

W kierunku Budownictwa 4.0 - perspektywy rozwoju branży budowlanej w obliczu czwartej rewolucji przemysłowej

Mariusz Gorustowicz 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: m.gorustowicz@pb.edu.pl

Streszczenie

Budownictwo w Polsce to istotny sektor gospodarki, który przechodzi zmiany i potrzebuje nowych rozwiązań. Jego rozwój to w chwili obecnej istotny kierunek ewolucji bezpośrednio związanej z czwartą rewolucją przemysłową, określaną Przemysłem 4.0. To szansa na wdrażanie nowych, innowacyjnych rozwiązań, często rewolucjonizujących dotychczasowe postrzeganie branży, zarówno na etapie projektowania, jak i realizacji inwestycji. W Budownictwie 4.0 przy silnym wpływie rozwoju technologicznego, w tym wirtualnej rzeczywistości czy sztucznej inteligencji, zmienia się też otoczenie i warunki pracy, w tym model kompetencyjny pracowników. Budownictwo 4.0 to szansa i perspektywa rozwoju dla sektora budownictwa. Brak działań rozwojowych lub ich pozorność, może prowadzić do wielu problemów przedsiębiorstw, co może przełożyć się na ich pozycję rynkową, w tym budowanie przewagi konkurencyjnej.

Słowa kluczowe

Budownictwo 4.0, Przemysł 4.0, czwarta rewolucja przemysłowa, przedsiębiorstwo budowlane, rozwój branży budowlanej

Wstęp

Współczesny świat i otoczenie w wymiarze lokalnym i globalnym zmienia się w niezwykle szybkim tempie. Rozwój technologii ma wielki wpływ na wiele gałęzi gospodarki. Innowacje technologiczne obejmują każdy aspekt życia ludzkiego, od zwykłego telefonu, który staje się centrum komunikacyjnym człowieka ze światem zewnętrznym bliższym i dalszym, po wielkie zmiany i przeobrażenia w postrze-

ganiu i rozwoju różnych sektorów i branż, w tym istotnej gospodarczo branży budowlanej. Dodatkowo, światowa gospodarka doświadcza obecnie czwartej rewolucji przemysłowej, określanej jako Przemysł 4.0 (ang. *Industry 4.0*). Zmienia ona nie tylko dotychczasowe spojrzenie na przemysł i jego rozwój poprzez np. integrację inteligentnych maszyn, systemów oraz wprowadzania zmian w procesach produkcyjnych, ukierunkowanych na zwiększanie wydajności wytwarzania, ale też nowych, do niedawna nieznanych sposobów pracy i roli ludzi w przemyśle [Piątek, 2017 <http://przemysl-40.pl>]. Przemysł 4.0 stanowi połączenie zalet produkcji na zamówienie z korzyściami, jakie obecnie oferuje produkcja masowa lub wielkoseryjna. Ponadto, istnieje możliwość zdecydowanej poprawy efektywności produkcji poprzez wykorzystanie zasobów materiałowych, wytwórczych, pracowniczych współpracujących ze sobą partnerów sieciowych, dysponujących niewykorzystanymi zdolnościami produkcyjnymi, jak również wykorzystanie koncepcji Lean 4.0, która może być wspierana przez Przemysł 4.0 [Mayr i in., 2018, s. 623]. Ma to też swoje oddziaływanie na inne branże i sektory, w tym budownictwo, które pomimo powolnej inercji zmian i przeobrażeń, poddaje się nowym rozwiązaniom, które jak dotąd nie były powszechne w tym sektorze gospodarki. Pojęcie Budownictwa 4.0 to nie tylko wąska koncepcja „przemysłu budowlanego”, ale cały budowlany proces inwestycyjny, poczynając od ustaleń dotyczących warunków budowy, przygotowania projektu do samej realizacji inwestycji [Maskuriy i in., 2019, s. 2-3].

W świetle powyższych stwierdzeń, celem artykułu jest wskazanie perspektywy rozwoju branży budowlanej w obliczu nadchodzącej czwartej rewolucji przemysłowej, w tym analiza sytuacji obecnej, wskazanie przykładów działań pilotażowych oraz kierunków rozwoju koncepcji Budownictwa 4.0. W artykule zastosowano następujące metody badawcze: metoda analizy i krytyki piśmiennictwa, metoda syntezy i konstrukcji logicznej, wnioskowanie na podstawie wyników krytycznego przeglądu literatury i badań własnych.

