - to jest to, na co liczę dzięki filmowi i już teraz można stwierdzić na podstawie projektów, że naprawdę robi to różnicę.”.

Słowa te potwierdzają, że w znacznej mierze BIM jest benefitem dla realizacji. Dzięki sprawdzeniu kolizji już na etapie modelu projektowego wykonawca unika tych problemów na placu budowy. Dodatkowo BIM wspomaga komunikację między uczestnikami przedsięwzięcia budowlanego i jest określany przez wielu użytkowników jako „single source of truth”, a w wolnym tłumaczeniu na język polski „jedyne źródło prawdy”. To dzięki zapisaniu wielu informacji dotyczących obiektu budowlanego w jego cyfrowym bliźniaku zarówno wykonawca, jak i użytkownik mają bardzo szybki dostęp do ogromnej i usystematyzowanej bazy danych. Na ten fakt wskazuje w swoich wypowiedziach rozmówca 3:

EN: „In a different way from a conventional project very important issue was this so-called single source of truth and the working in to a common model into a common database. And so to organize the project and the information generated during the planning process of the project, the project progress. In one single place, and to be used commonly by all participants. So the actual. Uh means of Project organization was a license metrics, licenses to read, to write, to see, to contribute, to be issued to different participants in a particular way.”

PL: „W odróżnieniu od konwencjonalnego projektu bardzo ważną kwestią było tak zwane jedyne źródło prawdy i praca we wspólnym modelu we wspólnej bazie danych. I tak zorganizować projekt i informacje generowane podczas procesu planowania projektu, monitorowania postępu projektu. W jednym miejscu i do wspólnego wykorzystania przez wszystkich uczestników. Tak więc faktycznym. Środkiem organizacji projektu były metryki danych, dane do odczytu, zapis, wgląd, wkład, które miały być wydawane różnym uczestnikom w określony sposób.”.

Dodatkowo ten sam rozmówca wyraźnie wskazuje na przykład usprawnienia komunikacji wewnątrz zespołu projektu, dzięki zastosowaniu modelu BIM:

EN: „*It may provide, of course, if it is consequently used. It may reduce communication efforts. Because. Theoretically, this is really only provided it is consequently used and we are you really have this single source of truth which everybody knows. And. Which has an access metrics organized very early so that everybody who uses it may get the information from it. He really needs and also finds it without asking. I don't know how many people. Which is the usual way the conventional organized project. You send 5 emails to 10 addressees each and hope for one answer, and after 50 and the other 49 hope that somebody else will answer. So to prevent this. BIM may be a very good tool provided the communications structure matches the information database. And this. And consequently, throughout the whole project, both the product of the planning and the process.*”

PL: „*Może oczywiście zapewnić konsekwentne korzystanie z niego. Może zmniejszyć wysiłki związane z komunikacją. Ponieważ. Teoretycznie jest to naprawdę możliwe tylko pod warunkiem, że jest konsekwentnie wykorzystywane, a my naprawdę mamy to jedno źródło prawdy, które wszyscy znają. I. Które ma zasady dostępu zorganizowane bardzo wcześnie, aby każdy, kto z niego korzysta, mógł uzyskać z niego informacje. Naprawdę ich potrzebuje, a także znajduje je bez pytania. Nie wiem, ilu osób. Który jest zwykłym sposobem konwencjonalnego zorganizowanego projektu. Wysyłasz 5 e-maili do 10 adresatów każdy i masz nadzieję na jedną odpowiedź, a po 50 i pozostałych 49 masz nadzieję, że ktoś inny im odpowie. Aby temu zapobiec. BIM może być bardzo dobrym narzędziem, pod warunkiem, że struktura komunikacji pasuje do bazy danych informacji. I to. A co za tym idzie, przez cały projekt, zarówno produkt planowania, jak i procesu.*”.

Dzieje się tak oczywiście, jeśli model jest właściwie przygotowany oraz na bieżąco aktualizowany w trakcie projektowania, realizacji oraz wykonywania dokumentacji powykonawczej. W tym przypadku, podobnie jak w zagadnieniu dotyczącym efektu zastosowania Lean na realizację inwestycji budowlanej kluczowym elementem jest czynnik ludzki. To właśnie od uczestników procesu zależy sukces implementacji zarówno Lean jak i BIM. Wyżej wymienione efekty mają jedynie szansę na pozytywny efekt, jeśli zarówno koncepcja, jak i technologia będą właściwie wdrożone oraz stosowane podczas całego procesu realizacji. W opinii autora również to wielokrotnie wspomniany czynnik ludzki stanowi główne wyzwanie w sukcesie wprowadzania innowacji. Dokładniejszą analizę tego zagadnienia przedstawi autor w dalszej części niniejszego rozdziału analizując PB8.

Istotnym obszarem synergii Lean Construction oraz BIM są procesy. To właśnie na nich skupia się koncepcja Lean oraz w znacznym stopniu dotyczą one technologii BIM, która nie

zamyka się wokół samego modelu obiektu. Dotyczy ona również wszelkich procesów związanych z jego efektywnym wykorzystaniem. Stwierdzenie to w znacznej mierze odpowiada na PB4 postawione przed przeprowadzeniem badania. BIM umożliwia znaczne usystematyzowanie informacji o obiekcie, a systematyzacja i uporządkowanie są jednym z filarów Lean. To dzięki ciągłemu doskonaleniu dąży się do perfekcji, a model BIM i jego przygotowywanie stanowi w pewnym sensie dążenie do założonej perfekcji. Przykładowo wspomniane już wcześniej wykrywanie kolizji jest przybliżeniem modelu do ideału. Koncepcja Lean jest świadoma, że perfekcja jest stanem nieosiągalnym, lecz dążenie do jej osiągnięcia jest procesem ciągłym. W tym przypadku określenie wymagań dotyczących modelu BIM może być punktem, w którym model ten osiągnął wystarczającą jakość. Również zgodnie z założeniami Lean, klient ma otrzymać produkt o założonej i wymaganej przez niego jakości, w zaplanowanym czasie realizacji oraz budżecie. Dzięki temu producent, w budownictwie wykonawca, dokładnie wie, co, gdzie i w jakim standardzie i czasie ma wykonać za określone wynagrodzenie. Na tą optymalizację i klarowność wytycznych wskazuje w swojej wypowiedzi rozmówca 3:

EN: *„In this methodology, may also bring optimization of efficiency in the planning, in securing quality of the product and in the cost and effort efficiency of a building process. And this is what combines two technologies of the two methodologies. But once more, of course, this is a huge planning effort, which has to be taken before. We can raise some efficiency gains, which of course may be useful, may pay off in one project and maybe far too big in another.”*

PL: *„W tej koncepcji może również przynieść optymalizację wydajności w planowaniu, w zapewnieniu jakości produktu oraz w kosztach i wydajności procesu budowlanego. I to właśnie łączy dwie technologie, dwie metody. Ale oczywiście jest to ogromny wysilek planistyczny, który należy podjąć wcześniej. Możemy uzyskać pewien wzrost wydajności, który oczywiście może być przydatny, może się opłacić w jednym projekcie, a może być zbyt duży w innym.”*

Obszarem styku badanych zagadnień jest również wielokrotnie wspomniana transparentność, która w znacznym stopniu ułatwia komunikację wśród uczestników przedsięwzięcia budowlanego. Transparentność ta stanowi jeden z fundamentów Lean oraz może być uzyskana przy pomocy technologii BIM. Technologia ta stanowi również narzędzie do komunikacji poprzez wymianę danych przy pomocy modelu oraz jego parametrów. Dzięki komunikacji przy pomocy modelu uczestnicy procesu otrzymują jednobrzmiące i czytelne dane, na co wskazywali już wcześniej cytowani rozmówcy. Komunikacja przy pomocy modelu

eliminuje znaczną ilość nieporozumień, które mogą zdecydowanie łatwiej wystąpić przy wykorzystaniu komunikacji mailowej lub werbalnej. W przypadku komunikacji z zastosowaniem platform do wymiany danych na podstawie modelu eliminuje się wiele niejasności, a komunikujący się ze sobą uczestnicy omawiają dokładnie wybrany element i właściwy zakres modelu. Usprawnienie komunikacji również jest bardzo istotnym celem stosowania Lean. Kolejnym, ale nie mniej ważnym aspektem synergicznego stosowania Lean Construction oraz BIM jest wizualizacja. Wizualizacja stanowi kluczowe założenie koncepcji Lean, a wielowymiarowy model BIM stanowi idealne narzędzie do tego w obszarze budownictwa. Ta modelowa wizualizacja w ogromnym stopniu usprawnia realizację przedsięwzięcia budowlanego. W opinii autora symultaniczne stosowanie koncepcji Lean Construction wraz z technologią BIM może przynieść wymierne benefity dla uczestników procesu budowlanego. Wspólne zastosowanie obu elementów pozwala w pełni wykorzystać potencjał drzemący zarówno w Lean, jak i w BIM, co wynika z przytoczonych wypowiedzi, w szczególności:

- Zastosowanie koncepcji Lean wraz z technologią BIM przynosi efekt synergii,
- Model BIM jest świetnym narzędziem do wizualizacji procesów, które są planowane zgodnie z zasadami Lean,
- Tylko wspólne zastosowanie Lean i BIM daje pełne możliwości wykorzystania benefitów obu elementów w realizacji obiektów budowlanych,
- Zastosowanie zaawansowanego modelu BIM w postaci cyfrowego bliźniaka obiektu budowlanego jest dążeniem do perfekcji w jego realizacji na budowie, co stanowi jeden z fundamentów Lean,
- Dzięki zamodelowaniu obiektu w BIM klient ma możliwość zweryfikowania swoich potrzeb i funkcjonalności obiektu jeszcze przed rozpoczęciem procesu budowy, co stanowi wartość dodaną w postaci redukcji marnotrawstw oraz dostarczania klientowi dokładnie takiego produktu, jakiego potrzebuje.

W swojej wypowiedzi rozmówczyni 4 wyraźnie wskazuje na istotność wspólnego stosowania Lean i BIM oraz przedstawia liczne tego zalety

PL: „Dlaczego naczynia powiązane i dlaczego warto stosować Lean i BIM, oj Oj? Warto stosować Lean i BIM, ponieważ wtedy uzyskujemy pełnię korzyści obydwu metodyk, to znaczy mamy. Mamy dobrze zaplanowany projekt z małą ilością strat, powykrywane kolizje, skoordynowany. Przede wszystkim ten projekt możemy sobie później korzystać z takiego

modelu, chociażby mówię ja mówię z perspektywy generalnego wykonawcy, na przykład na etapie gwarancji. Jeżeli odpowiednio go sparаметryzujemy, bo wtedy wiemy, kto to wykonywał i tak dalej i to nie jest szukanie w papierologii, która ma 1000 tomów, bo też różnie bywa z personelem. Niektórzy raz są, później, nagle ich nie ma i nie ma do kogo zadzwonić i nagle nie wiesz, też różne rzeczy zdarzają się na budowie. Czasem jest tak, że dany zakres przechodził z rąk do rąk 15 razy tak, bo jeden podwykonawca zszedł, przyszedł następny i tak dalej. A jeżeli sobie to odpowiednio parametryzujesz, to dokładnie wiesz jaki zakres robił dany podwykonawca dalej. No masz ładnie skatalogowaną całą dokumentację powykonawczą, masz cały projekt tak naprawdę dobrze skatalogowany i jesteś w stanie później do tego wrócić. Masz no jasne mówię, jasne, przepływ informacji, każdy wie za to odpowiada. Ma rozumieć, a tej odpowiedzialności, masz też większą transparentność, co jest plusem i minusem, z podwykonawcami czy z inwestorem. Tu mówię zarówno przy Leanie, jak i przy BIMie. I to też przede wszystkim mówię, pozwala ci na wcześniejsze wykrywanie problemów, czyli problem powstaje.”.

Na podstawie tej wypowiedzi można potwierdzić założenie, że wspólne zastosowanie Lean i BIM umożliwia znacznie wcześniejsze wykrycie problemów, a w wielu przypadkach również ich zapobieganie.

Kolejnym pytaniem badawczym postawionym przez autora było PB6 dotyczące wytycznych w zakresie kształtowania relacji między stronami kontraktu przy wykorzystaniu Lean i BIM. Zagadnienie to ma aspekt zdecydowanie bardziej psychologiczny niż techniczny, a uzyskanie bezpośredniej odpowiedzi na to pytanie było znacznym wyzwaniem. Autor formułuje wnioski na podstawie wszystkich wywiadów oraz licznych obserwacji własnych. Kluczowym elementem jest zrozumienie przez wszystkich uczestników procesu budowlanego pryncypiów koncepcji Lean oraz istoty funkcjonowania technologii BIM. W pierwszej kolejności wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego powinni zrozumieć kolokwialnie „o co chodzi w Lean” i „o co chodzi w BIM”. Na ten fakt wyraźnie wskazuje rozmówca 1:

DE: *„Also erst mal die Zusammenhänge zu verstehen was will das jeweilige Gegenüber zu kapieren: Warum macht die Lean Methodik was wie wer braucht welche Informationen von wem bis wann? Und dann aber auch auf der anderen Seite das habe ich damals noch, mit der Sina zusammen gemacht, die da jetzt in Elternzeit ist gerade. Mhm. Das die auch verstehen warum machen wir die BIM Methodik also, dass die kapieren, das BIM nicht wie das oftmals verstanden wird einfach nur eine technische Spielerei ist so nach dem Motto Ja, wir haben 3D Modell, also sind wir auch im BIM unterwegs. Das ist so, das ist ein Teilaspekt davon, aber es*

ist genauso wie die Lean Methodik eben auch ist die BIM Methodik auch eine Methodik also das hat mit Change Management Prozess zu tun und mit einem gemeinsamen Verständnis zu tun. Es geht nicht darum, in den Laden zu gehen, den neue Software zu kaufen und dann zu sagen so und jetzt sind wir BIM Ready und wir können jetzt das alles machen so und genauso wenig ist die Lean Methodik wir kaufen irgendwie eine Packung Post ist kleben, die irgendwie an die Wand und damit es sind, alle Probleme gelöst, das ist nicht so, aber es wird leider oft so verstanden, dass es tatsächlich mit der. Mit der Denkweise sind wir sehr oft konfrontiert, also die kennst du ja wahrscheinlich dann auch aus deiner Perspektive aus deinem Projekten oder aus den Erfahrungen heraus dazu sensibilisieren. Das war die größte Herausforderung. sicherlich und dann bei der OWP 12 was natürlich noch mal sehr speziell aus mehreren Gründen das eine ist ein internes Projekt, das wurde oftmals gedacht. So ja, dann fällt es besonders leicht, dann ist ja kein Problem, weil wenn wir unser eigener Bauherr sind, dann. Sind wir damit nicht so kritisch? Das Gegenteil war der Fall also das war ein sehr, sehr hoher Anspruch und dafür. Dass es in Anführungsstrichen nebenher lief, mussten wir da sehr viel Zeit und Mühe investieren, so dass das eine."

PL: „Po pierwsze, aby zrozumieć kontekst, co druga osoba ma zrozumieć: Dlaczego stosujemy metodykę Lean, co robimy, jak, kto, jakich potrzebuje informacji od kogo i do kiedy? A z drugiej strony, robiłem to wtedy z Siną, która jest teraz na urlopie rodzicielskim. Mhm. Aby zrozumieć również, dlaczego używamy metodyki BIM, aby zdali sobie sprawę, że BIM nie jest tylko sztuczką techniczną, jak to się często rozumie, na zasadzie: Tak, mamy model 3D, więc używamy również BIM. Tak jest, to jeden z aspektów, ale podobnie jak metoda Lean, metoda BIM jest również koncepcją, więc ma związek z procesem zarządzania zmianą i wspólnym zrozumieniem. Nie chodzi o to, żeby pójść do sklepu, kupić nowe oprogramowanie, a potem powiedzieć, że jesteśmy gotowi na BIM i możemy już wszystko robić, podobnie jak w metodzie Lean nie chodzi o to, że kupujemy paczkę plakatów, które przykleja się do ściany i wszystkie problemy są rozwiązane, tak nie jest, ale niestety często rozumie się, że tak naprawdę chodzi o to. Bardzo często spotykamy się z takim sposobem myślenia, więc pewnie znasz to ze swojej perspektywy, ze swoich projektów lub doświadczeń. To było największe wyzwanie. Z pewnością, a potem z OWP 12, który jest oczywiście bardzo wyjątkowy z kilku powodów, jednym z nich jest projekt wewnętrzny, o którym często myślano. Więc tak, to jest szczególnie łatwe, to nie jest problem, ponieważ jeśli jesteśmy naszym własnym klientem, to. Czy nie jesteśmy aż tak krytyczni? Było wręcz przeciwnie, więc to był bardzo, bardzo wysoki standard i na korzyść. Musieliśmy zainwestować dużo czasu i wysiłku w fakt, że był to projekt poboczny."

Dodatkowym wyzwaniem jest również przekonanie osób decyzyjnych do słuszności zastosowania Lean i BIM podczas realizacji kontraktu. Na ten temat wypowiada się rozmówca 5:

PL: „*Najpierw trzeba im przedstawić. Znaczy to już wchodzić w takie moje. No właściwie taką moją tajemnicę przedsiębiorstwa jakbym swojego. Natomiast najpierw im trzeba przedstawić, o co w ogóle chodzi z tym przedstawić kilku stopniowy plan, w jaki sposób dochodzimy do do idei i dlaczego ta zmiana jest istotna, a potem, ale potem już zaczynamy pracę z ludźmi z zespołem także. Przekonać trzeba. Najpierw w spotkaniach trzeba przekonać kadrę. Tą główną kadrę, czyli właściciela plus główny główni zarządzający najlepiej jest właściwie przekonać inwestora, bo to wtedy. Praktycznie no może ruszyć wszystko. Natomiast no można też zacząć również od firmy budowlanej i również przekonywać inwestora. Natomiast no trzeba po prostu zacząć działać. Dobrą metodą jest wprowadzanie. to ale to też nie tak jeden do jednego, no bo trzeba też trochę przekonać ludzi, trochę im zmienić w głowach. Natomiast no dobrym startem jest Last Planner System.*”.

To podstawowe zrozumienie i zauważenie realnych benefitów są kluczowe do skutecznej adaptacji Lean Construction i BIM na kolejnych etapach przedsięwzięcia budowlanego. Z tego powodu bardzo istotne są szkolenia oraz wspólne warsztaty dla możliwie największej grupy osób zaangażowanych w projekt, a w szczególności grupy osób decyzyjnych, którzy najsilniej oddziałują na przebieg inwestycji. Takie warsztaty muszą być prowadzone w atmosferze wzajemnego szacunku oraz klarownego i intuicyjnego przedstawienia Lean i BIM. Istotnym elementem są namacalne przykłady oraz aktywizacja wszystkich uczestników biorących udział w warsztatach, aby poznali benefity jakie płyną z zastosowania nowych metod i technologii. W tym obszarze bardzo istotne są aspekty psychologiczne, które towarzyszą wszelkim wprowadzaniom nowych rozwiązań lub technologii. Sytuacja ta jest analogiczna do innych branż i metod. Wymaga bardzo jasnej komunikacji w zespole oraz przełamania barier społecznych i oporu przed nowym. Opór ten jest czynnikiem naturalnym u człowieka, stąd właściwe przekazanie wiedzy i zaangażowanie wszystkich uczestników jest bardzo istotne. Samo szkolenie wstępne nie jest wystarczające do prowadzenia całego projektu zgodnie z filozofią Lean. Kluczowe jest wyrobienie regularnych i czytelnych procedur u uczestników. Również prowadzenie cyklicznych spotkań podczas których wszyscy zaangażowani na danym etapie inwestycji będą mogli wymieniać się informacjami. Ma to istotny wpływ w szczególności w zakresie planowania i monitorowania postępu prac i planu działań na kolejne dni i tygodnie, a stanowi to istotny element koncepcji Lean. Takie spotkania należy

prowadzić cyklicznie, a obecność osób decyzyjnych i zaangażowanych bezpośrednio w realizowane procesy jest kluczowa i obowiązkowa dla osiągnięcia sukcesu przedsięwzięcia. Technologia BIM jest ogromnym sprzymierzeńcem do czytelnego planowania prac, ponieważ dzięki zastosowaniu modelu wielowymiarowego wszyscy uczestnicy mogą w przystępny sposób zwizualizować swoje kolejne działania na placu budowy. To technologia BIM w tym przypadku jest świetnym narzędziem do wizualizacji i komunikacji w obszarze procesów zarządzanych zgodnie z koncepcją Lean. Właściwe planowanie zadań zarówno na etapie projektowym, jak i realizacji przy zastosowaniu Lean i BIM znacznie ułatwia optymalizację działań przy wykorzystaniu dostępnych zasobów. Stanowi to benefit dla wszystkich uczestników procesu budowlanego. Wskazuje na ten fakt również rozmówczyni 3 w swojej wypowiedzi:

PL: „Dużo wcześniej i możemy przeciwdziałać tak, a nie, że nagle się coś okazuje, że coś robisz i „o o bo ja tego nie przewidziałem” albo „oo, a to jeszcze jest ten zakres do kontraktacji o cholera, a ja go muszę jutro robić. Kim ja to zrobię?” jakby zapobiegamy temu wszystkiemu, analizujemy te też nasze niepowodzenia. Mamy też później bardzo dużą bazę wiedzy. Tak, bo ze wszystkich danych statystycznych, które my zbieramy, też jesteśmy w stanie. Określić sobie zespoły, jak na przykład planując zespoły. Tak wiemy, że który zespół planuje bardzo optymistycznie, więc trzeba zawsze wziąć poprawkę na to, że ich planowanie to trzeba dodać z 10% czy 20% czasu, które oni zakładają. Inny bardzo konserwatywnie, więc wtedy wiadomo, że to, co oni mówią, to też trzeba wziąć na to poprawkę, że to nie jest aż tyle, choćby mówili, że na pewno to się nie da zrobić krócej. Wiadomo, że się da i że oni mają taki bufor bezpieczeństwa, też na przykład możemy sobie różne rzeczy analizować. No mówię, to są bardzo ciekawe dane statystyczne podwykonawców, tak na różnych budowach, jak się zachowują. Jakie mają najczęstsze przyczyny niepowodzeń. Też, no jest bardzo jasny układ, jeżeli chodzi o BIM, jeżeli chodzi o na przykład współpracę z projektantem, No też projektant ma jasne wie, kiedy ma przekazywać dane, do kiedy ma zrzucać te dane, jakie rysunki ma wyprodukować tak to Wszystko, jakby założenia, on musi w ten sposób pracować. Nie wymyśla sobie tego sam i się nie dostosowuje do nas, tylko znaczy nie, nie my się dostosowujemy do niego, tylko on do nas. I wtedy też mamy większą kontrolę, ale w pozytywnym tego słowa znaczeniu, czyli po prostu wiemy, co się dokładnie dzieje i nie jest to zostawione takie samopas tak bym to ujęła i wtedy po prostu jesteśmy w stanie dostarczać dobry, czy bardzo dobry produkt, jakim jest końcowy efekt inwestycji, w terminie, jakościowy. No i tak naprawdę to tylko i wyłącznie na korzyść naszą jako generalnego wykonawcy i na korzyść inwestora. No i samego też projektanta.”.

