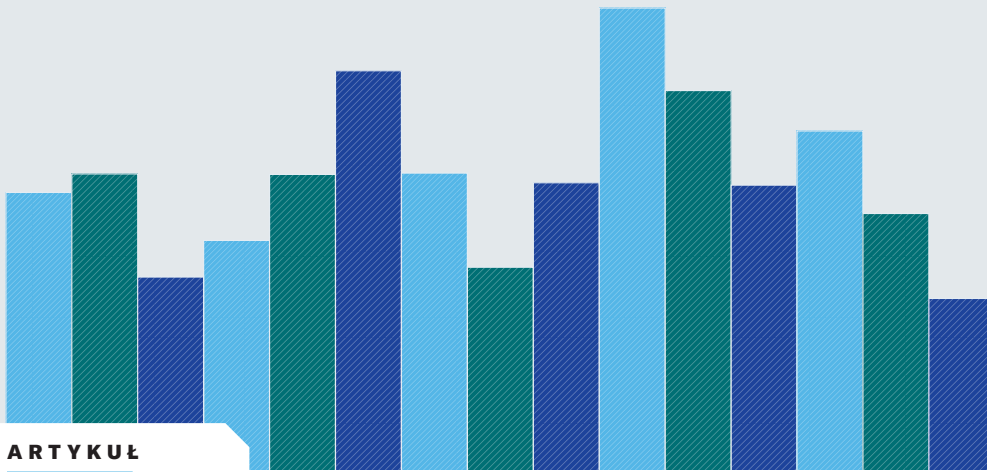




**Harvard  
Business  
Review**

ANALYTIC SERVICES



ARTYKUŁ

# Znoszenie barier utrudniających współpracę w projektach przemysłowych.



Sponsorowany przez

 **AUTODESK**

## PERSPEKTYWA SPONSORA

Bez względu na to, czy mówimy o współpracy pomiędzy firmami (B2B) czy firm z klientem (B2C), oczekiwania klientów w zakresie indywidualizacji, funkcjonalności i zrównoważenia produktów i usług szybko rosną.

Aby poradzić sobie z tym rosnącym tempem oraz złożonością przepisów, wiele firm przyjęło zwinne metody przy projektowaniu i opracowywaniu produktów, patrząc na nie z perspektywy cyklu życia i jednocześnie integrując procesy inżynieryjne czy systemy inżynierii przemysłowej.

Zaskakujące jest to, że często zakłady są nadal projektowane i budowane w tradycyjny sposób. To samo dotyczy przetwarzania danych w działaniach operacyjnych i konserwacyjnych — obszar po obszarze, dziedzina po dziedzinie, silos po silosie.

Rosnące oczekiwania klientów nieuchronnie prowadzą do mniejszych rozmiarów partii oraz częstych zmian, co oznacza, że adaptacyjna i elastyczna produkcja jest dziś ważniejsza niż kiedykolwiek dotąd.

Wierzymy, że podejmowane już kroki w obrębie projektowania produktów i inżynierii nakierowane na integrację i współpracę zmierzają do stworzenia nowej rzeczywistości produkcyjnej. Takie obszary jak infrastruktura zakładu czy informacje o budynku muszą być zintegrowane z systemem produkcyjnym, aby umożliwić pełną realizację potencjału cyfrowego bliźniakazakładu. Co więcej, konieczne jest ponowne wykorzystywanie danych w całym cyklu życia produkcji, nawet jeśli — a zwłaszcza gdy — na różnych etapach włączani są różni interesariusze, co pozwala na ograniczanie nadmiarowych działań i zadań nie wnoszących wartości dodanej.

Cyfryzacja pozwala producentom wprowadzić swoje zakłady produkcyjne w nową erę. Niniejsze badanie przeprowadzone przez Harvard Business Review Analytic Services przedstawia przydatne informacje na temat obecnego stanu branży, a także wytyczne w zakresie przygotowania istniejących i planowanych operacji produkcyjnych na przyszłość z wykorzystaniem zintegrowanych modeli fabryk. Zachęcam czytelników do przemyślenia przykładów liderów branżowych, które zawarte zostały w tym raporcie, oraz tego, jak reagują na zmieniające się środowiska rynkowe.



**Srinath Jonnalagadda**  
**Wiceprezes ds. strategii**  
**przemysłowej, designu i produkcji**  
**Autodesk**

# Znoszenie barier utrudniających współpracę w projektach przemysłowych.

W zakładach przemysłowych zmiana jest nieprzerwana, gdyż nowe produkty, oczekiwania klientów oraz presja ze strony konkurencji zmuszają producentów do nieustannego zmieniania swoich operacji oraz tworzenia nowych rozwiązań. Przy podejmowaniu się nowych projektów tradycyjne cele w postaci dotrzymania terminu i budżetu stają się bardziej skomplikowane poprzez dołożenie do nich nowych, takich jak zrównoważony rozwój, efektywniejsze wykorzystywanie czasu pracy czy wymogi z zakresu Przemysłu 4.0.