1. Innowacje w budownictwie

Innowacje w branży budowlanej wpisują się w ogólne trendy rozwoju innowacyjności przedsiębiorstw. Jednak specyfika tego sektora wymusza zwrócenie szczególnej uwagi na innowacje o charakterze technologicznym [Nazarko J. et. al., 2015]. Przyjmuje się, że innowacje technologiczne w przedsiębiorstwie to zmiany techniczne prowadzące do stworzenia nowych technologii oraz nowych produktów i usług zaspokajających nowe potrzeby klienta lub dotychczasowe, znane potrzeby w

nowy, bardziej kompetentny sposób. Zmiany innowacyjne w budownictwie nakierowane są w dużej mierze na minimalizację utrudnień realizacyjnych, wynikających ze specyfiki produkcji budowlanej [Bizon-Górecka, 2007, s. 45].

W przypadku polskiego budownictwa oraz budownictwa krajów Europy Środkowej, innowacyjność polega głównie na przejmowaniu zachodnich technik budowlanych i ich przekazywaniu przez duże zachodnie przedsiębiorstwa budowlane, w ramach inwestycji zagranicznych realizowanych w tych krajach, przy udziale krajowych przedsiębiorstw budowlanych w charakterze podwykonawców. Innowacyjność w przedsiębiorstwach budowlanych, po przejęciu zachodnich technik budowy, polega na małych, doraźnych zmianach techniczno-organizacyjnych procesów budowlanych o charakterze adaptacyjnym oraz na przystosowaniu materiałów i ich komponentów. Wynika to bardziej z samej natury procesów budowlanych, niż celowej działalności B+R. Często prowadzi to do innowacji bezładnych, których celem niekoniecznie jest poprawa jakości i szybkości budowy oraz obniżka kosztów [Zawadzki, 2000, s. 15]. Do wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie skłaniają potrzeby ekonomiczno-społeczne. Są one niezbędne dla zapewnienia trwania, a także realizacji długookresowej strategii rozwoju każdego przedsiębiorstwa. Dotyczy to szczególnie branży budowlanej, która wnosi istotny wkład w rozwój gospodarki i kształtowanie rynku pracy oraz ma kluczowy wpływ na zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy [Madyda, 2016, s. 346].

2. Budownictwo w dobie czwartej rewolucji przemysłowej

Budownictwo stoi u progu zmian. Historia pokazuje, iż kolejne rewolucje przemysłowe, czyli w rzeczywistości procesy zmian technologicznych, gospodarczych, społecznych i kulturalnych, wywarły dość duży wpływ i zmieniły sektor znacząco. Pierwsza rewolucja przemysłowa przyniosła maszynę parową, a budownictwu rozwój kolejnictwa czy mosty żelazne. Druga rewolucja była związana z elektrycznością, a zatem z elektryfikacją oraz budownictwem energetycznym. Trzecia rewolucja, czyli komputeryzacja przyniosła natomiast ogromny postęp w projektowaniu. Obecnie, gospodarka stoi u progu czwartej rewolucji, związanej z przetwarzaniem i analizą bardzo dużej ilości danych. Jednak o wiele łatwiej o zbieranie danych i ich przetwarzanie jest w działalności produkcyjnej w fabrykach, niż na placach budowy [<https://www.eecpoland.eu/2020/pl/katalog.html?sid=3163>, 4.06.2020].

Budownictwo charakteryzuje się znacznym potencjałem rozwojowym. Jednak wciąż istnieją trudności z przyjmowaniem koncepcji Przemysłu 4.0, pomimo wyraźnych i znaczących korzyści jakie oferuje [Alaloul i in., 2020, s. 226]. Podstawowe