Również zagadnienie związane z analizą ryzyk, ich minimalizacją oraz przeciwdziałaniem ich wystąpieniu jest obszarem wyraźnie związanym z implementacją Lean i BIM w realizacji procesu inwestycji budowlanej. To dzięki dokładnemu planowaniu procesów, ich wizualizacji jest zdecydowanie łatwiej z wyprzedzeniem wskazać te ryzyka. Działanie takie umożliwia kadrze zarządzającej ze znacznym wyprzedzeniem wprowadzenie planu przeciwdziałania ich wystąpieniu lub minimalizacji ich nieuchronnych skutków. Plan taki ma na celu minimalizację negatywnego wpływu wystąpienia ryzyka na całość procesu realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Niezmiernie istotny jest również proces zamykania i podsumowywania realizacji inwestycji. Podczas warsztatów podsumowujących wszyscy uczestnicy mają możliwość przedstawienia własnych wniosków i opinii. Usystematyzowana i przeanalizowana wiedza stanowi skarbnicę informacji dla kadry najwyższego szczebla, ale również dla osób odpowiedzialnych za poszczególne procesy podczas realizacji przyszłych projektów. Wiedza ta może mieć kluczowe zastosowanie do optymalizacji procesów przy realizacji kolejnych przedsięwzięć budowlanych. Może ona przyczynić się do efektywniejszego zastosowania technologii BIM na wszystkich etapach inwestycji oraz opracowania lepszych i sprawniejszych procesów, również w zakresie wymiany informacji między uczestnikami całego procesu budowlanego. Reasumując, kształtowanie relacji między stronami kontraktu powinno być oparte na wzajemnym szacunku, zrozumieniu oraz transparentnej i sprawnej komunikacji, mającej na celu eliminację problemów jeszcze przed ich realnym wystąpieniem oraz minimalizację ich eskalacji dzięki czytelnej wizualizacji procesów budowlanych przy zastosowaniu technologii BIM zgodnie z założeniami koncepcji Lean.

Ostatnim pytaniem badawczym PB8, na które odpowiedzi szukał badacz dotyczyło barier, wyzwań oraz czynników istotnych dla wdrożenia koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM w przedsiębiorstwach działających na polskim rynku budowlanym. Bardzo istotne dla odpowiedzi okazały się opinie od przedstawicieli reprezentujących zagraniczne rynki, gdzie badana tematyka jest bardziej dojrzała i szerzej stosowana. Doświadczenie to w opinii autora może być bardzo przydatne przy wdrażaniu Lean i szerszym stosowaniu BIM w Polsce. W pierwszej kolejności zostanie przedstawione zagadnienie dotyczące technologii BIM, jako tej bardziej popularnej i już szerzej stosowanej na polskim rynku budowlanym. Wiele przedsiębiorstw, a w szczególności tych dużych, stosuje BIM na coraz większą skalę. Dostrzegają one znaczny potencjał w tej technologii oraz widzą wymierne korzyści czasowe i finansowe z zastosowania BIM. W ocenie autora przejście na modelowanie wielowymiarowe będzie naturalnym krokiem w postępie technologicznym w budownictwie. Można to porównać

do sytuacji sprzed kilkudziesięciu lat, kiedy to projekty wykonywano ręcznie na desce kreślarskiej, a obliczenia przy pomocy prostych kalkulatorów lub analogowych narzędzi wspomagających obliczenia. Te analogowe rozwiązania zostały wyparte przez komputery z oprogramowaniem CAD oraz z programami do wykonywania zaawansowanych obliczeń. Obecnie trwa dalszy postęp technologiczny i z projektowania 2D przechodzi się na wielowymiarowe modele połączone z narzędziami do obliczeń statycznych i dynamicznych oraz innych parametrów projektowanych elementów. Narzędzia te mogą również być wsparciem w wykonywaniu przedmiarów oraz innych czynności wspomagające zespół odpowiedzialny za realizację inwestycji budowlanej. W ocenie autora silnym katalizatorem zmian w kierunku dalszej cyfryzacji oraz szerszego stosowania modelowania wielowymiarowego może być zamawiający publiczny. Wymagałoby to wprowadzenia klarownych wytycznych dotyczących standardów BIM, przetłumaczenia norm, z których pierwsze w momencie pisania niniejszej rozprawy są w trakcie procesu tłumaczenia, oraz właściwego zakontraktowania wymagań przez zamawiającego. Wymagania dotyczące BIM zdecydowanie częściej można spotkać w zamówieniach prywatnych, jednakże to zamówienia publiczne są istotnym motorem napędowym rozwoju oraz standaryzacji BIM. Fakt ten można zaobserwować na przykładzie krajów skandynawskich czy Wielkiej Brytanii, gdzie modelowanie wielowymiarowe jest standardem i obowiązkiem przy realizacji budowlanych zamówień publicznych. Obecnie aspekt techniczny związany z komputerami oraz oprogramowaniem stanowi znacznie mniejszą barierę wejścia dla stosowania BIM niż jeszcze dziesięć lat temu. Również dostępność szkoleń jest zdecydowanie większa niż przed laty oraz na rynku jest coraz więcej kadry inżynierskiej sprawnie posługującej się najnowszymi osiągnięciami techniki. Ogromny wpływ na tą sytuację ma rozwój szkolnictwa wyższego oraz wprowadzanie do podstaw programowych przedmiotów związanych z BIM oraz otwieranie licznych studiów podyplomowych oferujących kształcenie w tej tematyce. Zagadnienie dotyczące wdrażania i stosowania BIM na rodzimym rynku budowlanym jest zdecydowanie szerzej badane i analizowane również przez innych naukowców oraz podmioty gospodarcze, w tym cykliczne badania (Staniewicz i Nogaj, 2023). Z tego względu autor nie będzie dokładniej analizował tego zagadnienia. W przypadku wdrażania i stosowania koncepcji Lean sprawa przedstawia się zdecydowanie inaczej. W obszarze tego zagadnienia to wykonawcy, projektanci oraz w szczególności generalni wykonawcy muszą zauważyć potrzebę wprowadzania Lean Construction. Jest to spowodowane faktem, iż koncepcja Lean może przynieść właśnie dla nich największe benefity. Jest możliwe, że zamawiający w swoich wytycznych kontraktowych wpisze wymagania dotyczące prowadzenia projektu zgodnie z

zasadami Lean, lecz taka praktyka w szczególności wśród zamawiających publicznych ma zdecydowanie mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia. Wymagania kontraktowe dotyczące stosowania Lean można sporadycznie spotkać w przypadku realizacji kontraktów w krajach, w których koncepcja Lean jest zdecydowanie lepiej rozpoznawalna. Sytuacja ta występuje najczęściej na wniosek inwestora zastępczego, posiadającego doświadczenie własne w stosowaniu Lean Construction. Przy wdrożeniu oraz późniejszym stosowaniu Lean w kontraktach budowlanych realizowanych na rodzimym rynku największym wyzwaniem jest brak świadomości oraz wiedzy na temat Lean. Kolejnym aspektem jest już wielokrotnie wspominany czynnik ludzki oraz opór przed zmianą. Jednakże, gdy już przełamię się te bazowe bariery oraz w zespole znajdzie się osoba posiadająca odpowiednie kompetencje i wiedzę w zakresie Lean, wprowadzenie go będzie się charakteryzowało niską barierą wejścia. Na ten fakt wielokrotnie wskazują rozmówcy. Mówi o tym rozmówczyni 4:

PL: *„Jak to są same zalety! Ja akurat w samym Leanie jakiś tam, jakiś tam wad nie widzę w gruncie rzeczy, bo ani nie ma dużej bariery wejścia. Tak naprawdę jeżeli chodzi o Lean. Bo w sumie. Możesz mieć zwykłą kartkę papieru. Są takiego może być tak się tak próbuję coś znaleźć. Moi koledzy, niektórzy, którzy zaczynają teraz pewnie z wdrożeniem, by powiedzieli, że tych wad jest bardzo dużo. Oczywiście. Znaczą na pewno, jakby i jakiś tam minus jest taki, że rzeczywiście dużo czasu poświęcamy na korzystanie z narzędzi. Tak i to jest czas, który z takiej perspektywy osoby, która dopiero zaczyna przygodę z Leanem, to jest bardzo duży minus, ale no jednak później oszczędzamy ten czas. Zapobiegając właśnie różnym pożarom. Tak no, ale to gdzieś, gdzieś też może być dla niektórych problem, że dużo czasu poświęca się na narzędzia, analizy na monitorowanie i jednak trochę z tego dnia schodzi.”.*

Rozmówczyni zauważa, że na wstępnym etapie wdrażania Lean Construction w przedsiębiorstwie trzeba poświęcić więcej czasu na naukę i wyrobienie regularnych procesów, co jest typowym zjawiskiem przy wdrażaniu i nauce nowych rzeczy, jednakże energia poświęcona na wstępnie przynosi korzyści na kolejnych etapach pracy. Również rozmówca 4 wskazuje, że wprowadzenie Lean jako metodę zarządzania inwestycją budowlaną nie posiada znacznych barier wejścia. Wskazuje również na czas, jako czynnik który należy poświęcić na zrozumienie i wdrożenie nowego zagadnienia:

EN: *„I did have or actually I had already had a special training before that project started using lean. Umm it was that common lean basic training Dresco. Implemented that time generally, so that was had been my so far approach to lean by that time. And in that very project I did not have to do any special things or to to feel any requirements, special requirements, or*

to fulfill any special tasks related with Lean. It was just that we switched from a conventional time schedule management and and and control to the Lean methodology to optimize and to to raise efficiency. To raise our potentials for optimization of a given time schedule. And so it's there was not that big switch to lean in a way of now completely the changing everything."

PL: *„Odbywałem, a właściwie już odbyłem specjalne szkolenie, zanim projekt zaczął wykorzystywać Lean. Było to zwykłe podstawowe szkolenie Lean Dresco. Było to moje dotychczasowe podejście do Lean. W tamtym projekcie nie musiałem robić żadnych specjalnych rzeczy ani odczuwać żadnych wymagań, specjalnych wymagań ani wykonywać żadnych specjalnych zadań związanych z Lean. Po prostu przeszliśmy od konwencjonalnego zarządzania harmonogramem i kontroli do metody Lean w celu optymalizacji i podniesienia wydajności. Aby zwiększyć nasz potencjał optymalizacji danego harmonogramu. Tak więc nie było tak dużego przejścia na Lean w taki sposób, aby teraz całkowicie wszystko zmienić."*

Jego słowa potwierdzają stwierdzenie, że wprowadzenie Lean do zarządzania i prowadzenia inwestycji budowlanej nie wymaga drastycznych zmian oraz nie powoduje znacznych kosztów dla przedsiębiorstwa. Kluczowy jest aspekt personalny w postaci inicjatora zmiany, który będzie w kolejnych krokach odpowiedzialny za szkolenia personelu, a następnie prowadzenie projektu pilotażowego i w następnych krokach dalszego poszerzanie świadomości oraz wiedzy na temat Lean wśród współpracowników. Te kluczowe zadania dla Lean managera opisuje również rozmówca 6 w swojej wypowiedzi:

DE: *„Also im im ersten Job war also gab es das Thema Lean gerade erst ganz frisch. Und da war so ein bisschen die Aufgabe, das Thema dann zu implementieren also. Unternehmerisch und strategisch das Thema Lean besser zu positionieren. Und dazu gehört natürlich auch. Auch die operative Umsetzung also wirklich in Projekten über das war damals überwiegend noch Tag, Planung und Steuerung. Last Planer kam dann nachher noch ein bisschen dazu. Das war so die Hauptaufgabe, aber wirklich die Implementierung unternehmensweit, das war so das, was die Aufgabe war und was auch die jetzige Aufgabe im im neuen Job wieder ist."*

PL: *„W mojej pierwszej pracy temat Lean dopiero się pojawiał. Było też pewne zadanie, aby wdrożyć ten temat. Lepsze umiejscowienie tematu Lean z perspektywy przedsiębiorczości i strategii. Oczywiście obejmowało to również wdrożenie operacyjne, tj. naprawdę w projektach, było wówczas nadal głównie codziennym zadaniem, planowaniem i kontrolowaniem. Ostatni planista został dodany nieco później. To było główne zadanie, ale*

tak naprawdę wdrożenie w całej firmie, takie było zadanie i jakie jest obecne zadanie na nowym stanowisku.”.

Propagowanie kultury Lean w skali całego przedsiębiorstwa jest niezmiernie istotne w budowaniu dojrzałości Lean w skali globalnej dla całego przedsiębiorstwa. Dzięki szerokiemu zrozumieniu oraz regularnemu stosowaniu użytkownicy mają możliwość czerpania wymiernych zysków dla pracy własnej oraz zespołu, jak i dla całego przedsiębiorstwa.

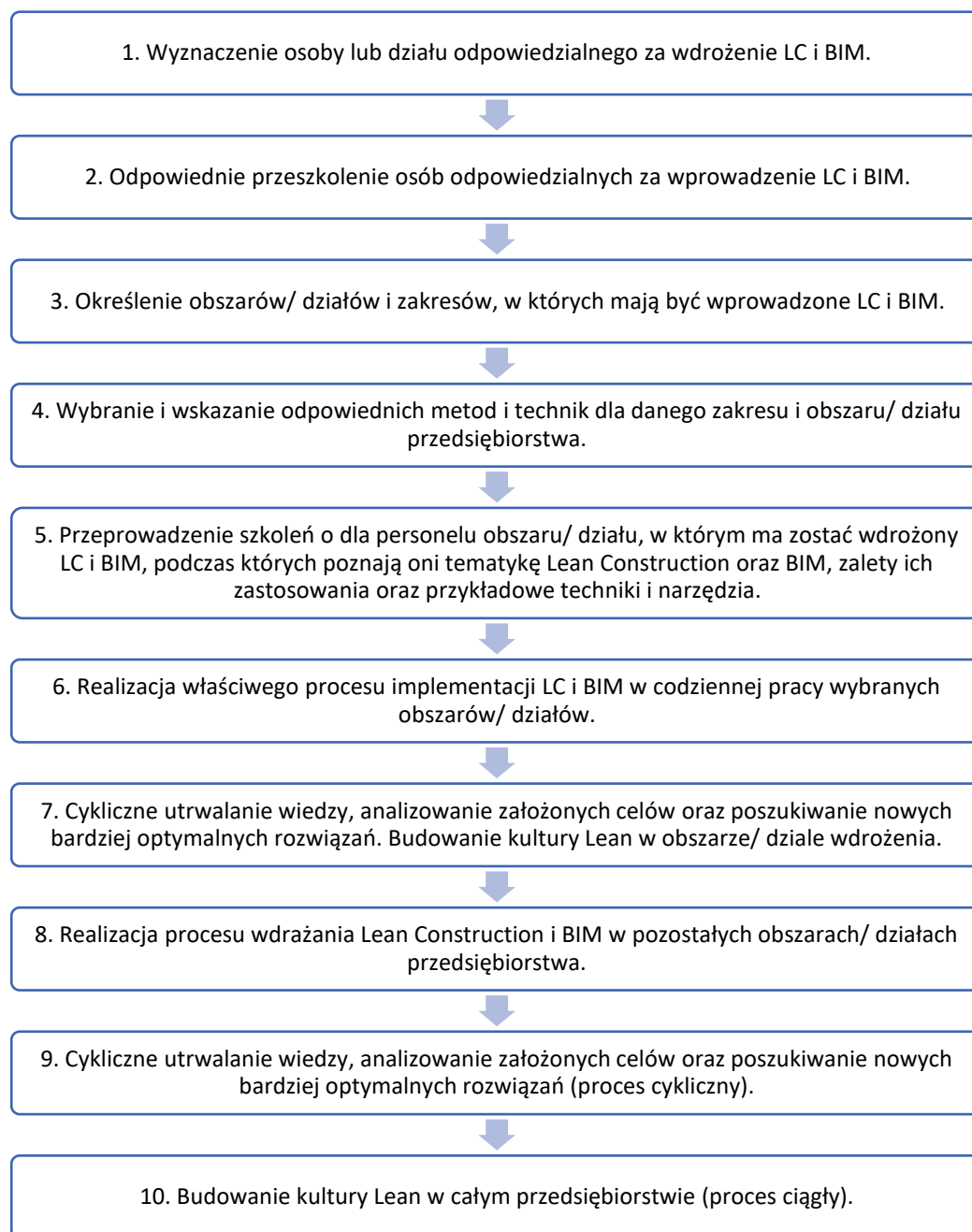
6.6. Rekomendacje dla przedsiębiorstw budowlanych dotyczące wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM

Rekomendacje opracowane przez autora tworzą wytyczne, które składają się na proces wskazujący kluczowe elementy, konieczne do wprowadzenia Lean Construction oraz BIM w przedsiębiorstwie przedstawione są na poniższym schemacie na Rysunek 70, w dziesięciu krokach.

Krok pierwszy jest niezmiernie istotny w celu osiągnięcia sukcesu we wdrażaniu Lean Construction i BIM w przedsiębiorstwie. Wybranie właściwej osoby odpowiedzialnej za ten proces może mieć istotny wpływ na jego powodzenie. Osoba będąca prekursorem, często określana też ambasadorem zmiany musi nie tylko posiadać odpowiednią wiedzę ekspercką w zakresie wprowadzanych zmian, jak również odpowiednią charyzmę i łatwość kontaktu ze współpracownikami. Bardzo istotne jest również pełne poparcie najwyższej kadry zarządzającej w celu osiągnięcia sukcesu. W tym przypadku ambasador zmiany powinien raportować bezpośrednio do najwyższej kadry zarządzającej, aby zwiększyć sprawczość swoich działań oraz możliwie skrócić proces decyzyjny w przedsiębiorstwie.

Ważnym elementem procesu wdrażania jest wybranie odpowiedniego działu lub zespołu, w którym zostanie zrealizowany projekt pilotażowy wdrażania. Grupa ta powinna być otwarta na zmiany, chętna do poszerzania swojej wiedzy oraz co bardzo istotne nie powinna być przytłoczona nadmiarem codziennych prac lub być na etapie projektu, który związany jest z wysoką presją czasu. Wdrażanie nowych rozwiązań zawsze związane jest z dodatkowymi nakładami czasu i energii na ten proces i dopiero po pewnym czasie przynosi wymierne korzyści. Przy wyborze działu do realizacji procesu wdrażania należy również wziąć pod uwagę, jakie konkretne narzędzia, techniki oraz rozwiązania technologiczne będą optymalne oraz możliwe do wdrożenia. Uczestnicy muszą je zrozumieć oraz dostrzec w nich potencjał do usprawnienia ich codziennej pracy. Autor przedstawił w rozdziale 4.4 rekomendowane metody

i techniki wspomagające stosowanie i wdrażanie Lean Construction w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej.



Rysunek 70 Schemat wdrażania LC oraz BIM w przedsiębiorstwie

Źródło: opracowanie własne

W ocenie autora kluczowym jest zbudowanie świadomości oraz zrozumienia założeń i benefitów jakie niesie zastosowanie Lean Construction oraz BIM. Dzięki zrozumieniu oraz zbudowaniu podobnego stanu wiedzy wśród uczestników procesu zastosowanie Lean Construction oraz BIM podczas realizacji będzie zdecydowanie łatwiejsze oraz przeniesie wymierne korzyści dla wszystkich uczestników procesu. Istotnym krokiem, jaki należy

wykonać w celu zbudowania świadomości oraz zrozumienia Lean i BIM są szkolenia i warsztaty dla osób zaangażowanych w proces. W takich wspólnych warsztatach powinni wziąć udział reprezentanci wszystkich uczestników procesu budowlanego bezpośrednio zaangażowani w proces inwestycyjny. Powinni być to uczestnicy mający wpływ na realizację inwestycji zarówno z perspektywy decyzyjnej, projektowej, wykonawczej oraz kontrolującej. Na takich warsztatach należy szeroko przedstawić oba zagadnienia oraz benefity płynące z ich indywidualnego, jak i synergicznego zastosowania. Oczywiście pogłębione warsztaty należałoby w kolejnych krokach przeprowadzić wśród kolejnych reprezentantów poszczególnych grup uczestników procesu, podczas których dokładniej zostaną omówione poszczególne techniki i narzędzia istotne z ich perspektywy i obszaru działalności. Tego typu warsztaty i szkolenia są szczególnie istotne dla uczestników procesu związanych z projektowaniem oraz realizacją budowy obiektu. To te grupy mają bardzo istotny wpływ na kształt inwestycji oraz czas i koszt jej realizacji. W obszarze projektowania i realizacji szczególnie można wykorzystać narzędzia i techniki Lean Construction oraz różnorodne narzędzia ICT. Dzięki ich zastosowaniu można znacznie zoptymalizować pracę. W tej przestrzeni kluczowe są kompetencje i wykształcenie oraz doświadczenie ekspertów branżowych, co ma swoje podłoże w dostępności szkoleń z tematyki Lean Construction oraz BIM dla przedstawicieli środowiska budowlanego w Polsce. Istotnym elementem jest również program kształcenia we wspomnianych obszarach na technicznych uczelniach wyższych.

Po zakończeniu sukcesem procesu wdrażania Lean Construction oraz BIM w dziale pilotażowym kolejnym krokiem jest poszerzanie wiedzy oraz standardów w kolejnych działach przedsiębiorstwa. Proces ten może być długotrwały i wymaga odgórnego wsparcia najwyższej kadry menadżerskiej. Gdy zostanie on osiągnięty, niezmiernie istotne jest ciągłe utrwalanie wiedzy wśród pracowników oraz profesjonalne szkolenie osób, które dołączają do zespołu. Tylko poprzez systematyczną pracę można osiągnąć dojrzałą kulturę Lean w przedsiębiorstwie. Proces ten jest procesem ciągłym i zawsze posiada potencjał do optymalizacji.