atuty polskiego budownictwa to wielkość rynku, jakość usług oraz wykwalifikowane kadry – zarówno techniczne, jak i menedżerskie. Polscy inżynierowie mają duże doświadczenie, wykazują się dużą kreatywnością, potrafią nie tylko projektować, ale także realizować bardzo ciekawe inwestycje na całym świecie. Poza tym Polska jest aktualnie największym w Unii Europejskiej beneficjentem dofinansowania w zakresie infrastruktury drogowej i kolejowej. O atrakcyjności rynku budowlanego, napędzanego wysoką aktywnością inwestycyjną, świadczy również obecność licznych zagranicznych, międzynarodowych przedsiębiorstw budowlanych oraz co istotne, duża elastyczność i otwartość podmiotów działających w naszym kraju, w porównaniu z rynkami zagranicznymi. Elastyczność ta odnosi się zarówno do działania w trudnych warunkach, jak i proponowania nieszablonowych rozwiązań. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, jak dynamicznie branża zmieniała się w ostatnich latach w kontekście dojrzewania i „normalizacji” sytuacji oraz dorównywania do poziomu krajów wyżej rozwiniętych. Niewątpliwym atutem, choć wskazanym przez nielicznych, jest wzrost świadomości, determinacji i dążenia, aby poprzez branżę budowlaną, tam gdzie jest to możliwe, wychodzić naprzeciw wyzwaniom cywilizacyjnym, takim jak wyzwania energetyczne, zanieczyszczenie powietrza, czy inne [Budownictwo..., 2020, s. 12].

Czwarta rewolucja przemysłowa może to zmienić znacząco, przekształcając całą branżę budowlaną. Oczywiście nie jest to możliwe od razu i nie tu i teraz, jednakże trwale, z pełną paletą atrybutów dla samej branży z wykorzystaniem najnowszych technologii.

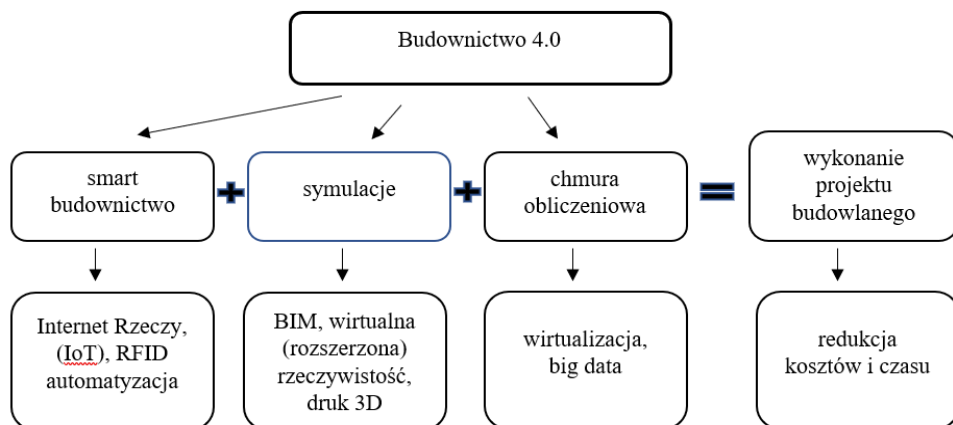
3. Budownictwo 4.0 - zakres wyzwań

W opinii liderów branży, poziom wykorzystania nowatorskich rozwiązań wśród ogółu przedsiębiorstw budowlanych jest aktualnie na stosunkowo niskim poziomie. Liderzy wyznaczają trendy i podążają za nimi, aczkolwiek nie jest to jeszcze działanie na skalę rewolucji technologicznej. Z punktu widzenia dalszego rozwoju, zastosowanie takich rozwiązań jak Internet of Things, roboty, czy druk 3D, będzie koniecznością ze względu na rosnący poziom automatyzacji i optymalizacji procesów, zarówno technologicznych, jak i okołobudowlanych [Budownictwo..., 2020, s. 27].

Idea Przemysłu 4.0 obejmuje trzy nowe paradygmaty, które dotyczą inteligentnego produktu, inteligentnych maszyn oraz operatorów wyposażonych w narzędzie rzeczywistości rozszerzonej. W przemyśle budowlanym można zastosować analogiczne podejście, wyznaczające kierunki rozwoju idei Budownictwa 4.0. Na poziomie mikro, w skali przedsiębiorstwa budowlanego, wpływ tej globalnej idei przejawia się przede wszystkim poprzez usprawnianie procesów budowlanych w wyniku