Jednym z kluczowych zagadnień związanych z szerokim stosowaniem wspólnie Lean Construction oraz BIM są ograniczenia technologiczne. Na rynku jest bardzo ograniczona dostępność oprogramowania, które umożliwia w łatwy i przystępny sposób połączenie harmonogramu stworzonego zgodnie z koncepcją Lean oraz modelu BIM. Takie połączenie najczęściej wymaga dłuższej i żmudnej wspólnej pracy od modelera BIM oraz planisty Lean. Co więcej wprowadzanie zmian w takim modelu i harmonogramie wielokrotnie jest bardzo trudne i wiąże się ze znacznym nakładem pracy. Fakt ten jest znacznym ograniczeniem przy wspólnej

implikacji Lean Construction oraz BIM. Obszar ten stanowi ogromny potencjał do rozwoju technologicznego. W tym przypadku zastosowanie sztucznej inteligencji może w znaczny sposób przyczynić się do usprawnienia procesu integracji modelu z harmonogramem. Obecnie na rynku są dostępne oprogramowania umożliwiające połączenie harmonogramu z modelem. Oferują je w swoim portfolio najwięksi dostawcy oprogramowania dla budownictwa tacy jak Autodesk czy Bentley Systems, jednakże ich oprogramowanie nie jest dostosowane do harmonogramów stworzonych w narzędziach przystosowanych do harmonogramów Lean bazujących na założeniach tablic Kanban. W tym obszarze zdecydowanie bardziej rozwinęci są mniejsi dostawcy oprogramowania dla budownictwa jak np. Kaulquappe AG, czy Specter Automation lub duże przedsiębiorstwa budowlane, które tworzą własne autorskie rozwiązania technologiczne. Jednym z kluczowych wyzwań technicznych jest odpowiednia parametryzacja atrybutów modelu BIM umożliwiająca ich łatwe połączenie z harmonogramem opracowanym zgodnie z założeniami Lean. Tak prawidłowo połączony model umożliwia świetną wizualizację całego procesu oraz analizę poszczególnych czynności w nim występujących. Dodatkowo ułatwia analizę ryzyk i opracowanie potencjalnych planów naprawczych w przypadku wystąpienia awarii lub opóźnień. Prawidłowo połączony plan działań i model mogą w znacznym stopniu usprawnić realizację przedsięwzięcia budowlanego, a stworzenie optymalnego oprogramowania kreuje możliwość zauważalnego usprawnienia realizacji i wykorzystania Lean Construction oraz BIM.

Zgodnie z założeniami Lean, każdy proces ma potencjał do optymalizacji i bardzo istotne jest ciągłe doskonalenie. Tak również w przypadku badanego zagadnienia istnieje ogromny potencjał do szerszego stosowania Lean Construction oraz BIM w warunkach polskiego przemysłu budowlanego. Obszar ten daje ogromne możliwości analiz i doskonalenia procesów w nim występujących. Potencjał do ciągłego doskonalenia i rozwoju znajduje się również w obszarze naukowym, gdzie autor dostrzega możliwość dalszych badań w wyżej wskazanym zakresie. Synergiczne zastosowanie Lean Construction i BIM daje nieskończone możliwości optymalizacji i usprawniania procesów w budownictwie.

6.7. Podsumowanie badań jakościowych

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż koncepcja Lean Construction jest zdecydowanie mniej znana w polskim środowisku branży budowlanej niż w Niemczech. Tematyka ta jest stosunkowo nowa i stosowana przez niewiele przedsiębiorstw, głównie dużych, posiadających centrale poza Polską. Przedsiębiorstwa te mają zasoby własne oraz

możliwości szkolenia pracowników, aby szerzej stosować Lean we własnej działalności. Na podstawie przeprowadzonych badań jakościowych można stwierdzić, że kluczowym czynnikiem w procesie implementacji Lean w przedsiębiorstwie jest tzw. czynnik ludzki, na który wskazują wszyscy rozmówcy. To bariera psychologiczna obrazująca się w głównie przez obawę przed zmianą i czymś nowym stanowi największe wyzwanie. Fakt ten związany jest w znacznej mierze ze starzejącą się kadrą budowlaną (Michalski i in., 2025), która w wielu przypadkach prezentuje bardzo konserwatywne podejście co do metod i narzędzi stosowanych w codziennej pracy. Propagatorzy Lean w branży budowlanej wielokrotnie spotykają się ze stwierdzeniami „bo zawsze tak robiliśmy i było dobrze” lub podobnymi, takie i podobne stwierdzenia zostały wskazane przez rozmówczynię 4. Fakt ten znacznie utrudnia przekonanie współpracowników do nowych, dla wielu nietypowych rozwiązań, które w początkowym etapie stosowania wymagają większego nakładu pracy od użytkownika. Bardzo istotnym aspektem jest zrozumienie przez wszystkich uczestników przedsięwzięcia podstaw filozofii Lean oraz poznanie korzyści płynących z jej stosowania. Czynnik ten został wyraźnie wskazany przez rozmówców 1, 2, 6 i 7. Jeśli uczestnicy nie poznają sensu oraz wyraźnych korzyści ze stosowania Lean dla nich samych, to bardzo ciężko będzie wprowadzić Lean podczas realizacji inwestycji. Jednakże sceptyczne nastawienie do nowych technologii i narzędzi nie jest obecne w całym środowisku inżynierskim. W znacznej mierze młode kadry są chętne do poznawania nowych technologii i rozwiązań, które mogą ułatwić i zoptymalizować ich pracę. Znacznym sprzymierzeńcem są liczne organizacje branżowe, które organizują warsztaty oraz konferencje, na których uczestnicy mają możliwość poznania nowych trendów i technologii w branży budowlanej. W tym zakresie otwiera się perspektywa do stworzenia Polskiego Instytutu Lean Construction, wzorem innych krajów europejskich oraz Stanów Zjednoczonych. Niemniej droga do powstania takiej organizacji w Polsce jest jeszcze dosyć odległa. W obecnej sytuacji istotnym aspektem jest poszerzanie świadomości oraz podstawowej wiedzy o Lean Construction i benefitów jakie niesie jego stosowanie wśród pracowników branży budowlanej. W tym celu bardzo dobrym nośnikiem wiedzy są konferencje branżowe, przedmioty na studiach wyższych oraz podyplomowych, branżowe portale internetowe, czy biznesowe portale społecznościowe takie jak LinkedIn. W obszarze BIM istnieje już kilka organizacji zrzeszających ekspertów i sympatyków tej technologii. Na czele znajduje się buildingSMART Polska, który organizuje coroczną konferencje openBIM, czy Fundacja BIM meetup, która do zagadnień BIM podchodzi z lekką dozą humoru i dystansu, lecz wyraźnym naciskiem na aspekty praktyczne. Przedmioty związane z BIM znajdują się również w portfolio przedmiotów

akademickich na polskich uczelniach wyższych. Fakt ten wskazuje na zdecydowanie większe zaawansowanie tematyki BIM niż Lean Construction w Polsce.

Z wdrażaniem oraz szerokim zastosowaniem Lean Construction powiązane są typowe wyzwania i bariery pojawiające się przy nowych zagadnieniach. Najlepszym – w ocenie autora, na obecnym poziomie znajomości tematyki w Polsce – sposobem propagowania Lean jest jego popularyzacja i budowanie świadomości jego zalet wśród reprezentantów branży budowlanej. W sytuacji, gdy coraz więcej przedsiębiorstw i osób zarządzających kontraktami budowlanymi dostrzeże zalety stosowania Lean podczas realizacji kontraktów, koncepcja ta stanie się w naturalny sposób powszechnie stosowana. Wyzwaniem następującym po wdrożeniu Lean na polskich budowach jest jego dalsze, regularne stosowanie i rozwój. Stanowi to również wyzwanie i wymaga systematyczności oraz wprowadzenia nawyków w zakresie sposobu prowadzenia kontraktów. Lean wymaga zwiększenia wzajemnego zaufania między uczestnikami przedsięwzięcia, jakim jest budowa nowego obiektu budowlanego. Transparentność, która jest jednym z fundamentów Lean wymaga przełamania licznych barier społecznych oraz jest kluczowa w osiągnięciu sprawnej współpracy, wskazali na to wszyscy uczestnicy badania jakościowego. Transparentność podczas realizacji projektu może znacznie ułatwić osiągnięcie celów założonych dla projektu na jego wstępnym etapie realizacji. W sprawnym stosowaniu Lean w trakcie realizacji nieoceniona jest rola osoby odpowiedzialnej za prowadzenie kontraktu zgodnie z zasadami Lean – Lean managera, który niejednokrotnie jest mediatorem między stronami oraz moderatorem cyklicznych spotkań w trakcie realizacji kontraktu. Uczestnictwo osoby o takich kompetencjach jako pomocne wskazali rozmówcy 1, 2, 3 i 7. Spotkania Lean są istotne zarówno na etapie planowania, projektowania, jak i realizacji obiektu budowlanego. Tylko systematyczna praca i kooperacja wszystkich uczestników przedsięwzięcia, jakim jest budowa nowego obiektu może zapewnić sukces jego realizacji. Tym samym wielokrotnie już wspomniany czynnik ludzki jest kluczowy w sprawnym wdrażaniu i stosowaniu Lean Construction w przedsiębiorstwach budowlanych.

Poniżej autor syntetycznie przedstawia odpowiedzi na postawione na wstępie badania pytania badawcze.

PB1: Jak koncepcja szczupłego zarządzania wpływa na zarządzanie projektami w budownictwie?

Zastosowanie szczupłego zarządzania może mieć bardzo pozytywny wpływ na realizację inwestycji budowlanej. Kluczowymi benefitami jest skrócenie czasu realizacji, możliwe

oszczędności finansowe oraz zwiększenie transparentności między uczestnikami procesu, co ma pozytywny wpływ na jakość komunikacji i prowadzenia inwestycji.

PB2: Jak technologia BIM wpływa na zarządzanie projektami w budowlanych?

Zastosowanie technologii BIM usprawnia realizację inwestycji budowlanej poprzez umożliwienie dokonania wielu analiz i weryfikacji jeszcze zanim powstanie planowany obiekt. Dodatkowo w trakcie realizacji prac zastosowanie modelu BIM umożliwia lepszą komunikację, wizualizację działań, dodatkowo ma pozytywny wpływ na redukcję kolizji w trakcie realizacji oraz zwiększa bezpieczeństwo realizowanych prac.

PB4: Jakie są elementy łączące Lean Construction i BIM?

Kluczowym elementem łączącym Lean Construction oraz technologii BIM są procesy związane z realizacją przedsięwzięcia budowlanego. Koncepcja Lean Construction skupia się na optymalizacji procesów, które w przypadku stosowania technologii BIM są niezmiernie ważne do opracowania, w celu efektywnego jej stosowania. Zaprojektowanie ich zgodnie z koncepcją Lean może przynieść liczne korzyści dla uczestników przedsięwzięcia budowlanego.

PB6: Jak kształtować relacje między stronami kontraktu budowlanego wykorzystując Lean Construction i BIM?

Kluczowym elementem w kształtowaniu relacji między stronami kontraktu wykorzystując Lean Construction i BIM jest zbudowanie zaufania między uczestnikami poprzez zwiększenie transparentności procesów związanych z realizacją, co w efekcie może przynieść znaczne usprawnienie procesów.

PB8: Jakie są bariery / wyzwania / czynniki dla wdrożenia w przedsiębiorstwie działającym w Polsce koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM?

Głównym wyzwaniem związanym z wdrożeniem w przedsiębiorstwie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM jest wielokrotnie wspominany i szeroko opisany w niniejszej rozprawie czynnik ludzki. Dodatkowym aspektem jest brak oficjalnych krajowych standardów i wytycznych dotyczących stosowania Lean Construction oraz BIM.

W ramach realizacji badania jakościowego autor przybliżył odpowiedzi na założone na wstępie cele, w tym CP1: usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym. Rozmówcy w swoich

wypowiedziach wielokrotnie wskazywali fakt, iż wspólne zastosowanie Lean Construction oraz BIM wymiennie usprawnia proces zarządzania kontraktem. Na podstawie zrealizowanego badania autor również formułuje odpowiedź na CP2: określenie korzyści i zagrożeń wynikających ze wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM. Rozmówcy prawie jednogłośnie wskazali brak zagrożeń ze wspólnego stosowania Lean Construction oraz BIM, a w swoich wypowiedziach wskazali liczne korzyści ze wskazanego działania. W odpowiedzi na CU3: opracowanie rekomendacji dla przedsiębiorstw działających w branży budowlanej wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM. Autor na podstawie przeprowadzonych wywiadów wskazał przestrzeń oraz obszary do wspólnego rozwoju Lean Construction oraz BIM w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej, które zostały dokładnie opisane w rozdziale 6.6. Całościowe wnioski dotyczące wdrażania oraz stosowania koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM zostaną przedstawione w ostatnim rozdziale niniejszej rozprawy.

Podsumowanie

Ostatnia część niniejszej rozprawy opisuje wnioski ze zrealizowanych badań (literaturowych, ilościowych i jakościowych) oraz prezentuje rekomendacje dla przyszłych badań naukowych oraz rekomendacje dla biznesu, w których można znaleźć zbiór wytycznych związanych z aplikacją Lean Construction oraz szerszym stosowaniem jej wraz z BIM w obszarze realizacji przedsięwzięć budowlanych w Polsce.

Realizacja celów pracy

W ramach realizacji niniejszej rozprawy autor badał założone na jej wstępie cele. Głównym celem rozprawy jest:

- CG: Wskazanie sposobu wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM w zarządzaniu projektami budowlanymi w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej.

W ocenie autora na podstawie zrealizowanych na potrzeby niniejszego doktoratu badań istnieje znaczny potencjał do wspólnego stosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM w przedsiębiorstwach budowlanych działających w Polsce. Pomimo stosunkowo niskiego poziomu wdrożenia Lean i BIM (na moment realizacji badania ilościowego) istnieją wskazania do synergicznego stosowania obu koncepcji. Wskazują na to przeprowadzone badania literaturowe (Nguyen i Akhavian, 2019; Koseoglu, Sakin i Arayici, 2018). Dodatkowo na podstawie zrealizowanych badań ilościowych autor zauważa, że wielu respondentów stosuje wybrane narzędzia Lean, bez całościowego zrozumienia koncepcji, co może ułatwić całościowe wdrożenie Lean w ich pracy. Dodatkowo stosowanie wspólne Lean Construction i BIM może przyczynić się do osiągnięcia istotnych dla uczestników procesu budowlanego działań poprawiających jakość realizowanego przedsięwzięcia budowlanego, w szczególności w zakresie komunikacji i usprawniania procesów. Wszyscy rozmówcy biorący udział w badaniu jakościowym jednogłośnie wskazali, że wspólne stosowanie LC i BIM usprawnia realizację projektów. Dodatkowo wdrożenie LC w przedsiębiorstwie charakteryzuje się niską barierą wejścia, a obecny rozwój technologii BIM spowodował również obniżenie progu wejścia dla wdrożenia BIM w przedsiębiorstwie. Doświadczenie zebrane przez autora podczas pracy w Niemczech i Czechach wskazuje na pozytywne efekty stosowania wspólnie LC i BIM podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Takie działanie przyczynia się do sprawniejszej realizacji inwestycji, umożliwia zmniejszenie marnotrawstw i strat w trakcie budowy, co ma

pozytywny wpływ na wynik finansowy inwestycji. Dodatkowo sprawniej i poprawnie zrealizowana inwestycja powoduje mniejszy negatywny wpływ na środowisko naturalne, ponieważ ogranicza roboty naprawcze związane z błędnie wykonanym obiektem.

W ramach realizowanego doktoratu autor również osiągnął szczegółowe cele rozprawy, jakimi w ujęciu poznawczym są:

- CP1: Usystematyzowanie wiedzy na temat koncepcji Lean Construction i technologii BIM wspomagających zarządzanie projektem budowlanym,
- CP2: Określenie korzyści i zagrożeń wynikających ze wspólnego zastosowania koncepcji Lean Construction i technologii BIM.

Wyniki badań ilościowych wskazują wysoką istotność dla respondentów kluczowych wartości Lean. Obrazuje to Rysunek 25. Fakt ten daje ogromny potencjał do szerokiej implementacji Lean Construction w środowisku polskich inżynierów budownictwa. Dodatkowo czynnik ukazujący wysoką istotność pryncypiów Lean dla inżynierów budownictwa w Polsce zwiększa szansę na przełamanie barier związanych ze stosowaniem nowych rozwiązań oraz technologii, które odpowiadają na potrzeby polskiego środowiska branży budowlanej. Dodatkowo po przeanalizowaniu wyników badania ilościowego w kontekście testowania hipotezy H6 autor zauważa, że zastosowanie poszczególnych/pojedynczych narzędzi lub technik związanych z Lean jest powszechniejsze niż znajomość całościowej koncepcji Lean. Respondenci badania stosują w swojej codziennej pracy poszczególne narzędzia Lean, co jest przedstawione na Rysunek 26, mimo że nie posiadają całościowej wiedzy na temat koncepcji Lean. Fakt wskazujący na częste stosowanie poszczególnych narzędzi Lean oraz wysoką istotność pryncypiów Lean wśród przedstawicieli branży budowlanej w Polsce ma szansę ułatwić szerszą implementację Lean Construction. Jak wskazują wszyscy rozmówcy w badaniu jakościowym największym wyzwaniem we wdrażaniu Lean w przedsiębiorstwie jest czynnik ludzki. To właśnie w obszarze przyjaznego szkolenia dla przyszłego inżyniera stosującego Lean autor zauważa znaczne wyzwania. Szkolenia i warsztaty z zakresu Lean Construction powinny przedstawiać korzyści będące efektami stosowania Lean bezpośrednio dla uczestników na podstawie właściwie dobranych przykładów związanych z ich codzienną praktyką zawodową. To właśnie na czytelnej komunikacji z uczestnikami szkoleń powinni skupić się Lean eksperci w ramach przekazywania wiedzy oraz zasad związanych ze stosowaniem Lean Construction przez odbiorców.

Autor w ramach realizacji badania opisanego w podrozdziale 4.4. wskazał rekomendacje dla technik zaadoptowanych z Lean Manufacturing, które mogą z powodzeniem być stosowane w Lean Construction. Zagadnienie to zostało dodatkowo zweryfikowane w trakcie badania ilościowego. Po przeanalizowaniu pytań dotyczących istotności wymienionych działań podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego oraz częstotliwości stosowania wymienionych metod i technik w trakcie zarządzania przedsięwzięciem budowlanym autor sformułował następujące kluczowe wnioski:

1. Całościowe zrozumienie pryncypiów Lean oraz popularyzacja technik i narzędzi takich jak: wizualizacje przedsięwzięcia – najlepiej poprzez wielowymiarowy model BIM, Last Planner System[®], tablice Kanban – najlepiej w wersji cyfrowej, 5S, analiza wąskich gardeł, Kaizen oraz Waste walk jest kluczowe podczas wprowadzania LC w przedsiębiorstwie.
2. Obszarem usprawniającym realizację przedsięwzięcia budowlanego jest zwiększenie transparentności komunikacyjnej zarówno wewnątrz przedsiębiorstwa, jak i w relacjach między stronami przedsięwzięcia budowlanego. Czynnikiem ten jest w ocenie autora największym wyzwaniem, bo jest ściśle związany z zagadnieniem czynnika ludzkiego.

Na podstawie wywiadów z ekspertami autor wskazał liczne korzyści związane ze wspólnym stosowaniem Lean Construction oraz BIM podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Kluczowymi są poprawa jakości komunikacji między uczestnikami, zwiększenie transparentności, lepsza wizualizacja realizowanych procesów oraz ich optymalizacja. W efekcie cały proces jest realizowany sprawniej, szybciej oraz generuje niższe koszty oraz zmniejsza ilość niepotrzebnej pracy powtórzonej. Rozmówcy nie określali wyraźnie zagrożeń związanych ze stosowaniem Lean Construction i BIM w swojej pracy. Wskazywali jedynie na wyzwania związane z ich implementacją, wśród których najistotniejszy był wielokrotnie wspomniany czynnik ludzki, wskazujący na niechęć do zmian sposobu działania i dotychczasowych przyzwyczajeń. To właśnie ten obszar rozmówcy wskazywali jako najbardziej wymagający. Jednocześnie podkreślali obawę oraz niechęć przed wprowadzaniem nowych dla pracowników rozwiązań i narzędzi. Na przestrzeni lat znacznie obniżyła się bariera wejścia związana z wprowadzeniem technologii BIM w przedsiębiorstwie. Na rynku jest znacznie zwiększona podaż szkoleń oraz koszt związany z zakupem oprogramowania i sprzętu jest niższy niż przed laty. Jako potencjalne zagrożenie można wskazać zwiększoną transparentność informacji, jednakże w ocenie autora fakt ten może przyczynić się do usprawnienia procesów oraz zmniejszenia ilości konfliktów w trakcie realizacji inwestycji.

W realizowanym doktoracie zostały również założone i opracowane trzy cele użytkowe:

- CU1: Określenie zakresu znajomości koncepcji Lean Construction i technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce,
- CU2: Określenie stopnia wdrożenia i wykorzystania jednocześnie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM, w przedsiębiorstwach działających w branży budowlanej w Polsce,
- CU3: Opracowanie rekomendacji dla przedsiębiorstw działających w branży budowlanej wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM.

Autor w ramach zrealizowanego badania ilościowego w rozdziale 5. rozprawy doktorskiej zidentyfikował poziom znajomości oraz stopień wdrożenia Lean Construction oraz BIM w polskich przedsiębiorstwach. Poziom ten w okresie realizacji badania ilościowego, czyli stan na czerwiec 2022 był niski. Poziom znajomości oraz stosowania Lean Construction wśród zbadanych respondentów przedstawiał się następująco:

- 3% używa lub używało,
- 28% wdraża w organizacji lub planuje wdrożyć w najbliższej przyszłości,
- 15% zna, ale nie zamierza używać,
- 54% nie zna.

Odpowiednio dla BIM poziom znajomości oraz stosowania wśród zbadanych respondentów przedstawiał się następująco:

- 7% używa lub używało,
- 35% wdraża w organizacji lub planuje wdrożyć w najbliższej przyszłości,
- 23% zna, ale nie zamierza używać,
- 36% nie zna.