zastosowania nowoczesnego sprzętu i konstrukcji pomocniczych, doskonalszych maszyn, implementacji nowoczesnych systemów kontroli i diagnostyki, automatyzacji i robotyzacji [Szernet, 2020]. Dobrym przykładem jest opracowanie inteligentnego kasku, jednego z fundamentalnych narzędzi związanych z bezpieczeństwem na budowie, które przygotowują wspólnie przedsiębiorstwa Skanska, Intel i Cybercom. Inteligentny kask będzie miał za zadanie przekazać informacje o warunkach pracy na budowie, poczynając od samego faktu, czy kask znajduje się na głowie pracownika i czy jest założony w sposób prawidłowy, po informacje o każdym silniejszym uderzeniu w głowę. Inteligentne rozwiązanie pozwala mierzyć temperaturę pod kaskiem, co pozwoli np. wyeliminować ryzyko udaru słonecznego, a także pozwoli także wykrywać zdarzenia potencjalnie niebezpieczne, na przykład wstrząsy czy upadki. Inteligentny kask w przyszłości będzie dawał możliwość wymiany informacji z maszynami budowlanymi. Pozwoli to uniknąć stosunkowo częstych i groźnych w skutkach potrażeń pracowników przez pracujące maszyny na budowie. Jeśli człowiek znajdzie się w zbyt bliskim sąsiedztwie sprzętu budowlanego, taką informację o tym zdarzeniu będzie mógł uzyskać operator maszyny [Pałys, 2020].

Równolegle zaistnieje możliwość wdrażania rozwiązań dotyczących rozwoju cyfryzacji oraz infrastruktury IT. Przykładem takich rozwiązań może być wdrażanie założeń BIM (ang. *Building Information Modeling*), rozumianych w ujęciu szerszym niż tylko modelowanie informacji o budynku. To koncepcja, która znacząco zmienia podejście do projektowania, realizacji inwestycji i późniejszego zarządzania budynkiem. Technologia BIM to nie tylko graficzne odzwierciedlenie obiektu, lecz również cyfrowy model budynku, który jest wzbogacony o dodatkowe informacje, takie jak relacje przestrzenne czy właściwości materiałowe poszczególnych elementów. Dzięki technologii BIM każdy wirtualny element, wchodzący w skład obiektu, może być modelowany jako prototyp fizycznych elementów budynku, na przykład ścian, czy słupów. Możliwe jest więc przeanalizowanie znacznie większej ilości informacji o projekcie, niż w projekcie tradycyjnym 2D/3D, jak np. analiza wydajności energetycznej, kontrolowanie kosztów budowy i materiałów, szacowanie kosztów eksploatacji obiektu już na etapie projektowania, przeprowadzenie szeregu analiz związanych np. z wykrywaniem kolizji elementów (już na etapie współpracy architekt-instalator-wykonawca), czy też analiz akustycznych lub choćby nasłonecznienia. Oczywiście wymaga to spójnego środowiska na etapie tworzenia koncepcji przez architekta, projektanta instalacji, a także inwestora. Z BIM powinni korzystać wszyscy specjaliści biorący udział w poszczególnych etapach tworzenia projektu oraz jego wykonania i eksploatacji [Walczak, 2007, s.20]. Przykład wykorzystania między innymi technologii BIM oraz innych ewolucyjnych zmian branży budowlanej wskazano na rysunku 1.



Rys. 1. Ewolucja branży budowlanej w kierunku Budownictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Temidayo i in., 2018, s. 208].

4. Kapitał ludzki jako kluczowy element Budownictwa 4.0

Istotnym elementem koncepcji Budownictwa 4.0 jest kapitał ludzki i jego kompetencje, bowiem przy silnym wpływie rozwoju technologicznego (wirtualna rzeczywistość, sztuczna inteligencja), zmienia się model kompetencyjny pracowników. Obecnie, zmniejsza się i zanika sztywny model kompetencji i wiedzy przypisany do danego stanowiska. Następuje ewolucja zakresu funkcjonowania pracownika, a ważnym działaniem staje się rozwijanie kompetencji spoza własnej dziedziny. Zawody przenikają się, a kompetencje jednego profilu zawodowego zaczynają być przydatne w kolejnym. Pracownik powinien posiadać zdolność rozumienia pojęć i koncepcji z innych dziedzin, musi być otwarty na zmiany zarówno w swoim obszarze specjalizacji, jak i w zespole, w którym pracuje [Gracel i Stoch, 2019]. Pracownik Budownictwa 4.0 to otwarta i aktywna osoba, która lubi różnorodność, zarówno w zakresie kontaktów z ludźmi, jak i wykonywanych zadań. Ma zdolność komunikowania innym bardzo technicznych, szczegółowych informacji z entuzjazmem i optymizmem, czym wzbudza u słuchaczy pozytywne odczucia odnośnie do idei, którymi się dzieli. Przywiązuje dużą wagę do szczegółów i dąży do perfekcji. Zapewnia wysoką jakość wykonywanej pracy i przestrzeganie norm. Stosuje się do zasad i procedur [Gracel i Stoch, 2019]. Kluczową kwestią, w dobie zmian nadchodzącej czwartej rewolucji przemysłowej, będzie zaangażowanie. Będzie ono niejed-