W momencie realizacji badania ilościowego poziom jednoczesnego stosowania Lean Construction oraz BIM przez uczestników badania był bardzo niski, grupa ta stanowiła mniej niż 1% respondentów, czyli 3 na 323 respondentów. Należy zauważyć, że poziom znajomości i wdrożenia BIM w środowisku polskiego przemysłu budowlanego dynamicznie wzrasta, co potwierdzają aktualne badania (Bojć i in., 2024). Przegląd literatury naukowej i branżowej nie umożliwił odnalezienia podobnych badań w obszarze rozwoju popularności Lean Construction w Polsce, co stanowić może obszar dla przyszłych badań analizujących rozwój popularności

Lean Construction w Polsce na przestrzeni lat. Na podstawie zrealizowanych badań ilościowych oraz jakościowych autor zauważa potrzebę kształcenia kadr inżynierskich w obszarze Lean Construction, podobnie jak ma to miejsce w przypadku całościowej koncepcji Lean Management, która od lat jest propagowana w Polsce m.in. przez Stowarzyszenie Lean Management Polska. Należy stwierdzić, że rynek budowlany bardzo dynamicznie zareagował na zapotrzebowanie w obszarze kształcenia oraz wszelkiego rodzaju szkoleń dotyczących technologii BIM. Obecnie w Polsce działają organizacje zrzeszające praktyków i ekspertów BIM oraz propagujące tę technologię wśród inżynierów budownictwa m. in. buildingSMART Polska. W ocenie autora zagadnienie to bardzo dynamicznie się rozwinęło i w dużej mierze odpowiada na zapotrzebowania rynku, niemniej obszar ten wymaga ciągłego rozwoju oraz standaryzacji na poziomie administracyjnym oraz w obszarze norm krajowych i unijnych. Stosowanie BIM przy realizacji kontraktów budowlanych w Polsce wymaga wprowadzenia ogólnokrajowych standardów oraz procesów, co umożliwi jego większą popularyzację oraz strukturyzację. Niestety w opinii autora na rodzimym rynku budowlanym nie rozwija się równie szybko obszar związany z koncepcją Lean Construction, pomimo iż według przeprowadzonych badań w 2022 r. podobna liczba respondentów deklarowała potrzebę oraz plan wdrażania Lean w swoich przedsiębiorstwach, jak technologię BIM. Autor obserwuje, że rozwój obszaru związanego z Lean Construction ma wymiar zdecydowanie bardziej lokalny. Przedsiębiorstwa indywidualnie opracowują procesy Lean na własne potrzeby oraz transfer wiedzy i standardów między przedsiębiorstwami jest zdecydowanie mniejszy niż w obszarze BIM. Fakt ten dodatkowo potwierdza brak organizacji zrzeszającej ekspertów z obszaru Lean Construction w Polsce. W tej sytuacji autor wskazuje ogromną przestrzeń do rozwoju w warunkach polskiego rynku budowlanego. Znajduje się tu przestrzeń na powstanie np. Polskiego Instytutu Lean Construction, wzorem innych krajów europejskich oraz Stanów Zjednoczonych Ameryki. Powstanie takiej organizacji umożliwiłoby szybszą oraz sprawniejszą wymianę wiedzy wśród lokalnych ekspertów oraz umożliwiłoby utworzenie krajowych standardów w tym obszarze, a co najważniejsze popularyzację Lean Construction w Polsce. Dodatkowo autor pragnie wskazać potrzebę wzbogacenia programu studiów inżynierskich o przedmioty związane z koncepcją Lean Construction. Bardzo istotnym aspektem poprawy efektywności branży budowlanej jest kształcenie przyszłych kadr w zakresie najnowszych rozwiązań, które będą standardem w przyszłości. Badania literaturowe (Andújar-Montoya i in., 2020) oraz jakościowe, szczególnie wypowiedzi rozmówców 1, 2, 3, 4, 6 i 7 wskazały, że stosowanie Lean Construction w znacznym stopniu usprawnia realizację inwestycji budowlanych, co ma wymierny wpływ na koszt i czas ich realizacji. Dodatkowo stosowanie koncepcji Lean podczas

realizacji przedsięwzięć budowlanych ma również pozytywny wpływ na środowisko, co potwierdzają ustalenia z badań literaturowych (Ahuja, Sawhney i Arif, 2017; Bajjou i in., 2017). W wyniku redukcji marnotrawstw w trakcie realizowanych procesów zmniejsza się ilość produkowanych szkodliwych substancji oraz zmniejsza się zużycie energii. Brak standardów dydaktycznych oraz marginalna ilość szkoleń dla inżynierów budownictwa stanowią największą bolączkę Lean Construction w Polsce. Fakt ten wskazali w swoich wypowiedziach rozmówcy 4 i 5 uczestniczący w badaniu jakościowym. W tym obszarze istnieje największy potencjał do dalszego rozwoju Lean Construction w Polsce w najbliższej przyszłości. Propagowaniem i poszerzaniem wiedzy z zakresu Lean Construction wśród społeczności inżynierów budowlanych mogą zająć się również organizacje takie jak Polska oraz lokalne Izby Inżynierów Budownictwa oraz Polski Związek Pracodawców Budownictwa. Na wyższych uczelniach technicznych spoczywa odpowiedzialność za kształcenie przyszłych kadr budowlanych w obszarze najnowszych rozwiązań stosowanych w branży budowlanej. W kolejnych krokach przyszłe organizacje zrzeszające ekspertów z obszaru Lean Construction mogłyby określić lokalne standardy oraz wytyczne w obszarze stosowanych narzędzi oraz procedur opartych o Lean Construction. Niemniej ten krok jest dalszym etapem rozwoju po zbudowaniu świadomości oraz przekazaniu podstaw Lean w środowisku budowlanym w Polsce.

Dokładny opis CU 3 wskazujący rekomendacje dla przedsiębiorstw budowlanych dotyczący wdrażania i zastosowania koncepcji Lean Construction w połączeniu z technologią BIM stanowi rozdział 6.6. niniejszej rozprawy. Autor w ramach rekomendacji dla przedsiębiorstw budowlanych opracował Schemat wdrażania Lean Construction oraz BIM w przedsiębiorstwie przedstawiony na Rysunek 70 wraz z opisem poszczególnych kroków w nim występujących.

Reasumując wspólne stosowanie Lean Construction oraz BIM w warunkach rodzimego rynku budowlanego może przynieść pozytywne efekty zarówno ekonomiczne, jak i społeczne oraz środowiskowe. Zarządzanie realizacją inwestycji budowlanej, które jest wysoce skomplikowanym procesem, może być usprawnione przy wsparciu Lean Construction oraz BIM. Dodatkowo obszar ten stanowi znaczną przestrzeń do rozwoju zarówno w sferze naukowej jak i biznesowej.

Testowanie hipotez

Autor w ramach doktoratu przeprowadził testy dla 11 hipotez, których wyniki zaprezentowano w rozdziale 5 oraz załącznikach. Analizy nie wszystkich postawionych hipotez dają podstawy do ich przyjęcia. Autor potwierdził istotność związku między Lean Construction oraz BIM oraz znaczny potencjał do wspólnego rozwoju badanych zagadnień. Poniżej zaprezentowano postawione na wstępie hipotezy wraz z kluczowymi wnioskami po ich weryfikacji.

H1: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w połączeniu z wykorzystaniem technologii BIM w przedsiębiorstwach działających w Polsce może usprawnić zarządzanie projektem budowlanym, w szczególności w zakresie optymalizacji procesów.

W efekcie przeprowadzonych analiz autor zauważył, że wspólne stosowanie LC i BIM mogą usprawnić zarządzanie projektem budowlanym. Respondenci wykazujący się znajomością LC bądź BIM zdecydowanie częściej stosują metody i techniki wspomagające zarządzanie.

H2: Znajomość koncepcji Lean Construction wpływa na zakres zastosowania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym.

Autor nie potwierdził słuszności niniejszej hipotezy, znajomość koncepcji LC nie wpływa na wykorzystanie powszechnie stosowanych narzędzi wspomagających zarządzanie projektów budowlanych.

H3: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w przedsiębiorstwach z dominującym kapitałem zagranicznym jest częściej spotykane niż w podmiotach z dominującym kapitałem polskim.

Również w przypadku tej hipotezy badania wykazały zależność pochodzenia kapitału w przedsiębiorstwie do popularności stosowania LC, z ukierunkowaniem na większą popularność LC w przedsiębiorstwach z kapitałem zagranicznym.

H4: Zastosowanie koncepcji Lean Construction w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

W efekcie przeprowadzonych badań autor wskazał większą popularność koncepcji Lean Construction wśród respondentów pracujących w średnich i dużych przedsiębiorstwach niż w mikro i małych przedsiębiorstwach.

H5: Istnieje związek między znajomością i wykorzystaniem koncepcji Lean Construction, a znajomością i wykorzystaniem technologii BIM przez przedsiębiorstwa budowlane w Polsce.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że częściej respondenci znający i wdrażający Lean Construction znali i wdrażali również BIM.

H6: Zastosowanie pojedynczych narzędzi i/lub technik wykorzystywanych w ramach koncepcji Lean jest częściej spotykane niż znajomość całościowa koncepcji Lean Construction.

Hipoteza ta znalazła również potwierdzenie w efekcie przeprowadzonych badań. Wielokrotnie respondenci, którzy wskazali brak całościowej znajomości koncepcji Lean Construction wykazywali się znajomością poszczególnych technik lub narzędzi stosowanych w koncepcji Lean. Fakt ten może być znacznym ułatwieniem we wdrażaniu oraz popularyzacji Lean Construction w Polsce.

H7: Zastosowanie koncepcji Lean Construction przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średniej wielkości inwestycji.

Również i ta hipoteza znalazła potwierdzenia w zrealizowanych badaniach, respondenci pracujący przy realizacji dużych inwestycji tj. powyżej 350 mln PLN zdecydowanie częściej wykazywali się znajomością i zastosowaniem LC.

H8: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji dużych inwestycji budowlanych jest częściej spotykane niż na potrzeby małych i średnich inwestycji.

Nie było podstaw do przyjęcia tej hipotezy, pomimo, że statystyka opisowa wskazała większą częstotliwość wykorzystania BIM przy dużych inwestycjach, nie stwierdzono istotnego statystycznie związku. Można byłoby domniemywać, że większe projekty są realizowane przez większe przedsiębiorstwa, a te mają środki pieniężne na wdrażanie BIM oraz większe projekty są realizowane przez bardziej świadomych – w zakresie korzyści z BIM w fazie eksploatacji – inwestorów, jest to jednak obszar do przyszłych badań.

H9: Zastosowanie technologii BIM w sektorze średnich i dużych przedsiębiorstw budowlanych jest częściej spotykane niż w sektorze mikro i małych przedsiębiorstw.

Analogia do stosowania BIM w zależności od wielkości przedsiębiorstwa jest podobna, jak w przypadku koncepcji Lean Construction. Tu również większe przedsiębiorstwa korzystają częściej z technologii BIM niż małe i mikro przedsiębiorstwa.

H10: Zastosowanie technologii BIM przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

Na podstawie badania ilościowego, autor wyciągnął wnioski iż BIM jest częściej stosowany w inwestycjach prywatnych. W ocenie autora może mieć to przyczyny w związku z brakiem krajowych wytycznych w zakresie BIM, przez co inwestorzy publiczni nie posiadają jednoznacznych wytycznych jak stosować BIM, a inwestorzy prywatni mają zdecydowanie większą możliwość indywidualnego formułowania wytycznych przetargowych w zależności od potrzeb własnych.

H11: Zastosowanie koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych jest częściej spotykane niż w przypadku inwestycji publicznych.

Również w analizie ostatniej hipostazy, autor otrzymał wyniki badań wskazujące, na większą popularność stosowania koncepcji Lean przy realizacji inwestycji prywatnych, niż publicznych. Przyczyny mogą być podobne jak w przypadku hipotezy H10, gdzie to inwestor prywatny ma większą możliwość indywidualnego utworzenia wytycznych kontraktowych w zależności od upodobań własnych.

Odpowiedzi na pytania badawcze

Autor w ramach całościowo zrealizowanego doktoratu odpowiedział na postawione pytania badawcze, w szczególności realizując dalsze rozdziały rozprawy. W rozdziale 6., w którym to szczegółowo zostały sformułowane odpowiedzi na wybrane pytania badawcze. Dokładnie przedstawione wnioski z niniejszej analizy zawarte są w rozdziale 6.7, który stanowi Podsumowanie badań jakościowych. Poniżej zaprezentowane są syntetyczne odpowiedzi na postawione na wstępie niniejszej rozprawy Pytania Badawcze.

PB1: Jak koncepcja szczupłego zarządzania wpływa na zarządzanie projektami w budownictwie?

Zastosowanie szczupłego zarządzania może mieć bardzo pozytywny wpływ na realizację inwestycji budowlanej. Kluczowymi benefitami jest skrócenie czasu realizacji, możliwe

oszczędności finansowe oraz zwiększenie transparentności między uczestnikami procesu, co ma pozytywny wpływ na jakość komunikacji i prowadzenia inwestycji.

PB2: Jak technologia BIM wpływa na zarządzanie projektami w budowlanych?

Zastosowanie technologii BIM usprawnia realizację inwestycji budowlanej poprzez umożliwienie dokonania wielu analiz i weryfikacji jeszcze zanim powstanie planowany obiekt. Dodatkowo w trakcie realizacji prac zastosowanie modelu BIM umożliwia lepszą komunikację, wizualizację działań, a dodatkowo ma pozytywny wpływ na redukcję kolizji w trakcie budowy obiektu. Zastosowanie BIM zwiększa również bezpieczeństwo realizowanych prac.

PB3: Jakie narzędzia Lean Management i Lean Manufacturing można adaptować do Lean Construction?

Do adaptacji na potrzeby Lean Construction ogromny potencjał ma wiele z narzędzi z powodzeniem stosowanych w Lean Management i Lean Manufacturing w tym: wizualizacja przedsięwzięcia – najlepiej poprzez wielowymiarowy model BIM, Last Planner System[®], tablice Kanban – najlepiej w wersji cyfrowej, 5S, analiza wąskich gardeł, Kaizen oraz Waste walk, które zostały już wspomniane w treści rozprawy.

PB4: Jakie są elementy łączące Lean Construction i BIM?

Kluczowym elementem łączącym Lean Construction oraz technologię BIM są **procesy** związane z realizacją przedsięwzięcia budowlanego. Koncepcja Lean Construction skupia się na optymalizacji procesów, które w przypadku stosowania technologii BIM są niezmiernie ważne. Należy je dokładnie opracować, w celu ich efektywnego stosowania przy wsparciu BIM. Zaprojektowanie ich zgodnie z koncepcją Lean może przynieść liczne korzyści dla uczestników przedsięwzięcia budowlanego.

PB5: Zastosowanie jakich metod zarządzania opartych o Lean Construction może usprawnić realizację projektu budowlanego wspomagane technologią BIM?

Elementy wskazane w odpowiedzi na PB3 takie jak: wizualizacja, LPS[®], 5S, analiza wąskich gardeł, Kaizen, Waste Walk, tablice Kanban mogą z powodzeniem usprawnić realizację projektu budowlanego stosującego technologię BIM, ponieważ wszystkie mają na celu optymalizację prowadzonych działań, poprawienie wydajności procesów oraz zwiększenie transparentności, która jest kluczowa do uzyskania usprawnienia procesów.

PB6: Jak kształtować relacje między stronami kontraktu budowlanego wykorzystując Lean Construction i BIM?

Kluczowym elementem w kształtowaniu relacji między stronami kontraktu wykorzystując Lean Construction i BIM jest zbudowanie zaufania między uczestnikami poprzez zwiększenie transparentności procesów związanych z realizacją, co w efekcie może przynieść znaczne usprawnienie procesów.

PB7: Jaka jest świadomość oraz stopień wdrożenia zasad Lean Construction wśród przedsiębiorstw działających w branży budowlanej w Polsce?

Stopień wdrożenia Lean Construction jest niski na polskim rynku budowlanym, w porównaniu do stosunkowo wysokiej świadomości związanej z zapotrzebowaniem oraz istotnością poszczególnych czynników charakterystycznych dla Lean wśród przedstawicieli polskiego rynku budowlanego. Dokładne przedstawienie tego zagadnienia stanowi analiza hipotezy badawczej H6.

PB8: Jakie są bariery / wyzwania / czynniki dla wdrożenia w przedsiębiorstwie działającym w Polsce koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM?

Głównym wyzwaniem związanym z wdrożeniem w przedsiębiorstwie koncepcji Lean Construction oraz technologii BIM jest wielokrotnie wspominany i szeroko opisany w niniejszej rozprawie czynnik ludzki. Dodatkowym aspektem jest brak oficjalnych krajowych standardów i wytycznych dotyczących stosowania Lean Construction oraz BIM.

Ograniczenia w interpretacji uzyskanych wyników badań

Uzyskane wyniki badań mają ograniczenia w ich interpretacji na całą populację. W przypadku badań ilościowych jest to zastosowanie samej metody, w tym dobór operatu badawczego, czy niski wskaźnik odpowiedzi. W odniesieniu do ograniczeń interpretacji wyników badań jakościowych należy wskazać na niską popularność badanego zagadnienia oraz celowy dobór rozmówców. Na rynku jest stosunkowo niewielu ekspertów, którzy spełniali wymagania określone dla rozmówców (jednoczesna znajomość Lean Construction i BIM). Czynnik ten może mieć wpływ na wynik przeprowadzonych badań, jednakże w ocenie autora przeprowadzone wywiady oraz ich dogłębna analiza są wystarczające do sformułowania wniosków i rekomendacji.

Przyszłe obszary badawcze

Autor zauważa potencjał do zrealizowania dodatkowych badań oraz analiz dotyczących **czynników psychologicznych wpływających na skłonność do stosowania nowych rozwiązań technologicznych, zarządczych oraz metodycznych w codziennej pracy**, w szczególności w odniesieniu do badanych zagadnień, czyli Lean Construction oraz BIM. Wskazanie na ten obszar badań jest zdeterminowane faktem, iż to właśnie czynnik ludzki związany z obawą oraz niechęcią do nowego jest najistotniejszym czynnikiem wpływającym na popularyzację i szersze stosowanie Lean Construction oraz BIM. Wskazany obszar badań wymagałby połączenia sił większej grupy naukowców związanych z dziedzinami nauk społecznych: nauki o zarządzaniu i jakości, naukami inżynieryjno-technicznymi: inżynieria lądowa i transport, jak również badaczami z obszaru innych dziedzin nauk społecznych: psychologia oraz pedagogika. Zagadnienie to stawia otwartą przestrzeń przed naukowcami do dalszych badań i rozwoju tematyki zarówno w przestrzeni rozwoju optymalizacji procesów z wykorzystaniem nowych technologii w sektorze budowlanym, jak i kolejnego kroku związanego z ich rozwojem, czyli sposobu i metod ich implikacji wśród przyszłych użytkowników.

Kolejnym obszarem wskazanym przez autora, o którym nie znaleziono informacji w momencie realizacji badania systematycznego przeglądu literatury przedmiotu jest obszar związany z przebudową, remontem oraz rozbiórką obiektu budowlanego z wykorzystaniem Lean Construction oraz BIM. Fakt ten jest ściśle związany ze stosunkowo młodym zagadnieniem jakim jest BIM oraz faktem, iż cykl życia przeciętnego obiektu budowlanego liczony jest w dziesiątkach, a nierzadko setkach lat. Obiekty budowlane wzniesione z zastosowaniem technologii BIM są stosunkowo młode. Proces ich remontu, przebudowy i rozbiórki może być bardzo ciekawym zagadnieniem w kontekście analizy wykorzystania modelu BIM zastosowanego do ich wybudowania. W ocenie autora implikacja Lean Construction może być stosunkowo łatwa na tym etapie, ze względu na liczne podobieństwa w obszarze procesów występujących w trakcie procesu budowy obiektu. Zastosowanie Lean Construction podczas remontu lub rozbiórki obiektu może wyglądać bardzo podobnie jak na etapie budowy nowych obiektów. Niemniej jednak stanowi to przestrzeń do przyszłych badań związanych z niniejszą tematyką.

Zagadnieniem badawczym posiadającym potencjał do pogłębionych badań jest analiza procesu projektowania z równoległym wykorzystaniem BIM oraz Lean Construction w połączeniu z podejściem zwinnym Agile. W tematyce tej zrealizowano już pierwsze badania,

jednakże zagadnienie jest stosunkowo młode oraz posiadające perspektywę do rozwoju na przestrzeni najbliższych lat, przez co może stanowić ciekawy obszar dalszych badań naukowych.

Kolejnym obszarem do badań naukowych, który w opinii autora daje przestrzeń do dalszych badań stanowi analiza wpływu zastosowania Lean Construction podczas realizacji tzw. zrównoważonej budowy, tj. obiektu budowlanego w kontekście m.in. zmniejszonego negatywnego wpływu realizacji inwestycji budowlanej na środowisko, w tym redukcji marnotrawstw we wszystkich ich wymiarach. Tematyka ta jest ściśle związana z obszarem ESG w budownictwie, który bardzo prężnie rozwija się w ostatnich latach. Obszar ten jest związany z kluczowymi obszarami Lean, jakimi jest redukcja marnotrawstw. W efekcie tej redukcji realizacja budowy obiektu może mieć zauważalnie mniejszy negatywny wpływ na środowisko. Badania w tym zakresie coraz częściej realizowane są przez zagranicznych naukowców, niemniej również ze względu na młodość zagadnienia stanowi ono szeroką przestrzeń do dalszych badań i analiz.

Bibliografia

- Ahuja, R., Sawhney, A. i Arif, M., 2017. Driving lean and green project outcomes using BIM: A qualitative comparative analysis. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), s. 69–80.
- Ahuja, R., Sawhney, A. i Arif, M., 2018. Developing organizational capabilities to deliver lean and green project outcomes using BIM. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), s. 1255–1276.
- Alarcón, L.F., Diethelm, S., Rojo, O. i Calderón, R., 2008. Assessing the impacts of implementing lean construction. *Revista ingeniería de construcción*, 23(1), s. 26–33..
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A. i Huang, J.C., 2019. BIM/MR-Lean construction project delivery management system. W: *2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)*. IEEE, s. 1–6.
- Alvarenga, T.W., da Silva, E.N. i de Brito Mello, L.C.B., 2017. BIM and Lean Construction: The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 7(5), s. 1904–1908.
- Andreassen, H.K., Kjekshus, L.E. i Tjora, A., 2015. Survival of the project: A case study of ICT innovation in health care. *Social Science & Medicine*, 132, s. 62–69.
- Andújar-Montoya, M.D., Galiano-Garrigós, A., Echarri-Iribarren, V. i Rizo-Maestre, C., 2020. BIM-LEAN as a methodology to save execution costs in building construction-An experience under the spanish framework. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6).
- Andújar-Montoya, M.D., Galiano-Garrigós, A., Rizo-Maestre, C. i Echarri-Iribarrena, V., 2019. Bim and lean construction interactions: A state-of-the-art review. *WIT Transactions on The Built Environment*, 192, s. 1–13.
- Apanowicz, J., 2005. *Metodologiczne uwarunkowania pracy naukowej: prace doktorskie, prace habilitacyjne*. Warszawa: Difin.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. i O'Reilly, K., 2011. BIM adoption and implementation for architectural practices. *Structural Survey*, 29(1), s. 7–25.
- Artigues, C. red., 2008. *Resource-constrained project scheduling: models, algorithms, extensions and applications*. Control systems, robotics and manufacturing series. London: ISTE [u.a.].
- Aslam, M., Gao, Z. i Smith, G., 2020. Optimizing Construction Design Process Using The Lean Based Approach. *Lean Construction Journal*, s. 176–204.
- Aziz, Z. i Arayici, Y., 2018. Driving innovation through Lean- and BIM-based theory and practice. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), s. 1254–1254.