nokrotnie wyznacznikiem jakości funkcjonowania pracownika. Poziom zaangażowania pracowników słusznie traktuje się jako ważny miernik skuteczności zarządzania. Jest ono kluczowym motorem napędzającym efektywność organizacyjną i wydajność kapitału ludzkiego [Moczydłowska, 2013, s. 168].

Dodatkowo, niezależnie od tego, czy Przemysł 4.0 uznamy za re-, czy za ewolucję, oczywisty staje się wpływ tych przeobrażeń na rynek pracy. Aktualny aspekt tej wzajemnej zależności to deficyt na rynku pracy dotyczący przede wszystkim zawodów inżynierskich, informatyków, programistów, ale także specjalistów z kompetencjami do obsługi urządzeń, systemów, zaawansowanej automatyki i robotyki. Druga perspektywa, dotycząca bardziej odległego czasu, to obawy o miejsca pracy, które niejednokrotnie zapewne zostaną zlikwidowane w wyniku rozwoju technologii. Zgodnie z raportem przedsiębiorstwa doradczego PwC „Rynek pracy przyszłości. Czynniki kształtujące rynek pracy do 2030 roku”, 40% zawodów może zostać „zredukowanych” przez sztuczną inteligencję, która użyta w maszynach, robotach i oprogramowaniu jest w stanie zastąpić człowieka. W ich miejsce narodzą się nowe, dla których obecnie nie ma nawet nazwy [www.automatykaonline.pl, 5.06.2020].

Podsumowanie

Przedstawione w artykule przykłady będące częścią szerszej perspektywy rozwoju i wyzwań, jakie stoją przed budownictwem w erze czwartej rewolucji przemysłowej. Kluczowe technologie, które równolegle będą zmieniać obecny sektor budowlany w Budownictwo 4.0 to m.in.: rozszerzona rzeczywistość, prefabrykacja i modułowość, robotyka, inteligentne materiały, zastosowanie sztucznej inteligencji, zrównoważone technologie oraz inteligentne narzędzia pracy. Jednak samo zastosowanie kilku nowych rozwiązań nie sprawi, że branża budowlana czy przedsiębiorstwo z tego sektora stanie się przykładem na miarę Przemysłu 4.0.

Czwarta rewolucja przemysłowa wymaga holistycznego podejścia – zastosowania innowacyjnych technologii, wprowadzenia zmian w dotychczasowych modelach pracy oraz wdrożenia działań, które przygotowują przedsiębiorstwa budowlane do zmian i pozwolą im czerpać z nich korzyści [www.magazynprzemyslowy.pl 5.06.2020]. Wiele przedsiębiorstw budowlanych już dzisiaj musi to sobie uświadomić i ukierunkowywać się na zmiany. Brak działań lub ich pozorność może prowadzić do wielu problemów przedsiębiorstw, co przełoży się na ich pozycję rynkową, w tym budowanie przewagi konkurencyjnej. Budownictwo 4.0 to wielka szansa i perspektywa rozwoju na wiele lat dla budownictwa, ale czy skorzysta z niej sektor budowlany w oczekiwanym zakresie, okaże się zapewne już w najbliższym czasie.