- Bajjou, M.S., Chafi, A., Ennadi, A. i Hammoumi, M.E., 2017. The Practical Relationships between Lean Construction Tools and Sustainable Development: A literature review. *Journal of Engineering Science And Technology Review*, 10(4), s. 170–177.
- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R.C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J. i Thomas, D., 2002. *Manifest programowania zwinnego*. [online] Agile manifesto. Dostępne na: <<http://agilemanifesto.org/iso/pl/manifesto.html>> [dostęp 7.09.2023].
- Bednarczyk, R., Chajęcki, M., Grochowski, M., Kasznia, D., Kindler, M., Magiera, J., Owerko, T., Sokołowski, M., Wilkosz, K. i Zuber, M., 2020. *BIM Standard PL*.
- Bitkowska, A., Kolterman, K., Wójcik, G.P. i Wójcik, K., 2011. *Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie. Aspekty teoretyczno-praktyczne*. Difin.
- Bobińska, M., 2015. Siedem szkół zarządzania projektami Czyli poza wielką trójką paradygmatów: PMBOK®, PRINCE2® i Agile. *Project Management Institute*, (9), s. 8–9.
- Bojęć, T., Chimczak-Bratkowski, P., Różewicz, D., Bondar, K., Gruszka, K., Kokoszka, K., Kucharska, A., Leciej, A. i Popławska, N., 2024. budownictwo 5.0 innowacyjne materiały i technologie.
- Borkowski, A. i Michalak, M., 2024. Błędy poznawcze i nowa emfatyczna definicja BIM. *BUILDER*, 322(5), s. 54–60.
- Boton, C., Pitti, Y., Forgues, D. i Iordanova, I., 2020. Investigating the challenges related to combining BIM and Last Planner System on construction sites. *Frontiers of Engineering Management*. [online] Dostępne na: <<http://link.springer.com/10.1007/s42524-019-0086-4>> [dostęp 9.01.2021].
- Brzozowska, M., Dziedzic, D. i Morawska, K.K., 2023. Innovations in last mile logistics - analysis of customer satisfaction with the service of delivery logistics operators using parcel machines. *Logforum*, 19(3), s. 411–422.
- buildingSMART, 2022. *buildingSMART IFC4*. [online] buildingSMART. Dostępne na: <www.technical.buildingsmart.org> [dostęp 10.06.2022].
- Bujak, P., 2010. BIM – Geneza i Praktyka. *Informatyka w budownictwie*, (3/2010), s. 26–29.
- Bukłaha, E., 2012. *Sukces, skuteczność i efektywność w zarządzaniu projektami*. Warszawa: Kolegium Zarządzania i Finansów SGH.
- Bukłaha, E. i Juchniewicz, M., 2019. Kluczowe wyzwania i bariery oraz trendy w zarządzaniu projektami z punktu widzenia projektów realizowanych w Polsce. *Przegląd Organizacji*, s. 14–20.
- Bylinko, L., 2019. Koncepcja szczupłego zarządzania. W: *Współczesne koncepcje zarządzania*. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, s. 7–24.

- Calderon-Hernandez, C. i Brioso, X., 2018. Lean, BIM and augmented reality applied in the design and construction phase: a literature review. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 9(1), s. 60–63.
- Chadam, J., 2016. Zarządzanie ryzykiem w projektach infrastrukturalnych. Studium przypadku. *Przegląd Organizacji*, s. 34–40.
- Chen, L., Wu, Q. i Xie, X., 2019. Research and Application of BIM-based Specification-compliant Field Quality Management for Lean Construction. W: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, s. 052059.
- Chiarini, A., Łączy do zewnętrznej witryny, która zostanie otwarta w nowym oknie, Baccarani, C. i Mascherpa, V., 2018. Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *TQM Journal*, 30(4), s. 425–438.
- Clark, W.R., Clark, L.A., Raffo, D.M. i Williams, R.I., 2021. Extending Fisch and Block's (2018) tips for a systematic review in management and business literature. *Management Review Quarterly*, 71(1), s. 215–231.
- Clarke-Hagan, D. i Spillane, J.P., 2016. A QUALITATIVE REVIEW OF BIM, SUSTAINABILITY AND LEAN CONSTRUCTION: Is There A Future For Lean. W: *Proceedings of ARCOM Doctoral Workshop Sustainability and BIM*. s. 44.
- Czakon, W., 2006. Łabędzie Poppera – case studies w badaniach nauk o zarządzaniu. (9), s. 9–12.
- Czakon, W. i Dyduch, W., 2016. *Podstawy Metodologii Badań w naukach o zarządzaniu*. wyd. III rozszerzone. Sowa Sp. z o.o.
- Czakon, W. i Glinka, B., 2021. *Podstawy badań jakościowych*. Warszawa: PWE.
- Czech, A. i Szplit, A. red., 2013. *Nauki o zarządzaniu dla przedsiębiorstw i biznesu*. Praca naukowa. Katowice: Wydawn. Uniw. Ekonomicznego.
- Dakhli, Z., Lafhaj, Z. i Mossman, A., 2019. The potential of blockchain in building construction. *Buildings*, 9(4).
- Dallasega, P., Revolti, A., Sauer, P.C., Schulze, F. i Rauch, E., 2020. BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game. *Procedia manufacturing*, 45, s. 49–54.
- Daniel, E.I., Pasquire, C., Chinyio, E., Oloke, D. i Suresh, S., 2020. Development of Collaboration in Planning: What Can Construction Project Management Learn From Other Fields? [online] 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Berkeley, California, USA, s. 289–300. Dostępne na: <<http://iglc.net/Papers/Details/1753>> [dostęp 26.05.2022].
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Tzortzopoulos, P. i Owen, R., 2013. Implementing lean in construction: Lean construction and BIM.

- Dave, B., Kubler, S., Främling, K. i Koskela, L., 2016. Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61, s. 86–97.
- Dave, B., Kubler, S., Pikas, E., Holmström, J., Singh, V., Främling, K. i Koskela, L., 2015. Intelligent products: shifting the production control logic in construction (with Lean and BIM). W: *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia, 29-31 July 2015*. International Group for Lean Construction.
- Davidsson, P., 2005. *Researching Entrepreneurship*. Springer Science & Business Media.
- DeepL, 2022. *DeepL Tłumacz*. [online] deepl. Dostępne na: <<https://www.deepl.com/pl/translator>> [dostęp 7.08.2022].
- Demian, P. i Walters, D., 2014. The advantages of information management through building information modelling. *Construction Management and Economics*, 32(12), s. 1153–1165.
- Dingsøyr, T., Nerur, S., Balijepally, V. i Moe, N.B., 2012. A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development. *Journal of Systems and Software*, 85(6), s. 1213–1221.
- Dreso, 2022. *DRESO BIM*. [online] Drees & Sommer. Dostępne na: <www.dreso.com> [dostęp 6.03.2022].
- Dziadosz, A., 2018. 12. Model oszacowania łącznych kosztów cyklu życia obiektu. W: *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: problemy, modele, metody*, Studia z Zakresu Inżynierii. Warszawa, Polska Kraków, Polska: Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, s. 245–265.
- Farnood Ahmadi, P. i Arashpour, M., 2020. An analysis of 4D-BIM Construction Planning: Advantages, Risks and Challenges. [online] 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Kitakyushu, Japan. Dostępne na: <http://www.iaarc.org/publications/2020_proceedings_of_the_37th_isarc/an_analysis_of_4d_bim_construction_planning-advantages_risks_and_challenges.html> [dostęp 28.05.2022].
- Fisher, M., 1999. Process improvement by poka-yoke. *Work Study*, 48(7), s. 264–266.
- Fitriani, H. i Rizki, L.D., 2022. Just-in-time application on readymix concrete production. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 9(93), s. 1183–1195.
- Formoso, C.T., Tzortzopoulos, P. i Forgues, D., 2020. Lean and BIM meet social sciences: new perspectives in construction engineering and management. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), s. v–vi.
- Frankfort-Nachmias, C. i Nachmias, D., 2001. *Metody badawcze w naukach społecznych / Chava Frankfort-Nachmias, David Nachmias; przekł. Elżbieta Hornowska, [Dodatek A. przeł. Marzenna Zakrzewska]*. wyd. 1. Poznań: ZYSK I S-KA Wydawnictwo.

- Franklin, B., 2025. *goodreads.com*. [online] Dostępne na: <<https://www.goodreads.com/quotes/460142-if-you-fail-to-plan-you-are-planning-to-fail>> [dostęp 22.01.2025].
- Fusar-Poli, P. i Radua, J., 2018. Ten simple rules for conducting umbrella reviews. *Evidence Based Mental Health*, 21(3), s. 95–100.
- Garel, G., 2013. A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), s. 663–669.
- Gasparski, W., 2010. Prakseologia – wariacje na temat... *Prakseologia*, (150/210), s. 25–34.
- Ghoshal, P.K., Ghosh, C., Gopinath, S., Ihloff, E., Kashy, D.H., Kelsey, J.E., Kumar, K., Mammie, J., Rahman, S. i Rajput-Ghoshal, R., 2020. General Failure Modes and Effects Analysis for Accelerator and Detector Magnet Design at JLab. *IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY*, 30(8).
- Głodziński, E., 2015. Supporting of Project Controlling with IT Systems – requirements, current situation and prospects. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia Informatica*, 38, s. 21–36.
- Głodziński, E., 2017a. *Efektywność w zarządzaniu projektami budowlanymi. Perspektywa wykonawcy*. [online] Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Dostępne na: <<http://eczyt.bg.pw.edu.pl/reader/efektywnosc-w-zarzadzaniu-projektami-budowlanymi-perspektywa-eryk-glodzinski-189070>> [dostęp 23.01.2022].
- Głodziński, E., 2017b. *Efektywność w zarządzaniu projektami. Wymiary - Koncepcje - Zależności*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Głodziński, E., 2022. Performance measurement of complex project: framework and means supporting management of project-based organizations. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 7(2), s. 21–34.
- Gomes, R., Silvestre, J.D. i De Brito, J., 2020. Environmental, economic and energy life cycle assessment “from cradle to cradle” (3E-C2C) of flat roofs. *Journal of Building Engineering*, 32, s. 101436.
- Google, 2022. *Google Thumacz*. [online] translate.google.com. Dostępne na: <<https://translate.google.com/>> [dostęp 7.08.2022].
- Gorecky, D., Khamis, M. i Mura, K., 2015. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, s. 1–9.
- Götz, S., Fehn, A., Rohde, F. i Kühn, T., 2020. Model-driven software engineering for construction engineering: Quo vadis? *Journal of Object Technology*, 19(2).
- Gozali, S., Zekavat, P., Moon, S., Tang, L. i Moustafa, S., 2019. BIM Applications to Leveraging Lean Principles in Modern Construction. *43RD AUBEA*, s. 376.

- Greenwood, D.J., Jie, L.T. i Rogage, K., 2017. An Investigation Into 'Lean-BIM' Synergies in the UK Construction Industry. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 6(2), s. 1–13.
- Grucza, B., Ogonek, K. i Trocki, M., Buklaha, Emil, 2010. *Zarządzanie projektami*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Grzeszczyk, T.A. i Klimek, D., 2018. The Model of Social Innovation Project Evaluation. W: *Proceedings of the Asia-Pacific Social Science and Modern Education Conference (SSME 2018)*. [online] Asia-Pacific Social Science and Modern Education Conference (SSME 2018). Shanghai, China: Atlantis Press. Dostępne na: <<http://www.atlantispress.com/php/paper-details.php?id=25902033>> [dostęp 2.07.2022].
- Guerriero, A., Kubicki, S., Berroir, F. i Lemaire, C., 2017. BIM-enhanced collaborative smart technologies for LEAN construction processes. W: *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. IEEE, s. 1023–1030.
- GUS, 2020a. *Biuletyn Statystyczny*. GUS.
- GUS, 2020b. *Pracujący i wynagrodzenia w gospodarce narodowej w 2019 r. – dane wstępne*. GUS.
- Haronian, E. i Sacks, R., 2020. Roadels: Discrete information objects for production planning and control of road construction. *Journal of Information Technology in Construction*, 25, s. 254–271.
- Hines, P., Holweg, M. i Rich, N., 2004. Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), s. 994–1011.
- Howell, G.A. i Koskela, L., 2000. Reforming Project Management: The Role of Lean Construction.
- Hu, Q., Mason, R., Williams, S.J. i Found, P., 2015. Lean implementation within SMEs: a literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(7), s. 980–1012.
- Ilozor, B.D. i Kelly, D.J., 2012. Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 2(1), s. 23–36.
- Ingibjorg Birna Kjartansdottir, Mordue, S., Nowak, P., Philp, David, Jonas Thor Snaebjornsson, Politechnika Warszawska, i Wydział Inżynierii Lądowej, 2017. *Building information modelling - BIM*. Warsaw: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology.
- Jarmoc, D., 2023. *Projekt budowlany: aspekty administracyjnoprawne*. Wrocław: Exante Wydawnictwo Naukowe.
- Jeong, W., Chang, S., Son, J.W. i Yi, J.-S., 2016. BIM-integrated construction operation simulation for just-in-time production management. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11).

- Jerry, A. i Jelodar, M.B., 2019. AN OVERVIEW CHALLENGES OF BIM AND LEAN CONSTRUCTION IMPLEMENTATION IN NEW ZEALAND CONSTRUCTION INDUSTRY.
- Kancelaria Sejmu, 2022. *Prawo budowlane*. Dostępne na: <<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU19940890414/U/D19940414Lj.pdf>> [dostęp 4.10.2022].
- Kapliński, O., 2018. Specyfika Przedsięwzięć Budowlanych w Kontekście Innowacyjnych Wyzwań. W: *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych : problemy, modele, metody*, Studia z Zakresu Inżynierii. Warszawa, Polska Kraków, Polska: Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, s. 17–39.
- Kessler, E.H. i Chakrabarti, A.K., 1996. Innovation speed A conceptual model of context, antecedents, and outcomes.pdf. *Academy of Management, The Academy of Management Review*, s. 1143–1191.
- Koseoglu, O. i Nurtan-Gunes, E.T., 2018. Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), s. 1298–1321.
- Koseoglu, O., Sakin, M. i Arayici, Y., 2018. Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Kosieradzka, A., Kąkol, U. i Krupa, A., 2011. The Development of Production Management Concepts. *Foundations of Management*, 3(2), s. 55–74.
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G. i Tommelein, I., 2002. The foundations of lean construction. s. 17.
- Kozarkiewicz, A., 2020. General and Specific: The Impact of Digital Transformation on Project Processes and Management Methods. *Foundations of Management*, 12(1), s. 237–248.
- Kozarkiewicz, A. i Łada, M., 2010. *Zarządzanie wartością projektów*. Warszawa: C.H. Beck.
- Lander, E., 2007. *Implementing Toyota-style systems in high variability environments*. [D.Eng.] ProQuest Dissertations and Theses. University of Michigan College of Engineering Graduate Professional Programs. Dostępne na: <<https://www.proquest.com/central/docview/304700681/abstract/C41D12689D7647E8PQ/9>> [dostęp 10.04.2022].
- Lawton, R.C., 2013. Education Policies: Employee education policy statement can help set goals: Using SMART criteria and strategic goal-setting can improve employee attendance and engagement in retirement planning education sessions. *Employee Benefit News*, [online] 27(01). Dostępne na: <<https://www.proquest.com/central/docview/1266099386/abstract/C33411B0161546C5PQ/3>> [dostęp 21.08.2024].
- Le, P.L., Elmughrabi, W., Dao, T.-M. i Chaabane, A., 2020. Present focuses and future directions of decision-making in construction supply chain management: a systematic review. *International Journal of Construction Management*, 20(5), s. 490–509.

- Lee, S.-H., Diekmann, J.E., Songer, A.D. i Brown, H., 1999. *Identifying Waste: Applications of Construction Process Nalysis*. Berkeley, Calif.
- Lenfle, S. i Loch, C., 2010. Lost Roots: How Project Management Came to Emphasize Control over Flexibility and Novelty. *California Management Review*, 53(1), s. 32–55.
- Li, L., Li, Z., Li, X. i Wu, G., 2019. A review of global lean construction during the past two decades: analysis and visualization. *Engineering, Construction and Architectural Management*, s. 1192–1216.
- Liao, J., Li, S., Liu, Y., Mao, S., Tian, T., Ma, X., Li, B. i Qiu, Y., 2024. Multi-Objective Optimization Based on Simulation Integrated Pareto Analysis to Achieve Low-Carbon and Economical Operation of a Wastewater Treatment Plant. *Water*, [online] 16(7). Dostępne na: <<https://www.proquest.com/central/docview/3037597251/abstract/E5DA6146924844B0PQ/5>> [dostęp 21.08.2024].
- Linnenluecke, M.K., Marrone, M. i Singh, A.K., 2020. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, 45(2), s. 175–194.
- Liu, J. i Shiv, G., 2017. Quality control of a complex lean construction project based on KanBIM technology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), s. 5905–5919.
- Lucena Gonzalez, C.F., Reyes Rodriguez, A.M. i Manzanares, F.V., 2024. Disruptive method for managing BIM design and construction using Kanban. *Organization, Technology & Management in Construction*, 16(1), s. 1–12.
- Ma, X., Chan, A.P.C., Wu, H., Xiong, F. i Dong, N., 2018. Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project. *Construction Innovation*, 18(4), s. 469–487.
- Mahasenan, N., Smith, S. i Humphreys, K., 2003. The Cement Industry and Global Climate Change: Current and Potential Future Cement Industry CO2 Emissions. W: J. Gale i Y. Kaya, red., *Greenhouse Gas Control Technologies - 6th International Conference*. [online] Oxford: Pergamon, s. 995–1000. Dostępne na: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080442761501574>> [dostęp 9.01.2021].
- Mahmood, A. i Abrishami, S., 2020. BIM for lean building surveying services. *Construction Innovation*, 20(3), s. 447–470.
- Maijala, R., Eloranta, S., Reunanen, T. i Ikonen, T.S., 2018. Successful implementation of Lean as a managerial principle in health care: a conceptual analysis from systematic literature review. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, s. 134–146.
- Majcher, J., 2019. 22 terms in BIM you should know. [online] BIM Corner. Dostępne na: <<https://bimcorner.com/22-terms-in-bim-you-should-know/>> [dostęp 8.10.2022].
- Mandujano, M.G., Alarcón, L.F., Kunz, J. i Mourgues, C., 2016. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. *Revista de la Construcción*, 15(3), s. 107–118.

- Marchewka, J.T., 2016. *Information Technology Project Management: Providing Measurable Organizational Value*. John Wiley & Sons.
- Mazur, Z. i Orłowska, A., 2018. Jak zaplanować i przeprowadzić systematyczny przegląd literatury. *Polskie Forum Psychologiczne*, (23), s. 235–251.
- McArthur, J.J. i Bortoluzzi, B., 2018. Lean-Agile FM-BIM: a demonstrated approach. *Facilities*, 36(13/14), s. 676–695.
- Michalski, A., Głodziński, E. i Böde, K., 2022. Lean construction management techniques and BIM technology – systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 196, s. 1036–1043.
- Michalski, A., Szóstak, M., Kropiewnicki, M., Ofierzyński, K., Ostalska, S. i Wereda, K., 2025. Zmieniająca się struktura wiekowa kadry budowlanej w Polsce. *Przegląd Budowlany*, 96(2), s. 218–220.
- Michaud, M., Forgues, E.-C., Carignan, V., Forgues, D. i Ouellet-Plamondon, C., 2019. A lean approach to optimize BIM information flow using value stream mapping. *Journal of Information Technology in Construction*, 24, s. 472–488.
- Mikołajczyk, Z., 1998. *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*. wyd. III. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.
- Modrák, V. i Semančo, P. red., 2014. *Handbook of Research on Design and Management of Lean Production Systems: Advances in Logistics, Operations, and Management Science*. [online] IGI Global. Dostępne na: <<http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-4666-5039-8>> [dostęp 9.01.2021].
- Moghadam, M., Alwisy, A. i Al-Hussein, M., 2012. Integrated BIM/Lean base production line schedule model for modular construction manufacturing. W: *Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World*. s. 1271–1280.
- Mor, R.S., Łączy do zewnętrznej witryny, która zostanie otwarta w nowym oknie, Bhardwaj, A., Singh, S. i Sachdeva, A., 2019. Productivity gains through standardization of work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), s. 899–919.
- Morakanyane, R., Grace, A. i O'Reilly, P., 2017. Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature. W: *Digital Transformation – From Connecting Things to Transforming Our Lives*. [online] 30TH Bled eConference: Digital Transformation – From Connecting Things to Transforming Our Lives, June 18 – 21, 2017, Bled, Slovenia. University of Maribor Press, s. 427–443. Dostępne na: <<http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/234>> [dostęp 2.08.2022].
- Mossman, A., 2018. What Is Lean Construction: Another Look - 2018. [online] 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Chennai, India, s. 1240–1250. Dostępne na: <<http://iglc.net/Papers/Details/1519>> [dostęp 22.01.2025].
- Motzko, C., Martinek, W., Klingenberg, J. i Binder, F., 2011. *Zarządzanie procesami budowlanymi i Lean construction*. Darmstadt, Warszawa.

- Muotka, S., Togiani, A. i Varis, J., 2023. A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment. *Procedia CIRP*.
- Nascimento, D.L. de M., Sotelino, E.D., Lara, T.P.S., Caiado, R.G.G. i Ivson, P., 2017. Constructability in industrial plants construction: a BIM-Lean approach using the Digital Obeya Room framework. *Journal of civil engineering and management*, 23(8), s. 1100–1108.
- National Institute of Building Sciences, 2007. National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. s. 183.
- NBS Source, 2022. *Toolkit Thenbs*. [online] Dostępne na: <www.toolkit.thenbs.com> [dostęp 5.06.2022].
- Nguyen, P. i Akhavian, R., 2019. Synergistic Effect of Integrated Project Delivery, Lean Construction, and Building Information Modeling on Project Performance Measures: A Quantitative and Qualitative Analysis. *Advances in Civil Engineering*, 2019.
- Nowotarski, P., 2019. *Lean management przy realizacji procesów budowlanych*. Politechnika Poznańska.
- Nowotarski, P., Pasłowski, J. i Matyja, J., 2016. Usprawnianie procesów budowlanych z wykorzystaniem Lean Management. *MATERIAŁY BUDOWLANE*, 1(6), s. 127–128.
- Núñez-Merino, M., Maqueira-Marín, J.M., Moyano-Fuentes, J. i Martínez-Jurado, P.J., 2020. Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(16), s. 5034–5061.
- Olejniak, I., Antoniuk, M.A., Luty, D., Gluza, N., Wyciszkievicz, P., Perska, A., Lewicki, M., Boćkowska, P., Dobski, P., Kasperczyk, J., Mikołajczyk, J., Olejniczak, T., Rojewska, A., Michalik, S., Stanisławski, M., Bartkowiak i Michalik, S., 2024. *Metody badań jakościowych i ilościowych. Przykłady zastosowań w ekonomii i zarządzaniu*. Poznań.
- Onyango, A. F., 2016. *Interaction between Lean Construction and BIM: How effectiveness in production can be improved if lean and BIM are combined in the design phase A literature review*, Master Thesis at the Royal Institute of Technology.
- Osorio-Gomez, C.-C., Moreno-Falla, M.-J., Ospina-Alvarado, A. i Ponz-Tienda, J.-L., 2020. Lean Construction and BIM in the Value Chain of a Construction Company: A Case Study. W: *Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts*. American Society of Civil Engineers Reston, VA, s. 368–378.
- Owen, R., Koskela, L., Henrich, G., e i Codinhoto, R., 2006. Is agile project management applicable to construction?
- Panwar, A., Nepal, B.P., Jain, R. i Rathore, A.P.S., 2015. On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), s. 564–587.
- Papadonikolaki, E., van Oel, C. i Kagioglou, M., 2019. Organising and Managing boundaries: A structural view of collaboration with Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 37(3), s. 378–394.

- Pawełoszek, I. i Jelonek, D., 2022. The role of social media in the strategy of Polish enterprises. Survey results from the years 2020-2021. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, [online] 2022(163). Dostępne na: <<https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2022/12/163-Pawe%C5%82oszek-Jelonek.pdf>> [dostęp 13.03.2024].
- Pawlak, M., 2006. *Zarządzanie projektami*. [online] Wydawnictwo naukowe PWN. Dostępne na: <<https://libra.ibuk.pl/reader/zarzadzanie-projektami-marek-pawlak-452>> [dostęp 4.08.2024].
- Pettersen, J., 2009. Defining lean production: some conceptual and practical issues. s. 17.
- Pinho, C. i Mendes, L., 2017. IT in lean-based manufacturing industries: systematic literature review and research issues. *International Journal of Production Research*, 55(24), s. 7524–7540.
- Project Management Institute red., 2013. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. wyd. Fifth edition. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute, 2016. *Construction extension to the PMBOK guide*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute red., 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Sixth Edition*. wyd. Sixth edition. PMBOK guide. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Pszczołka, M., 2022. *Dimensions of BIM*. [online] BIM Corner. Dostępne na: <www.bimcorner.com> [dostęp 5.06.2022].
- Qu, S.Q. i Dumay, J., 2011. The qualitative research interview. *Qualitative Research in Accounting & Management*, 8(3), s. 238–264.
- Radujković, M. i Sjekavica, M., 2017. Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196, s. 607–615.
- Rahman, A., Gonzalez, V.A. i Amor, R., 2013. Exploring the synergies between BIM and lean construction to deliver highly integrated sustainable projects. W: *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, July 31-August*. s. 1–12.
- Ratajczak, J., Riedl, M. i Matt, D.T., 2019. BIM-based and AR application combined with location-based management system for the improvement of the construction performance. *Buildings*, 9(5).
- Robey, M.W. i Issa, R.R., 2015. Implementation of Prefabrication and Modular Offsite Construction using BIM and Lean Construction Techniques. *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*.
- Roman, M. i Petr, N., 2015. Project Management for Increasing Logistics Productivity in Direction of Industry 4.0. s. 6.

- Sadeghi, S., Akbarpour, A. i Abbasianjahromi, H., 2022. Provide a Lean and Agile Strategy for an Antifragile Sustainable Supply Chain in the Construction Industry(residential complex). *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, s. 100079.
- Sajedeh, M., Fleming, A., Talebi, S. i Underwood, J., 2016. Development of an Experimental Waste Framework based on BIM/Lean concept in construction design.
- Sauer, P.C. i Seuring, S., 2023. How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions. *Review of Managerial Science*, 17(5), s. 1899–1933.
- Schimanski, C.P., Marcher, C., Monizza, G.P. i Matt, D.T., 2020. The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3).
- Schimanski, C.P., Monizza, G.P., Marcher, C. i Matt, D.T., 2019. Conceptual foundations for a new lean BIM-based production system in construction.
- Sepasgozar, S.M., Hui, F.K.P., Shirowzhan, S., Foroozanfar, M., Yang, L. i Aye, L., 2021. Lean Practices Using Building Information Modeling (BIM) and Digital Twinning for Sustainable Construction. *Sustainability*, 13(1), s. 161.
- Sertyesilisik, B. i Kivircik, I., 2017. Integrated BIM Usage in Construction Project Management. As a Way of Enhancing Sustainability and Lean Performance of Construction Industry. *Peng Wu, Li Haijiang und Xiangyu Wang (Hg.): Integrated Building Information Modelling. Sharjah: Bentham Science Publishers*, s. 204–223.
- Shakeri, I., Boroujeni, K.A. i Hassani, H., 2015. Lean construction: from theory to practice. *INTERNATIONAL JOURNAL of ACADEMIC RESEARCH*, 7(1), s. 9.
- Shehab, L., Hattab, M.A., Khalife, S., Samad, G.E., Abbas, Y. i Hamzeh, F., 2023. Last Planner System Framework to Assess Planning Reliability in Architectural Design. *Buildings*, [online] 13(11). Dostępne na: <<https://www.proquest.com/central/docview/2893057056/abstract/A0EB4776265741AEPQ/7>> [dostęp 21.08.2024].
- Shin, M.-H. i Kim, H.-Y., 2021. Facilitators and Barriers in Applying Building Information Modeling (BIM) for Construction Industry. *Applied Sciences*, 11(19), s. 8983.
- Singh, S. i Kumar, K., 2019. Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). *Ain Shams Engineering Journal*, s. S2090447919301212.
- Singh, S. i Kumar, K., 2020. A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*.
- Smith, S., 2014. Muda, Muri and Mura. *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, 13(2), s. 36–37.
- Soderborg, N., 2022. 5 whys. *Lean & Six Sigma Review*, 22(1), s. 32.
- Söderlund, J., 2004. Building theories of project management: past research, questions for the future. *International Journal of Project Management*, 22(3), s. 183–191.

- Sodhi, H.S., Singh, D. i Singh, B.J., 2020. A conceptual examination of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma models for managing waste in manufacturing SMEs. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 17(1), s. 20–32.
- Sophian, A., Hasbullah, H. i Shaleh, I., 2022. *Increasing Production Yield With a Visual Stream Mapping (VSM) in the Plastic Material Recycling Industry*. s. 9.
- Sosa, A.S., 2019. Timber Industry meets BIM and Lean—Increasing the efficiency in design and construction process in multi-storey timber buildings. *IGLC 2019 PhD Summer School Book of Extended*, s. 36.
- Spalek, S., 2017. Zarządzanie projektami w erze przemysłu 4.0. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, (9), s. 106–112.
- Spang, K. i Özcan, S., 2009. *GPM-Studie 2008/2009 zum Stand und Trend des Projektmanagements*.
- Srin Soft Tech, 2022. *Srin Soft Tech*. [online] Dostępne na: <www.srinsofttech.com> [dostęp 5.06.2022].
- Stabryła, A., 2015. Koncepcja zarządzania wiedzą i rozwojem przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, (1), s. 169–178.
- Staniewicz, A. i Nogaj, P., 2023. BIM, współpraca, zarządzanie informacją w polskim budownictwie.
- Stanisławski, R., 2017. Triangulacja technik badawczych w naukach o zarządzaniu. *Organization and Management*, 178(4), s. 103–120.
- Sundararajan, N., 2022. Improving productivity in fastener manufacturing through the application of Lean-Kaizen principles. *Materials Today*.
- Suri, H., 2011. Purposeful Sampling in Qualitative Research Synthesis. *Qualitative Research Journal*, 11(2), s. 63–75.
- Tang, H., 2019. A new method of bottleneck analysis for manufacturing systems. *Manufacturing Letters*.
- Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B. i Koskela, L., 2016. The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia engineering*, 164, s. 567–574.
- Taylor, M., Tam, C. i Gielen, D., 2006. Energy Efficiency and CO2 Emissions from the Global Cement Industry. s. 13.
- Tezel, A., Taggart, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Hanahoe, J. i Kelly, M., 2020. Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: A systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), s. 186–201.
- The Construction Users Roundtable, 2004. *Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*.

- Tiwari, S. i Sarathy, P., 2012. Pull Planning As A Mechanism To Deliver Constructible Design. *th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Trocki, M., Wyrozebski, P., Grucza, B., Juchniewicz, M., Metelski, W., , Emil i Buklaha, E., 2015. *Planowanie przebiegu projektów*. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa. Oficyna Wydawnicza.
- Trojanowska, J., Kolińska, K. i Koliński, A., 2011. Stosowanie narzędzi Lean w przedsiębiorstwach produkcyjnych jako skuteczny sposób walki z kryzysem gospodarczym. 9.
- Tuan, N.M., 2019. An analysis of the integration of Lean construction principles in the BIM coordination process. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE)-NUCE*, 13(1), s. 109–116.
- Turner, J.R. i Turner, J.R., 1999. *The handbook of project-based management: improving the process for achieving strategic objectives*. wyd. 2. ed. London: McGraw-Hill.
- Utama, D.M., 2023. Sustainable Lean Six-sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance.
- Uusitalo, P., Seppänen, O., Lappalainen, E., Peltokorpi, A. i Olivieri, H., 2019. Applying level of detail in a BIM-based project: An overall process for lean design management. *Buildings*, 9(5).
- Villa, V., Di Giuda, G.M., Giana, P.E., Tagliabue, L.C. i Ciribini, A.L.C., 2017. Lean construction applied to a BIM process: how to control point attribution in MEAT tender process. *Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture*, 3(1), s. 35–44.
- Vinodhini A, Seethalakshmi R i Sowdamini T, 2018. Analyzing the role of lean management in health care: a systematic literature review. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, s. 303–312.
- Wen, Y., 2014. Research on cost control of construction project based on the theory of lean construction and BIM: Case study. *Open Construction and Building Technology Journal*, 8, s. 382–388.
- Whyte, J., Stasis, A. i Lindkvist, C., 2016. Managing change in the delivery of complex projects: Configuration management, asset information and ‘big data’. *International Journal of Project Management*, 34(2), s. 339–351.
- Winstanley, A. i Fraser, N., 2013. *BIM for all dummies or not*. [online] Thenbs. Dostępne na: <<https://www.thenbs.com/knowledge/bim-for-all-dummies-or-not>> [dostęp 9.05.2022].
- Wirkus, M. i Kusio, E., 2016. Zarządzanie interesariuszami jako czynnik sukcesu innowacyjnego projektu / Stakeholders management as the success factor of an innovative project. *Nauki o Zarządzaniu*, [online] (3). Dostępne na: <<http://www.dbc.wroc.pl/dlibra/docmetadata?id=36469&from=publication>> [dostęp 12.01.2025].

- Wolniak, R., 2019. Metody i narzędzia lean production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle. W: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, s. 524–533.
- Womack, J.P., Jones, D.T. i Wasiel, M., 2008. *Lean thinking - szczupłe myślenie: eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie*. Wrocław: ProdPress.com.
- Wyrozebski, P. i Pawlak, R., 2021. The role and meaning of lessons learned in project knowledge management in organizations in Poland. *Procedia Computer Science*, 192, s. 2396–2405.
- Wyrozębski, P., 2012. Doskonalenie procesów zarządzania projektami z wykorzystaniem narzędzi zarządzania wiedzą – stan obecny i perspektywy rozwoju [w] *Ekonomia, finanse i zarządzanie w świetle nowych wyzwań gospodarczych*, pr. zb., red. Ł. Woźny, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2012. s. 15.
- Yamamoto, K., Milstead, M. i Lloyd, R., 2019. A Review of the Development of Lean Manufacturing and Related Lean Practices: The Case of Toyota Production System and Managerial Thinking. *International Management Review*, 15(2), s. 21-40,89-90.
- Yang, S., 2019. Application Of Bim During Lean Construction Of High-Rise Buildings. *Stavební Obzor-Civil Engineering Journal*, 28(3), s. 331–343.
- Zhang, J., Li, H., Golizadeh, H., Zhao, C., Lyu, S. i Jin, R., 2020. Reliability evaluation index for the integrated supply chain utilising BIM and lean approaches. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(5), s. 997–1038.
- Zuhair, M.Z.M., Jayasena, H.S. i Ariyachandra, M., 2016. Review on lean construction and tps approximation with BIM.

Spis Rysunków

Rysunek 1 Metodyka badań doktorskich.....	16
Rysunek 2 Schemat relacji między uczestnikami procesu budowlanego.....	25
Rysunek 3 Cykl życia obiektu budowlanego- ujęcie procesowe	28
Rysunek 4 Trzy kategorie strat wg. Lean	31
Rysunek 5 Siedem źródeł marnotrawstwa.....	32
Rysunek 6 Tłumaczenie własne jak BIM może oznaczać różne rzeczy wśród różnych profesjonalistów.....	48
Rysunek 7 Interesariusze BIM	48
Rysunek 8 Krzywa MacLeamy	50
Rysunek 9 Ewolucja projektowania budynku	51
Rysunek 10 Poziomy modelu BIM	54
Rysunek 11 Procedura systematycznego przeglądu literatury	57
Rysunek 12 Liczba publikacji w poszczególnych latach dla okresu 2010-01.2021	60
Rysunek 13 Skumulowana liczba publikacji w okresie 2010-01.2021	60
Rysunek 14 Chmura słów kluczowych badanych artykułów z lat 2010-01.2021	61
Rysunek 15 Metodyka badania ilościowego	78
Rysunek 16 Charakterystyka respondentów – reprezentowane obszary budownictwa	82
Rysunek 17 Charakterystyka respondentów – wielkość przedsiębiorstwa	82
Rysunek 18 Charakterystyka respondentów – źródło głównego kapitału przedsiębiorstwa	83
Rysunek 19 Charakterystyka respondentów – wielkość inwestycji realizowanych przez przedsiębiorstwo respondenta (wielokrotny wybór)	84
Rysunek 20 Charakterystyka respondentów – podział inwestorów realizowanych prac (wielokrotny wybór).....	84
Rysunek 21 Charakterystyka respondentów – obszar realizowanych zadań przez przedsiębiorstwo respondenta (wielokrotny wybór)	85
Rysunek 22 Charakterystyka respondentów – doświadczenie zawodowe	85
Rysunek 23 Częstotliwość wykorzystania narzędzi wspomagających zarządzanie projektem budowlanym (P1)	87
Rysunek 24 Znajomość koncepcji Lean Construction (P5)	87
Rysunek 25 Istotność wskazanych działań podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego (P7)	89

Rysunek 26 Częstość stosowania wskazanych narzędzi wspomagających zarządzanie (P8)	90
Rysunek 27 Częstość stosowania wskazanych metod i technik zarządzania (P9)	91
Rysunek 28 Znajomość technologii BIM (P10)	92
Rysunek 29 Etapy przedsięwzięcia na których stosowany jest BIM (P13)	93
Rysunek 30 Istotność czynników poprawiających jakość pracy z BIM (P14)	94
Rysunek 31 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością zagadnienia monitorowania i kontroli dostaw (oś pozioma P7.08)	100
Rysunek 32 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do utrzymania dobrych relacji z klientem (oś pozioma P7.11)	101
Rysunek 33 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do utrzymania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami (oś pozioma P7.12)	102
Rysunek 34 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dotrzymywania realizacji kamieni milowych (oś pozioma P7.13)	102
Rysunek 35 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością występowania z roszczeniami do klienta (oś pozioma P7.14)	103
Rysunek 36 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością monitorowania i kontroli bezpieczeństwa oraz higieny pracy (oś pozioma P7.16)	104
Rysunek 37 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a istotnością dążenia do poprawy wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów) (oś pozioma P7.20)	104
Rysunek 38 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania codziennych spotkań zespołu projektowego (oś pozioma P9.01)	105
Rysunek 39 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania cyklicznych spotkań z klientem (oś pozioma P9.02)	105

Rysunek 40 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03)	106
Rysunek 41 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania arkusza kontrolnego (oś pozioma P9.08).....	107
Rysunek 42 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania tablic Kanban (oś pozioma P9.09).....	108
Rysunek 43 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki Just in Time (oś pozioma P9.10).....	108
Rysunek 44 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11).....	109
Rysunek 45 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki LPS® (oś pozioma P9.12).....	110
Rysunek 46 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a częstotliwością stosowania techniki 5S (oś pozioma P9.13).....	111
Rysunek 47 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a istotnością występowania z roszczeniami do klienta (oś pozioma P7.14).....	112
Rysunek 48 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a istotnością występowania z roszczeniami do podwykonawców/ dostawców (oś pozioma P7.15).....	112
Rysunek 49 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania codziennych spotkań zespołu projektowego (oś pozioma P9.01).....	113
Rysunek 50 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03)	114

Rysunek 51 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania arkusza kontrolnego (oś pozioma P9.08).....	114
Rysunek 52 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania tablic Kanban (oś pozioma (P9.09).....	115
Rysunek 53 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11).....	115
Rysunek 54 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem BIM w przedsiębiorstwie (oś pionowa P10), a częstotliwością stosowania techniki LPS® (oś pozioma P9.12).....	116
Rysunek 55 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M3	118
Rysunek 56 Rozkład odpowiedzi pomiędzy pytaniem P5, a M2	119
Rysunek 57 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a P10).....	120
Rysunek 58 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem wizualizacji przedsięwzięcia (oś pozioma P9.03).....	122
Rysunek 59 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem tablic Kanban (oś pozioma P9.09)...	123
Rysunek 60 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem koncepcji S.M.A.R.T. (oś pozioma P9.11).....	124
Rysunek 61 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pionowa P5), a stosowaniem LPS® (oś pozioma P9.12).....	124
Rysunek 62 Rozkład odpowiedzi pomiędzy używaniem oraz wdrażaniem LC w przedsiębiorstwie (oś pozioma P5), a stosowaniem techniki 5S (oś pionowa P9.13).....	125
Rysunek 63 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M4	126
Rysunek 64 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M4.....	127
Rysunek 65 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M2	128
Rysunek 66 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P10, a M5	129
Rysunek 67 Rozkład odpowiedzi między pytaniem P5, a M5	130
Rysunek 68 Metodyka badania jakościowego.....	138
Rysunek 69 Chmura częstości występowania kodów w badaniu jakościowym	144

Rysunek 70 Schemat wdrażania LC oraz BIM w przedsiębiorstwie	169
--	-----

Spis Tabel

Tabela 1 Wyjaśnienie podstawowych pojęć.....	14
Tabela 2 Parasolowy przegląd literatury z zakresu Lean Management	35
Tabela 3 Porównanie Lean Manufacturing i Lean Construction.....	40
Tabela 4 Przebieg tworzenia bazy literaturowej dla prowadzonego badania.....	58
Tabela 5 Opis struktury próby badawczej ze względu na PKD	81
Tabela 6 Rozkład odpowiedzi na pytanie P5 Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	98
Tabela 7 Rozkład odpowiedzi na pytanie P10. Czy znana jest w przedsiębiorstwie technologia BIM (Building Information Modeling – wielowymiarowa wizualizacja obiektu budowlanego)?.....	98
Tabela 8 Wybrane wyniki testów Manna - Whitneya dla P5 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9	99
Tabela 9 Wybrane wyniki testów Manna - Whitneya dla P10 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9	99
Tabela 10 Wynik testu chi-kwadrat dla hipotezy H5	120
Tabela 11 Wybrane wyniki testów Kruskalla – Wallisa dla P5 vs P9.03 – P9.16	121
Tabela 12 Rozkład odpowiedzi na pytanie P5 Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	121
Tabela 13 Wyniki testowania hipotez	131
Tabela 14 Charakterystyka uczestników wywiadu - badanie jakościowe.....	142
Tabela 15 Zestawienie liczby stron i częstości kodów w badaniu jakościowym	143
Tabela 16 Drzewo kodowe badania jakościowego.....	152

Załączniki

Załącznik 1 – Kwestionariusz badania ilościowego

Szanowni Państwo,

Dzień dobry, nazywam się [...], jestem ankieterem Centrum Badawczo-Rozwojowego BIOSTAT z Rybnika, która na zlecenie Wydziału Zarządzania Politechniki Warszawskiej realizuje badanie dotyczące m.in. zastosowania narzędzi i metod zarządzania dokonaniaми projektu w przedsiębiorstwach budowlanych. W tym celu chcielibyśmy rozmawiać z przedstawicielami Państwa przedsiębiorstwa - kierownikami projektów, specjalistami BIM bądź osobami o doświadczeniu w zarządzaniu budową. Celem badania jest poznanie zakresu wykorzystania narzędzi i metod analizy ekonomicznej, szczupłego zarządzania i technologii BIM (wielowymiarowej wizualizacji obiektu budowlanego). Badanie jest anonimowe i będzie służyć wyłącznie celom naukowym. Wyniki zostaną upublicznione jedynie w formie zestawień i wykresów zbiorczych. Ankieta trwa około 10-15 minut.

Nasza rozmowa jest nagrywana w celu kontroli mojej pracy.

M1. W jakich obszarach budownictwa realizuje Pani/Pana przedsiębiorstwo projekty?

1. Budownictwo kubaturowe (roboty budowlane związane ze wznoszeniem budynków)
2. Budownictwo infrastrukturalne (roboty związane z budową obiektów inżynierii lądowej i wodnej)
3. Roboty specjalistyczne np. prace instalacyjne, wyburzeniowe (roboty budowlane specjalistyczne)
4. Firma nie działa w żadnym z ww. obszarów

M2. Ilu pracowników jest obecnie zatrudnionych w przedsiębiorstwie?