ORCID iD

Mariusz Gorustowicz: <https://orcid.org/0000-0001-8533-3477>

Literatura

1. Alaloul W., Wesam S., Liew M., Zawawi N., Kennedy I. (2020), *Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders*, Ain Shams Engineering Journal, Vol. 11(1), pp. 225-230, doi: 10.1016/j.asej.2019.08.010
2. Bizon-Górecka J. (2007), *Innowacje w budownictwie i ich ryzyko*, Przegląd Budowlany, nr 3, s. 45
3. *Budownictwo zgodne z koncepcją Przemysłu 4.0*, <https://www.magazynprzemyslowy.pl/artykuly/budownictwo-zgodne-z-koncepcja-przemyslu-4-0> [5.06.2020]
4. *Budownictwo. Innowacje. Wizja liderów branży 2025*, Centrum Badań i Analiza Rynku, Autodesk, 2020, s.12
5. *Czas na cztery zero. Raport specjalny 2018*, <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Przemysl-4.0/Czas-na-cztery-zero.-Raport-specjalny-2018> [5.06.2020]
6. Europejski Kongres Gospodarczy, XI edycja, 13-15 maja 2019, Katowice, <https://www.eecpoland.eu/2020/pl/katalog.html?sid=3163> [4.06.2020]
7. Gracel J., Stoch M. (2019), *Inżynierowie przemysłu 4.0: jak ich rozwijać?* https://www.hbrp.pl/b/inzynierowie-przemyslu-40-jak-ich-rozwijac/1A0LU-xCGY?NO_COOKIES=1 [18.05.2019]
8. Madyda A. (2016), *Innowacje w polskich przedsiębiorstwach budowlanych*, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Zarządzanie, 2016 (2), Bielsko Biała, s. 346
9. Maskuriy R., Selamat A., Maresova P., Krejcar O., Oladipo Olalekan D. (2019), *Industry 4.0 for the Construction Industry: Review of Management Perspective*, Economies, Vol. 7(3), p. 2, doi: 10.3390/economies7030068
10. Mayr A., Weigelt M., Kühl A., Grimm S., Erll A., Potzel M., Franke J. (2018). *Lean 4.0 – A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0*, Procedia CIRP, 72, 622-628, doi: 10.1016/j.procir.2018.03.292
11. Moczydłowska J. (2013), *Zaangażowanie pracowników – aspekty psychologiczne i organizacyjne*, Myśl Ekonomiczna i Polityczna, No 4 (42), Warszawa, s.168
12. Nazarko J., Radziszewski R., Dębowska K., Ejdys J., Gudanowska A., Halicka K., Kilon J., Kononiuk A., Kowalski K. J., Król J. B., Nazarko Ł., Sarnowski M., Viltutienė T. (2015), *Foresight Study of Road Pavement Technologies*, Procedia Engineering, Vol. 122, pp. 129-136

13. Pałys E. (2017), *Budownictwo 4.0. Inteligentny kask uratuje życie*, <https://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/drogi/budownictwo-40-inteligentny-kask-uratuje-zycie---60800.html> [3.06.2020]
14. Piątek Z. (2017), *Czym jest Przemysł 4.0? – część 1*, <http://przemysl-40.pl> <https://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/> [2.06.2020]
15. Szernet A., *Biznesowa strategia cyfryzacji w budownictwie. Era Construction 4.0*, Investor 2019 [3.06.2020]
16. Temidayo O., Clinton A., Ayodeji O. (2018), *Construction 4.0: The Future of the Construction Industry in South Africa*, International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol. 12, No 3, s. 206-212
17. Walczak Z. (2007), *BIM jako narzędzie przyszłości w projektowaniu i rewitalizacji obiektów budowlanych*, Przegląd Budowlany, nr 1, Warszawa, s. 20
18. Zawadzki E. (2000), *Poziom konkurencyjności polskiego budownictwa na tle budownictwa w krajach UE i krajach CEFTA*, Raport nr 175, Kancelaria Sejmu, Biuro Studiów i Ekspertyz, Wydział Analiz Ekonomicznych i Społecznych, s. 15

Towards Construction 4.0 - development perspectives for the construction industry in the face of the fourth industrial revolution

Abstract

Construction in Poland is an important sector of the economy that is undergoing changes and needs new solutions. Its development is currently an important direction of evolution directly related to the fourth industrial revolution, referred to as Industry 4.0. This is a chance to implement new, innovative solutions, sometimes revolutionizing the current perception of the industry, both at the design and investment stage. In Construction 4.0, with a strong impact of technological development, including virtual reality or artificial intelligence, the working environment and conditions are also changing, including the employee competency model. Construction 4.0 is a great opportunity and development perspective for the construction industry for many years. Lack of development activities or their appearance may lead to many problems of enterprises, which may translate into their market position, including building a competitive advantage.

Keywords

Construction 4.0, Industry 4.0, The Fourth Industrial Revolution, construction company, development of the construction industry