1. Nie zatrudniamy pracowników
2. Od 1 do 9 pracowników
3. Od 10 do 49 pracowników

4. Od 50 do 249 pracowników

5. Pow. 250 pracowników

M3. Pani/Pana przedsiębiorstwo jest:

1. Firmą polską

2. Firmą, której właścicielem jest kapitał zagraniczny

3. Firmą z kapitałem polskim i zagranicznym

M4. Jakiej wartości projekty budowlane są realizowane w Pani/Pana przedsiębiorstwie?

1. poniżej 5 mln PLN

2. 6-49 mln PLN

3. 50-349 mln PLN

4. 350 mln - 1 mld PLN

5. ponad 1 mld PLN

6. odmowa odpowiedzi

M5. Kto jest inwestorem projektów realizowanych przez Pani/Pana przedsiębiorstwo?

1. Inwestor prywatny

2. Inwestor publiczny

3. Partnerstwo publiczno-prywatne

4. Inny, jaki?

M6. Którą stronę realizacji procesu budowlanego Pani/Pan reprezentuje?

1. Generalny wykonawca

2. Podwykonawca
3. Projektant
4. Wykonawca robót budowlanych
5. Zamawiający
6. Inwestor zastępczy
7. Inżynier kontraktu
8. Konsultant
9. Producent materiałów budowlanych
10. Administracja (inne działy wspomagające budowę) i zarząd
11. Nadzór budowlany
12. Zakupy /logistyka/ planowanie produkcji
13. Doradztwo nietechniczne
14. Inną, jaką?

M7. Jakie jest Pani/Pana doświadczenie zawodowe w budownictwie w latach?

1. Krócej niż 1 rok
2. Od 1 roku do 3 lat
3. Od 4 do 6 lat
4. Od 7 do 10 lat
5. Powyżej 10 lat

P1. Jakie narzędzia wspomagające zarządzanie są w Pani/Pana przedsiębiorstwie wykorzystywane?

Lp.		Nigdy	Rzadko	Czasami	Często	Zawsz	Nie wiem
1	Monitorowanie kosztów w systemie księgowości z podziałem na projekty (każdy projekt oddzielnie)						
2	Harmonogram budowy						
3	Budżety kosztowe budowy z podziałem na koszty bezpośrednie (obiektu budowlanego) i pośrednie (narzuty kosztów ogólnego zarządu)						
4	Budżety kosztowe budowy z podziałem na koszty wg rodzaju np. wynagrodzenia, materiały koszty ogólne						
5	Porównanie planu z wykonaniem np. przedmiar vs obmiar						
6	Analiza stanu zaawansowania projektu na podstawie obmiaru prac						
7	Analiza stanu zaawansowania projektu na podstawie faktur kosztowych						
8	Porównanie przychodów od klienta z kosztami budowy						
9	Monitorowanie przepływów pieniężnych projektu						
10	Analiza zagrożeń dla projektu						
11	Analiza szans/potencjałów projektu						
12	Analiza stanu zakupów i podzleceń usług dla projektu						
13	Komputerowe odwzorowanie konstrukcji np. CAD, BIM						

P5. Czy znana jest w przedsiębiorstwie koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (Lean Construction)?

1. tak, używamy lub używaliśmy
2. tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości
3. tak, ale nie zamierzamy używać

4. nie, nie znamy

P6. Od ilu lat stosują Państwo w przedsiębiorstwie koncepcję szczupłego zarządzania (Lean Construction) w swojej pracy? (tylko dla P5.1 i P5.2)

P7. Jak ocenia Pani/Pan istotność wymienionych działań podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego?

Lp.		Nieistotne	Malo istotne	Średnio istotne	Istotne	Bardzo istotne	Nie wiem
1	Optymalizacja projektu obiektu budowlanego (doskonalenie obiektu, proponowanie klientowi optymalizacji obiektu)						
2	Optymalizacja prac budowlanych (sposobu realizacji prac budowlanych)						
3	Uwzględnianie proponowanych przez klienta zmian dotyczących projektu						
4	Uwzględnienie czynności następujących, jako determinujące wykonanie czynności poprzedzających/ Dostosowywanie terminu wykonania poszczególnych elementów obiektu, w zależności od wymagań związanych z realizacją kolejnych elementów						
5	Monitorowanie i kontrola wykorzystywanych zasobów (ludzi, maszyn itp.) oraz zapasów materiałów celem efektywnego ich wykorzystania						

6	Monitorowanie i kontrola prac podwykonawców (jakości, zakresu, terminowości, kosztów)						
7	Wspomaganie podwykonawców w realizowanych pracach (doradztwo, udostępnianie własnych zasobów np. zaplecza itp.)						
8	Monitorowanie i kontrola dostaw materiałów/produktów (jakości, zakresu, terminowości, kosztów)						
9	Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji obiektu budowlanego						
10	Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji prac budowlanych						
11	Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z klientem						
12	Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami						
13	Dotrzymywanie terminów realizacji kamieni milowych						
14	Występowanie z roszczeniami do klienta						
15	Monitorowanie i kontrola bezpieczeństwa oraz higieny pracy						
16	Uczenie się i zdobywanie przez pracowników nowych umiejętności						
17	Zmniejszenie zapasów i poprawa wskaźnika obrotu zapasami						
18	Ograniczenie negatywnego wpływu przedsiębiorstwa na środowisko						
19	Dążenie do poprawienia wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów)						

P8. Jak często stosuje Pani/Pan w swojej pracy poniższe narzędzia wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem budowlanym?

Lp.		Nigdy	Rzadko	Czasami	Często	Zawsz	Nie wiem
1	BIM (wielowymiarową wizualizację obiektu budowlanego)						
2	Drony i inne roboty						
3	Tablety i urządzenia mobilne						
4	VR/AR (wirtualna/ rozszerzona rzeczywistość)						
5	Skaning laserowy						
6	Oprogramowanie do projektowania 2D np. CAD						
7	Dedykowane oprogramowanie do harmonogramowania i kosztorysowania						
8	Inne oprogramowanie np. do zarządzania ryzykiem						
9	Wydruki projektów 2D						
10	Rysunki i szkice odręczne						
11	Inne						

P9. Jak często stosuje Pani/Pan w swojej pracy poniższe metody i techniki zarządzania przedsiębiorstwem budowlanym?

Lp.		Nigdy	Rzadko	Czasami	Często	Zawsz	Nie wiem
1	Codzienne spotkania zespołu projektowego						
2	Cykliczne spotkania z klientem						
3	Wizualizacja przedsięwzięcia						
4	Standaryzacja pracy własnej oraz zespołu (szczegółowa specjalizacja/podział pracy)						
5	Strukturyzacja pracy własnej oraz zespołu (umożliwienie różnorodności pracy i doskonalenia)						
6	Analiza porażek i efektów (uczenie się na błędach)						

7	Analiza wąskich gardeł (monitorowanie i kontrola prac mogących wpływać na inne np. na termin realizacji)						
8	Arkusz kontrolny (narzędzia do kontroli jakości i czasu realizacji prac)						
9	Kanban, m.in. karty do monitorowania i kontroli przebiegu poszczególnych pakietów prac						
10	Just in Time, m.in. realizowanie dostaw materiałów bez długotrwałego ich składowania na placu budowy						
11	Koncepcja S.M.A.R.T., m.in. ustalanie realnych i mierzalnych celów z precyzyjnym informowaniem o nich osób odpowiedzialnych za ich realizację						
12	LPS - Last Planner System, m.in. szczegółowy harmonogram prac na kolejny tydzień, angażowanie przedstawicieli różnych branż w planowanie robót, analiza wykonanych prac						
13	5S, m.in. utrzymywanie czystości, porządku i dobrej organizacji miejsca pracy						
14	Six Sigma, m.in. ciągłe monitorowanie jakości prac i produktów celem minimalizacji problemów podczas odbiorów klienta						
15	Ciągłe doskonalenie realizowanych procesów zarządczych (planowania budowy, kontroli itp.)						
16	System ssący, m.in. uzależnienie terminu rozpoczęcia wykonywania czynności poprzedzających od następujących po nich kamieni milowych						
17	Inne						

P10. Czy znana jest w przedsiębiorstwie technologia BIM (Building Information Modeling – wielowymiarowa wizualizacja obiektu budowlanego)?

1. tak, używamy lub używaliśmy

2. tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości
3. tak, ale nie zamierzamy używać
4. nie, nie znamy

P11. Od ilu lat stosuje się w przedsiębiorstwie technologię BIM? (tylko dla P10.1 P10.2)

—

P12. W ilu wymiarach są wykonane projekty obiektów budowlanych w których Pani/Pan uczestniczy? (tylko dla P10.1 P10.2)

1. 2D
2. 3D
3. 4D
4. 5D
5. 6D
6. 7D
7. Nie wiem/nie potrafię określić

P13. Na których etapach przedsięwzięć budowlanych realizowanych w Pani/Pana przedsiębiorstwie stosowany jest BIM ? (tylko dla P10.1 P10.2)

1. Koncepcja obiektu budowlanego
2. Prace projektowe
3. Prace wykonawcze (budowa nowego obiektu, modernizacja istniejącego obiektu, rozbiórka obiektu)
4. Obsługa obiektu budowlanego po oddaniu do użytkowania
5. Inny, jaki?

P14. Jak istotne są dla Pani/Pana poniższe czynniki poprawiające jakość pracy z BIM?

Lp.		Nieistotne	Mало istotne	Średnio istotne	Istotne	Bardzo istotne	Nie wiem
1	Wizualizacja obiektu dla klienta						
2	Usprawnienie współpracy międzybranżowej						
3	Możliwość lepszego zaplanowania kolejności realizacji prac						
4	Szybszy dostęp do właściwości elementów obiektu budowlanego						
5	Transparentność modelu obiektu i prac do realizacji						
6	Wyższa możliwość optymalizacji konstrukcji obiektu budowlanego						
7	Wykrywanie kolizji np. instalacji						
8	Doskonalenie jakości prac budowlanych						
9	Wyższa dokładność przedmiaru						
10	Wykorzystywanie w monitorowaniu i kontroli kosztów projektu						
11	Łatwiejsza możliwość kontroli ilości oraz zaplanowania dostaw materiałów na budowie						
12	Dążenie do doskonałości realizowanego obiektu						
14	Inne						

Dziękuję za uczestnictwo w badaniu!

Załącznik 2 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H1

Tabela Wyniki testów Manna - Whitneya dla P5 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
1	Rozkład P7.01. Optymalizacja projektu obiektu budowlanego (doskonalenie obiektu, proponowanie klientowi optymalizacji obiektu) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.707	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
2	Rozkład P7.02. Optymalizacja prac budowlanych (sposobu realizacji prac budowlanych) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.072	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
3	Rozkład P7.03. Uwzględnianie proponowanych przez klienta zmian dotyczących projektu jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.558	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
4	Rozkład P7.04. Uwzględnienie czynności następujących, jako determinujące wykonanie czynności poprzedzających/ Dostosowywanie terminu wykonania poszczególnych elementów obiektu, w zależności od wymagań związanych z realizacją kolejnych elementów jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.227	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
5	Rozkład P7.05. Monitorowanie i kontrola wykorzystywanych zasobów (ludzi, maszyn itp.) oraz zapasów materiałów celem efektywnego ich wykorzystania jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.963	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
6	Rozkład P7.06. Monitorowanie i kontrola prac podwykonawców (jakości, zakresu, terminowości, kosztów) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.267	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
7	Rozkład P7.07. Wspomaganie podwykonawców w realizowanych pracach (doradztwo, udostępnianie własnych zasobów np. zaplecza itp.) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.333	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
8	Rozkład P7.08. Monitorowanie i kontrola dostaw materiałów/produktów (jakości, zakresu, terminowości, kosztów) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.007	Odrzuć hipotezę zerową.
9	Rozkład P7.09. Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji obiektu budowlanego jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.711	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
10	Rozkład P7.10. Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji prac budowlanych jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.791	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
11	Rozkład P7.11. Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z klientem jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.002	Odrzuć hipotezę zerową.
12	Rozkład P7.12. Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.002	Odrzuć hipotezę zerową.
13	Rozkład P7.13. Dotrzymywanie terminów realizacji kamieni milowych jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.040	Odrzuć hipotezę zerową.
14	Rozkład P7.14. Występowanie z roszczeniami do klienta jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.046	Odrzuć hipotezę zerową.
15	Rozkład P7.15. Występowanie z roszczeniami do podwykonawców/dostawców jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.181	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
16	Rozkład P7.16. Monitorowanie i kontrola bezpieczeństwa oraz higieny pracy jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.018	Odrzuć hipotezę zerową.

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
17	Rozkład P7.17. Uczenie się i zdobywanie przez pracowników nowych umiejętności jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.534	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
18	Rozkład P7.18. Zmniejszenie zapasów i poprawa wskaźnika obrotu zapasami jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.322	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
19	Rozkład P7.19. Ograniczenie negatywnego wpływu przedsiębiorstwa na środowisko jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.543	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
20	Rozkład P7.20. Dążenie do poprawienia wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.020	Odrzuć hipotezę zerową.
21	Rozkład P9.01. Codzienne spotkania zespołu projektowego jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	<0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
22	Rozkład P9.02. Cykliczne spotkania z klientem jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.011	Odrzuć hipotezę zerową.
23	Rozkład P9.03. Wizualizacja przedsięwzięcia jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	<0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
24	Rozkład P9.04. Standaryzacja pracy własnej oraz zespołu (szczegółowa specjalizacja/podział pracy) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.260	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
25	Rozkład P9.05. Strukturyzacja pracy własnej oraz zespołu (umożliwienie różnorodności pracy i doskonalenia) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.038	Odrzuć hipotezę zerową.

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
26	Rozkład P9.06. Analiza porażek i efektów (uczenie się na błędach) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.991	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
27	Rozkład P9.07. Analiza wąskich gardeł (monitorowanie i kontrola prac mogących wpływać na inne np. na termin realizacji) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.943	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
28	Rozkład P9.08. Arkusz kontrolny (narzędzia do kontroli jakości i czasu realizacji prac) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.048	Odrzuć hipotezę zerową.
29	Rozkład P9.09. Kanban, m.in jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	<0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
30	Rozkład P9.10. Just in Time, m.in jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.036	Odrzuć hipotezę zerową.
31	Rozkład P9.11. Koncepcja S.M.A.R.T jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.012	Odrzuć hipotezę zerową.
32	Rozkład P9.12. LPS - Last Planner System, m.in. szczegółowy harmonogram prac na kolejny tydzień, angażowanie przedstawicieli różnych branż w planowanie robót, analiza wykonanych prac jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.011	Odrzuć hipotezę zerową.
33	Rozkład P9.13. 5S, m.in jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.002	Odrzuć hipotezę zerową.
34	Rozkład P9.14. Six Sigma, m.in jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.965	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
35	Rozkład P9.15. Ciągłe doskonalenie realizowanych procesów zarządczych (planowania budowy, kontroli itp.) jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.584	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
36	Rozkład P9.16. System ssący, m.in jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.272	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
37	Rozkład P9.17. Jak często stosuje Pani/Pan w swojej pracy poniższe metody i techniki zarządzania przedsięwzięciem budowlanym? (jednokrotny wybór). - inne jest taki sam dla kategorii P5 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	. ^c	Nie można wyliczyć.

Tabela Wyniki testów Manna - Whitneya dla P10 (1,2)+(3,4) i wektorów zmiennych P7 i P9

c	Hipoteza zerowa	Test	P- wartość	Decyzja
1	Rozkład P7.01. Optymalizacja projektu obiektu budowlanego (doskonalenie obiektu, proponowanie klientowi optymalizacji obiektu) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.051	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
2	Rozkład P7.02. Optymalizacja prac budowlanych (sposobu realizacji prac budowlanych) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.637	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
3	Rozkład P7.03. Uwzględnianie proponowanych przez klienta zmian dotyczących projektu jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.837	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
4	Rozkład P7.04. Uwzględnienie czynności następujących, jako determinujące wykonanie czynności poprzedzających/ Dostosowywanie terminu wykonania poszczególnych elementów obiektu, w zależności od wymagań związanych z realizacją kolejnych elementów jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.964	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
5	Rozkład P7.05. Monitorowanie i kontrola wykorzystywanych zasobów (ludzi, maszyn itp.) oraz zapasów	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.300	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

c	Hipoteza zerowa	Test	P- wartość	Decyzja
	materiałów celem efektywnego ich wykorzystania jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).			
6	Rozkład P7.06. Monitorowanie i kontrola prac podwykonawców (jakości, zakresu, terminowości, kosztów) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.780	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
7	Rozkład P7.07. Wspomaganie podwykonawców w realizowanych pracach (doradztwo, udostępnianie własnych zasobów np. zaplecza itp.) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.534	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
8	Rozkład P7.08. Monitorowanie i kontrola dostaw materiałów/produktów (jakości, zakresu, terminowości, kosztów) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.072	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
9	Rozkład P7.09. Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji obiektu budowlanego jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.235	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
10	Rozkład P7.10. Zachęcanie podwykonawców i dostawców do proponowania optymalizacji prac budowlanych jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.213	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
11	Rozkład P7.11. Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z klientem jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.388	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
12	Rozkład P7.12. Dążenie do utrzymywania dobrych relacji z podwykonawcami i dostawcami jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.664	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

c	Hipoteza zerowa	Test	P- wartość	Decyzja
13	Rozkład P7.13. Dotrzymywanie terminów realizacji kamieni milowych jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.113	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
14	Rozkład P7.14. Występowanie z roszczeniami do klienta jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.015	Odrzuć hipotezę zerową.
15	Rozkład P7.15. Występowanie z roszczeniami do podwykonawców/dostawców jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
16	Rozkład P7.16. Monitorowanie i kontrola bezpieczeństwa oraz higieny pracy jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.243	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
17	Rozkład P7.17. Uczenie się i zdobywanie przez pracowników nowych umiejętności jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.073	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
18	Rozkład P7.18. Zmniejszenie zapasów i poprawa wskaźnika obrotu zapasami jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.906	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
19	Rozkład P7.19. Ograniczenie negatywnego wpływu przedsiębiorstwa na środowisko jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.076	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
20	Rozkład P7.20. Dążenie do poprawienia wydajności pracy poprzez zwiększenie produktywności (uzyskanie wyższych wyników z takiej samej lub mniejszej ilości nakładów) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.636	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
21	Rozkład P9.01. Codzienne spotkania zespołu projektowego jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.001	Odrzuć hipotezę zerową.

c	Hipoteza zerowa	Test	P- wartość	Decyzja
22	Rozkład P9.02. Cykliczne spotkania z klientem jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.452	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
23	Rozkład P9.03. Wizualizacja przedsięwzięcia jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
24	Rozkład P9.04. Standaryzacja pracy własnej oraz zespołu (szczegółowa specjalizacja/podział pracy) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.218	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
25	Rozkład P9.05. Strukturyzacja pracy własnej oraz zespołu (umożliwienie różnorodności pracy i doskonalenia) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.451	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
26	Rozkład P9.06. Analiza porażek i efektów (uczenie się na błędach) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.953	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
27	Rozkład P9.07. Analiza wąskich gardeł (monitorowanie i kontrola prac mogących wpływać na inne np. na termin realizacji) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.883	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
28	Rozkład P9.08. Arkusz kontrolny (narzędzia do kontroli jakości i czasu realizacji prac) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.000	Odrzuć hipotezę zerową.
29	Rozkład P9.09. Kanban, m.in jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.000	Odrzuć hipotezę zerową.
30	Rozkład P9.10. Just in Time, m.in jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.198	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
31	Rozkład P9.11. Koncepcja S.M.A.R.T jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.001	Odrzuć hipotezę zerową.
32	Rozkład P9.12. LPS - Last Planner System, m.in. szczegółowy harmonogram prac na kolejny tydzień,	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.005	Odrzuć hipotezę zerową.

c	Hipoteza zerowa	Test	P- wartość	Decyzja
	angażowanie przedstawicieli różnych branż w planowanie robót, analiza wykonanych prac jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).			
33	Rozkład P9.13. 5S, m.in jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.998	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
34	Rozkład P9.14. Six Sigma, m.in jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.053	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
35	Rozkład P9.15. Ciągłe doskonalenie realizowanych procesów zarządczych (planowania budowy, kontroli itp.) jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.355	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
36	Rozkład P9.16. System ssący, m.in jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	0.087	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
37	Rozkład P9.17. Jak często stosuje Pani/Pan w swojej pracy poniższe metody i techniki zarządzania przedsiębiorstwem budowlanym? (jedenkrotny wybór). - inne jest taki sam dla kategorii P10 (1,2) + (3,4).	Test U Manna-Whitney'a dla prób niezależnych	. ^c	Nie można wyliczyć.

Załącznik 3 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H2

Tabela Wyniki testów Kruskala – Wallisa dla P5 vs P1.01-12				
	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
1	Rozkład P1.01. Monitorowanie kosztów w systemie księgowości z podziałem na projekty (każdy projekt oddzielnie) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.448	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
2	Rozkład P1.02. Harmonogram budowy jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.842	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
3	Rozkład P1.03. Budżety kosztowe budowy z podziałem na koszty bezpośrednie (obiektu budowlanego) i pośrednie (narzuty kosztów ogólnego zarządu) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.464	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
4	Rozkład P1.04. Budżety kosztowe budowy z podziałem na koszty wg rodzaju np. wynagrodzenia, materiały koszty ogólne jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.846	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
5	Rozkład P1.05. Porównanie planu z wykonaniem np. przedmiar vs obmiar jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.081	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
6	Rozkład P1.06. Analiza stanu zaawansowania projektu na podstawie obmiaru prac jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.059	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
7	Rozkład P1.07. Analiza stanu zaawansowania projektu na podstawie faktur kosztowych jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.062	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
8	Rozkład P1.08. Porównanie przychodów od klienta z kosztami budowy jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.755	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

9	Rozkład P1.09. Monitorowanie przepływów pieniężnych projektu jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.670	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
10	Rozkład P1.10. Analiza zagrożeń dla projektu jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.355	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
11	Rozkład P1.11. Analiza szans/potencjałów projektu jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.050	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
12	Rozkład P1.12. Analiza stanu zakupów i podzleceń usług dla projektu jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.880	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

Załącznik 4 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H3

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	20.632
df	3
Istotność	<0,001

Tabela M3 vs. P5 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

	Firmą z kapitałem zagranicznym	Firmą polską
	(A)	(B)
	%	%
tak, używamy lub używaliśmy	13.0 B	2.3
tak, wdramy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	56.5 B	25.7

tak, ale nie zamierzamy używać	8.7	16.0
nie, nie znamy	21.7	56.0
		A

Uwaga: Wyniki są oparte na testach dwustronnych. Dla każdej istotnej pary kategoria z mniejszą proporcją kolumnową pojawia się w kategorii z większą proporcją kolumnową.

Załącznik 5 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H4

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2 M2 vs P5

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	50.093
df	3
Istotność	<0,001

Tabela M2 vs. P5 z wynikami testów istotności różnic dla frakcji

	do 49 pracowników (A) %	pow. 50 pracowników (B) %
tak, używamy lub używaliśmy	2.0	3.6
tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	6.0	37.7 A
tak, ale nie zamierzamy używać	10.0	17.9
nie, nie znamy	82.0 B	40.8

Uwaga: Wyniki są oparte na testach dwustronnych. Dla każdej istotnej pary kategoria z mniejszą proporcją kolumnową pojawia się w kategorii z większą proporcją kolumnową.

Załącznik 6 – Tabele z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H5

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	34.882
df	1
Istotność	<0,001

Tabela P5 vs. P10 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

		P5 (1,2) + (3,4)	
		tak, znamy lub wdrażamy	znamy, ale nie używamy lub nie znamy
		(A)	(B)
		%	%
P10 (1,2) + (3,4)	tak, znamy lub wdrażamy	66,0 B	30,9
	znamy, ale nie używamy lub nie znamy	34,0	69,1 A

Załącznik 7 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H6

Tabela Wyniki testów Kruskala – Wallisa dla P5 vs P9.03 – P916

	Hipoteza zerowa	Test	P-wartość	Decyzja
1	Rozkład P9.03. Wizualizacja przedsięwzięcia jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.000	Odrzuć hipotezę zerową.
2	Rozkład P9.04. Standaryzacja pracy własnej oraz zespołu (szczegółowa specjalizacja/podział pracy) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.190	Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
3	Rozkład P9.05. Strukturyzacja pracy własnej oraz zespołu (umożliwienie różnorodności pracy i doskonalenia) jest taki	Test Kruskala-Wallisa dla	0.156	Brak podstaw

	sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	prób niezależnych		do odrzuć a hipotezy zerowej.
4	Rozkład P9.06. Analiza porażek i efektów (uczenie się na błędach) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.442	Brak podstaw do odrzuć a hipotezy zerowej.
5	Rozkład P9.07. Analiza wąskich gardeł (monitorowanie i kontrola prac mogących wpływać na inne np. na termin realizacji) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.950	Brak podstaw do odrzuć a hipotezy zerowej.
6	Rozkład P9.08. Arkusz kontrolny (narzędzia do kontroli jakości i czasu realizacji prac) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.052	Brak podstaw do odrzuć a hipotezy zerowej.
7	Rozkład P9.09. Kanban, m.in jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.000	Odrzuć hipotezę zerową.
8	Rozkład P9.10. Just in Time, m.in jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.135	Brak podstaw do odrzuć a hipotezy zerowej.
9	Rozkład P9.11. Koncepcja S.M.A.R.T jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.022	Odrzuć hipotezę zerową.
10	Rozkład P9.12. LPS - Last Planner System, m.in. szczegółowy harmonogram prac na kolejny tydzień, angażowanie przedstawicieli różnych branż w planowanie robót, analiza wykonanych prac jest taki sam dla kategorii P5.	Test Kruskala- Wallisa dla prób niezależnych	0.014	Odrzuć hipotezę zerową.

	Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.			
11	Rozkład P9.13. 5S, m.in jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.006	Odrzuć hipotezę zerową.
12	Rozkład P9.14. Six Sigma, m.in jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.929	Brak podstaw do odrzuceni a hipotezy zerowej.
13	Rozkład P9.15. Ciągłe doskonalenie realizowanych procesów zarządczych (planowania budowy, kontroli itp.) jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.640	Brak podstaw do odrzuceni a hipotezy zerowej.
14	Rozkład P9.16. System ssący, m.in jest taki sam dla kategorii P5. Czy znana jest Państwu koncepcja szczupłego zarządzania w budownictwie (lean construction)?.	Test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych	0.261	Brak podstaw do odrzuceni a hipotezy zerowej.

Załącznik 8 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H7

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	17.200
df	3
Istotność	0.009

Tabela M4 vs. P5 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

	Do 349 mln	350 mln i więcej
	(A)	(B)
	%	%
tak, używamy lub używaliśmy	2,5	4,0
tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	27,0	52,0 A
tak, ale nie zamierzamy używać	15,7	20,0
nie, nie znamy	54,8 B	24,0

Uwaga: Wyniki są oparte na testach dwustronnych. Dla każdej istotnej pary kategoria z mniejszą proporcją kolumnową pojawia się w kategorii z większą proporcją kolumnową.

Załącznik 9 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H8

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	5.153
df	6
Istotność	0.524

Tabela M4_rek vs. P10 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

	Do 349 mln	350 mln i więcej
	(A)	(B)
	%	%
tak, używamy lub używaliśmy	5,7	8,0
tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	35,6	48,0
tak, ale nie zamierzamy używać	22,4	24,0

nie, nie znamy	36,3	20,0
----------------	------	------

Uwaga: Wyniki są oparte na testach dwustronnych. Dla każdej istotnej pary kategoria z mniejszą proporcją kolumnową pojawia się w kategorii z większą proporcją kolumnową.

Załącznik 10 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego, testy dla hipotezy H9

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	44.423
df	3
Istotność	<0,001

Tabela M2_rek vs. P10 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

	do 49 pracowników	pow. 50 pracowników
	(A)	(B)
	%	%
tak, używamy lub używaliśmy	4,0	7,6
tak, wdrażamy w organizacji lub zamierzamy wdrożyć w najbliższej przyszłości	11,0	46,2 A
tak, ale nie zamierzamy używać	36,0 B	16,6
nie, nie znamy	49,0 B	29,6

Uwaga: Wyniki są oparte na testach dwustronnych. Dla każdej istotnej pary kategoria z mniejszą proporcją kolumnową pojawia się w kategorii z większą proporcją kolumnową.

Załącznik 11 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego,
testy dla hipotezy H10

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	11.544
df	3
Istotność	0,009

Tabela P10 (1,2) + (3,4) vs. M5 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

		M5. Kto jest inwestorem projektów realizowanych przez Pani/Pana przedsiębiorstwo?		
		Inwestor prywatny	Inwestor publiczny	Partnerstwo publiczno-prywatne
		(A)	(B)	(C)
		% z N w kolumnie	% z N w kolumnie	% z N w kolumnie
P10 (1,2) + (3,4)	tak, znamy lub wdramy	45,8 B	34,8	39,5
	znamy, ale nie używamy lub nie znamy	54,2	65,2 A	60,5

Załącznik 12 – Tabela z wynikami obliczeń statystycznych badania ilościowego,
testy dla hipotezy H11

Tabela Statystyki testu niezależności χ^2

Statystyki	Wartość
Chi-kwadrat	8.792
df	3
Istotność	0,032

Tabela P5 (1,2) + (3,4) vs. M5 (w tabeli wyniki testów istotności różnic dla frakcji)

	M5. Kto jest inwestorem projektów realizowanych przez Pani/Pana przedsiębiorstwo?
--	---

		Inwestor prywatny	Inwestor publiczny	Partnerstwo publiczno-prywatne
		(A)	(B)	(C)
		% z N w kolumnie	% z N w kolumnie	% z N w kolumnie
P5 (1,2) + (3,4)	tak, znamy lub wdrażamy	33,3 B	24,2	30,3
	znamy, ale nie używamy lub nie znamy	66,7	75,8 A	69,7

Załącznik 13 – Kwestionariusz badania jakościowego

	Pytanie	Question	Frage
1	Jaka była Pani/ Pana pierwsza styczność z Lean Construction?	What was your first contact with Lean Construction?	Was war Ihr erster Kontakt mit Lean Construction?
2	Jaka była Pani/ Pana pierwsza styczność z BIM?	What was your first contact with BIM?	Was war Ihr erster Kontakt mit BIM?
3	Czy uczestniczył/-a Pani/ Pan we wdrożeniu LC w przedsiębiorstwie? Na czym polegała Pani/ Pana rola we wdrażaniu? Jak był/-a Pani/Pan wdrażana w pracę zgodną z metodyką lean?	Have you participated in the implementation of Lean Construction in the enterprise? What was your role in the implementation? How have you been implemented in work in accordance with the lean methodology?	Haben Sie an der Umsetzung von Lean Construction im Unternehmen mitgewirkt? Was war Ihre Rolle bei der Umsetzung? Wie wurden Sie in der Arbeit nach der Lean-Methodik umgesetzt?
4	Czy uczestniczył/-a Pani/ Pan we wdrożeniu BIM w przedsiębiorstwie? I na czym polegała Pani/ Pana rola we wdrażaniu? <i>Jak był/-a Pani/Pan wdrażana w pracę zgodną z metodyką BIM?</i>	Have you participated in the implementation of BIM in the enterprise? What was your role in the implementation? how have you been implemented in work in accordance with the BIM?	Haben Sie an der Implementierung von BIM im Unternehmen mitgewirkt? Was war Ihre Rolle bei der Umsetzung? Wie wurden Sie in der Arbeit nach BIM umgesetzt?

5	Jak wyglądało przygotowanie do wdrożenia Lean Construction? Czy przedsiębiorstwo potrzebowało spełnić jakieś wymagania wstępne? Czy Pani/ Pan potrzebował/-a spełnić jakieś wymagania wstępne?	What was the preparation for the Lean Construction implementation like? Did the company need to fulfil any prerequisites? Did you need to fulfil any prerequisites?	Wie war die Vorbereitung auf die Lean Construction -Einführung? Musste das Unternehmen irgendwelche Voraussetzungen erfüllen? Mussten Sie irgendwelche Voraussetzungen erfüllen?
6	Jak wyglądało wdrożenie Lean Construction?	What was the implementation of Lean Construction like?	Wie war die Umsetzung von Lean Construction?
7	Jakie były/ są największe wyzwania związane z wdrożeniem Lean Construction?	What were / are the biggest challenges related to the implementation Lean Construction?	Was waren/sind die größten Herausforderungen bei der Umsetzung von Lean Construction?
8	Jak wyglądało przygotowanie do wdrożenia BIM? Czy przedsiębiorstwo potrzebowało spełnić jakieś wymagania wstępne? Czy Pani/ Pan potrzebował/-a spełnić jakieś wymagania wstępne?	What was the preparation for the BIM implementation like? Did the company need to fulfil any prerequisites? Did you need to fulfil any prerequisites?	Wie war die Vorbereitung auf die BIM-Einführung? Musste das Unternehmen irgendwelche Voraussetzungen erfüllen? Mussten Sie irgendwelche Voraussetzungen erfüllen?
9	Jak wyglądało wdrożenie BIM?	What was the implementation of BIM like?	Wie war die Umsetzung von BIM?
10	Jakie były/ są największe wyzwania związane z wdrożeniem BIM ?	What were / are the biggest challenges related to the implementation of BIM?	Was waren/sind die größten Herausforderungen bei der Umsetzung von BIM?
11	Jakie były/ są największe wyzwania związane ze stosowaniem Lean Construction podczas realizacji inwestycji budowlanej? + dobre praktyki jak je stosować?	What were/are the biggest challenges in applying/ using Lean Construction during a construction project? + good practices how to apply them?	Was waren/sind die größten Herausforderungen bei der Nutzung von Lean Construction während eines Bauprojekts? + bewährte Verfahren, wie man sie anwendet?

12	Jakie były/ są największe wyzwania związane ze stosowaniem BIM podczas realizacji inwestycji budowlanej? + dobre praktyki jak je stosować?	What were/are the biggest challenges in applying/ using BIM during a construction project? + good practices how to apply them?	Was waren/sind die größten Herausforderungen bei der Nutzung von BIM während eines Bauprojekts? + bewährte Verfahren, wie man sie anwendet?
13	Jaki wpływ Pani/ Pana zdaniem ma zastosowanie LC na realizację przedsięwzięcia budowlanego?	What impact does the application of Lean Construction have on the construction projects?	Welche Auswirkungen hat die Anwendung von Lean Construction auf die Bauprojekte?
14	Jaki wpływ Pani/ Pana zdaniem ma zastosowanie BIM na realizację przedsięwzięcia budowlanego?	What impact does the application of BIM have on the construction projects?	Welche Auswirkungen hat die Anwendung von BIM auf die Bauprojekte?
15	Czy warto stosować wspólnie Lean Construction i BIM? Dlaczego?	Is it worth using Lean Construction and BIM together? Why?	Lohnt sich der gemeinsame Einsatz von Lean Construction und BIM? Warum?
16	Jakie są elementy wspólne/ punkty styku Lean Construction i BIM, gdzie się łączą/ przeplatają? (narzędzia, ludzie, ICT, procesy)	What are the common elements/points of contact between Lean Construction and BIM, where do they connect/intertwine? (tools, people, ICT, processes)	Was sind die gemeinsamen Elemente/Berührungspunkte zwischen Lean Construction und BIM, wo verbinden/verflechten sie sich? (Werkzeuge, Personen, IKT/ ICT, Prozesse)
17	Jak zapewnić jednocześnie użytkowanie / wykorzystanie/ połączenie koncepcji Lean Construction i technologii BIM?	How to ensure simultaneous use/utilization/combination of Lean Construction methodology and BIM technology?	Wie kann die gleichzeitige Nutzung/Kombination/ Kollaboration von Lean-Construction-Methodik und BIM-Technologie sichergestellt werden?

Załącznik 14 – Drzewa kodowe poszczególnych rozmówców

Drzewo kodowe – Rozmówca 1 – 35 kodów

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM FM	1
BIM	BIM Projekt pilotażowy	3
BIM	BIM Szkolenia	1

BIM	BIM Uczelnia wyższa	1
BIM	BIM Praktyka zawodowa	2
BIM Zalety	BIM Transparentność	3
BIM Zalety	BIM Projekt	1
BIM Zalety	BIM Parametry	1
BIM Zalety	BIM Strukturyzacja (single source of truth)	1
BIM Zalety	BIM Źródło informacji	1
LC	LC Praktyka zawodowa	2
LC	LC Projekt pilotażowy	1
LC	LC Szkolenia	4
LC Wady	LC Transparentność W	1
LC Zalety	LC Monitorowanie postępu	1
LC Zalety	LC Przewidywanie	1
LC Zalety	LC Uporządkowanie	2
LC Zalety	LC Płynność i efektywność procesów	3
Synergia LC i BIM	S LB Współpraca planowanie i wykonawstwo	4
Synergia LC i BIM	S LB Optymalizacja	2
Synergia LC i BIM	S LB Procesy	5
Synergia LC i BIM	S LB Transparentność/ zrozumienie	7
Synergia LC i BIM	S LB Jakość	3
Synergia LC i BIM	S LB Strategia wdrożenia i stosowania	2
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	3
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	1
Wyzwania	BIM Zrozumienie technologii	6
Wyzwania	Połączenie techniczne BIM i LC	4
Wyzwania	BIM Zamawiający (świadomość)	4
Wyzwania	BIM Technologia	3
Wyzwania	LC Narzędzia	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	4
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	2
Wyzwania	BIM Współpraca budowa i planowanie	2
Wyzwania	BIM Kontrakt	1

Drzewo kodowe – Rozmówca 2 – 22 kody

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM FM	1
BIM	BIM Standaryzacja	1
BIM	BIM Praktyka zawodowa	2

BIM Zalety	BIM Źródło informacji	1
BIM Zalety	BIM Projekt	2
BIM Zalety	BIM Parametry	1
LC	LC Ciekawość nowości/ chęć rozwoju	1
LC	LC Praktyka zawodowa	2
LC	LC Projekt pilotażowy	2
LC	LC Szkolenia	1
LC Zalety	LC Transparentność	2
LC Zalety	LC Uporządkowanie	1
Synergia LC i BIM	S LB Brak wad	1
Synergia LC i BIM	S LB Procesy	4
Synergia LC i BIM	S LB Współpraca planowanie i wykonawstwo	2
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	5
Wyzwania	BIM Zrozumienie technologii	1
Wyzwania	BIM Zamawiający (świadomość)	1
Wyzwania	BIM Technologia	1
Wyzwania	LC Narzędzia	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	2
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	3

Drzewo kodowe – Rozmówca 3 – 29 kodów

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM Szkolenia	1
BIM	BIM Standaryzacja	1
BIM	BIM Praktyka zawodowa	2
BIM Zalety	BIM Strukturyzacja (single source of truth)	2
BIM Zalety	BIM Źródło informacji	3
BIM Zalety	BIM Projekt	2
BIM Zalety	BIM Komunikacja	1
LC	LC Praktyka zawodowa	1
LC	LC Projekt pilotażowy	2
LC	LC Szkolenia	4
LC Zalety	LC Źródło danych	1
LC Zalety	LC Niska bariera wejścia	2
LC Zalety	LC Transparentność	1
LC Zalety	LC Monitorowanie postępu	1
LC Zalety	LC Uporządkowanie	1
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	2

Synergia LC i BIM	S LB Procesy	2
Synergia LC i BIM	S LB Współpraca planowanie i wykonawstwo	2
Synergia LC i BIM	S LB Optymalizacja	1
Synergia LC i BIM	S LB Kontrakt	2
Synergia LC i BIM	S LB Strategia wdrożenia i stosowania	4
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	3
Wyzwania	BIM Obawa przed zmianą	1
Wyzwania	BIM Zrozumienie technologii	2
Wyzwania	BIM Technologia	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	2
Wyzwania	LC Obawa przed zmianą	1
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	3
Wyzwania	BIM Wykształcenie/ doświadczenie branżowe	1

Drzewo kodowe – Rozmówca 4 – 34 kody

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM Projekt pilotażowy	1
BIM	BIM Szkolenia	2
BIM	BIM Uczelnia wyższa	1
BIM	BIM Standaryzacja	3
BIM Zalety	BIM Projekt	3
BIM Zalety	BIM Strukturyzacja (single source of truth)	3
BIM Zalety	BIM Komunikacja	1
LC	LC Praktyka zawodowa	2
LC	LC Lessons learned	1
LC	LC Inicjator zmiany	2
LC	LC Uczelnia wyższa	1
LC	LC Ciekawość nowości/ chęć rozwoju	1
LC	LC Projekt pilotażowy	1
LC	LC Szkolenia	1
LC Wady	LC Transparentność W	2
LC Zalety	LC Źródło danych	1
LC Zalety	LC Niska bariera wejścia	1
LC Zalety	LC Transparentność	3
LC Zalety	LC Monitorowanie postępu	2
LC Zalety	LC Przewidywanie	1
LC Zalety	LC Uporządkowanie	3
Synergia LC i BIM	S LB Optymalizacja	1

Synergia LC i BIM	S LB Procesy	1
Synergia LC i BIM	S LB Transparentność/ zrozumienie	1
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	1
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	3
Wyzwania	BIM Obawa przed zmianą	1
Wyzwania	BIM Zamawiający (świadomość)	1
Wyzwania	BIM Technologia	1
Wyzwania	Ogólna standaryzacja (makro)	1
Wyzwania	LC Obawa przed zmianą	3
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	7
Wyzwania	BIM Wykształcenie/ doświadczenie branżowe	1
Wyzwania	Niepowtarzalność/ różnorodność budownictwa	2

Drzewo kodowe – Rozmówca 5 – 15 kodów

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM Projekt pilotażowy	1
BIM	BIM Praktyka zawodowa	1
LC	LC Ciekawość nowości/ chęć rozwoju	1
LC	LC Inicjator zmiany	1
Synergia LC i BIM	S LB Brak wad	1
Synergia LC i BIM	S LB Procesy	1
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	3
Wyzwania	BIM Obawa przed zmianą	1
Wyzwania	BIM Wykształcenie/ doświadczenie branżowe	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	3
Wyzwania	Ogólna standaryzacja (makro)	2
Wyzwania	LC Obawa przed zmianą	2
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	5
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	2
Wyzwania	BIM Zrozumienie technologii	1

Drzewo kodowe – Rozmówca 6 – 28 kodów

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM Praktyka zawodowa	1
BIM	BIM Uczelnia wyższa	1
BIM Zalety	BIM Transparentność	1

BIM Zalety	BIM Strukturyzacja (single source of truth)	1
BIM Zalety	BIM Projekt	1
LC	LC Uczelnia wyższa	1
LC	LC Praktyka zawodowa	2
LC	LC Projekt pilotażowy	1
LC	LC Inicjator zmiany	1
LC	LC Szkolenia	1
LC Zalety	LC Transparentność	3
LC Zalety	LC Uporządkowanie	1
LC Zalety	LC Płynność i efektywność procesów	1
LC Zalety	LC Redukcja kosztów	1
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	1
Synergia LC i BIM	S LB Procesy	2
Synergia LC i BIM	S LB Współpraca planowanie i wykonawstwo	1
Synergia LC i BIM	S LB Transparentność/ zrozumienie	1
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	4
Wyzwania	BIM Zrozumienie technologii	1
Wyzwania	BIM Technologia	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	5
Wyzwania	LC Obawa przed zmianą	2
Wyzwania	Niepowtarzalność/ różnorodność budownictwa	1
Wyzwania	LC BIM Koszty procesu zmiany	1
Wyzwania	BIM Czynniki ludzkie	2
Wyzwania	BIM Wykształcenie/ doświadczenie branżowe	1
Wyzwania	LC Strategia wdrożenia	2

Drzewo kodowe – Rozmówca 7 – 18 kodów

Kod nadrzędny	Kod	Zakodowane fragmenty
BIM	BIM Uczelnia wyższa	1
LC	LC Ciekawość nowości/ chęć rozwoju	1
LC	LC Praktyka zawodowa	1
LC Zalety	LC Źródło danych	1
LC Zalety	LC Niska bariera wejścia	1
LC Zalety	LC Transparentność	1
LC Zalety	LC Monitorowanie postępu	1
LC Zalety	LC Przewidywanie	1
LC Zalety	LC Uporządkowanie	2
LC Zalety	LC Płynność i efektywność procesów	1

LC Zalety	LC Redukcja kosztów	1
Synergia LC i BIM	S LB Brak wad	1
Synergia LC i BIM	S LB Procesy	2
Synergia LC i BIM	S LB Transparentność/ zrozumienie	1
Synergia LC i BIM	S LB Elementy wspólne	2
Wyzwania	LC Czynniki ludzkie	1
Wyzwania	LC Zrozumienie koncepcji	2
Wyzwania	LC Strategia wdrożenia	1