Złożoność takich projektów rośnie, ale procesy wykorzystywane do planowania fabryk i zarządzania nimi nie nadążają za równoczesną ewolucją w tym zakresie. Projekty fabryk angażują szereg zespołów samego producenta, jak również z firm partnerskich zajmujących się projektowaniem i wytwórstwem, a każdy z tych zespołów skupia się na planowaniu, inżynierii produkcyjnej oraz bieżących działaniach operacyjnych. Zbyt często zespoły te — a także narzędzia i dane używane przez nie do realizacji zadań — zamiast na współpracy skupiają się na niezależnym działaniu, co prowadzi do wyższych kosztów, przekroczenia budżetów oraz opóźnień.

„Budownictwo i inżynieria zakładowa to dwa odrębne światy, które dotąd nie wymagały dobrej koordynacji”, mówi Frank Breitenbach, starszy specjalista ds. metodologii planowania i inteligentnych zakładów w EDAG Production Solutions, niemieckiej firmie z miasta Fulda będącej dostawcą usług dla branży motoryzacyjnej. „Aby te dwa światy mogły wspólnie się rozwijać, w większości firm konieczna jest zmiana paradygmatu”.

Zlikwidowanie tych luk wymagałoby dobrze skoordynowanego, multidyscyplinarnego podejścia do projektowania zakładu i projektów budowlanych celem zapewnienia, że zespoły ds. budowy, działań operacyjnych, mechaniki, elektryki i hydrauliki współpracują ze sobą, minimalizując opóźnienia, koszty i problemy komunikacyjne oraz jednocześnie maksymalizując realizację celów projektowych, operacyjnych i długoterminowych celów biznesowych. Aby to osiągnąć, firmy zajmujące się produkcją i budowlami przemysłowymi pracują nad przyjęciem nowych paradygmatów planowania i przepływu prac,

## NAJWAŻNIEJSZE INFORMACJE

Coraz więcej zapytań ofertowych dotyczących projektów budynków przemysłowych **obejmujących oczekiwania dotyczące zrównoważonego rozwoju, cyfryzacji oraz zastosowania inteligentnych rozwiązań** wspierających procesy Przemysłu 4.0.

Pomimo tych zmieniających się wymogów **procesy i procedury wykorzystywane do planowania i wdrażania** nowych zakładów bądź przy modernizacji nie nadążają za nimi.

Technologia to kluczowy czynnik pomagający producentom oraz ich partnerom ds. planowania i wytwarzania **w rozbijaniu silosów odseparowanych narzędzi i danych oraz zwiększaniu współpracy** celem osiągnięcia jeszcze płynniejszego i skuteczniejszego sposobu planowania i budowy zakładów przemysłowych.

mądrzejszym wykorzystywaniem danych oraz wykorzystaniem technologii opartych na współpracy, które będą wpływać na budynek jeszcze długo po jego powstaniu. Jeśli wizja ta zostanie zrealizowana, zakłady przemysłowe w przyszłości będą znacznie elastyczniejsze i odporne, będą mogły dostosowywać się do zmian rynkowych przy jednoczesnym ograniczaniu własnych kosztów konserwacyjnych i optymalizowaniu korzystania z mediów.

„Wysoce wydajne zakłady wymagają danych w czasie rzeczywistym umożliwiających podejmowanie decyzji we właściwym kontekście”, mówi Maximilian Viessmann, CEO Viessmann Group, niemieckiego producenta rozwiązań grzewczych i chłodniczych z Allendorfu. „Naszą pozycję rynkową możemy polepszać pod warunkiem, że działamy szybko — reagując na potrzeby naszych partnerów i użytkowników. Przemysł 4.0 umożliwia takie szybkie działanie, pozwalając nam lepiej przygotować się na przyszłość”.

## Nowy świat, nowe wyzwania

Zakłady przemysłowe zawsze musiały ewoluować, rozszerzając się o nowe budynki, linie produkcyjne, procesy rozwojowe i operacyjne celem spełnienia bieżącego zapotrzebowania. Typowe czynniki stojące za takimi zmianami lub nowymi inwestycjami budowlanymi obejmowały wprowadzenie na rynek nowych produktów, potrzebę podniesienia jakości produktów lub wydajności produkcji, zmiany w popycie, stałe

usprawnienia czy konieczność wymiany dotychczasowego sprzętu. Mogą one również obejmować trendy branżowe, takie jak na przykład potrzeba mniejszych partii produkcyjnych czy tworzenie pochodnych produktu podstawowego, zwiększona personalizacja na masową skalę, odejście od paliw kopalnych na rzecz zrównoważonych źródeł energii czy potrzeba zarządzania brakami materiałowymi, produkcji bliżej rynku docelowego czy też minimalizowania wymogów dotyczących pracy w obliczu niedoborów rynkowych. Według przeprowadzonego w czerwcu 2020 roku badania McKinsey & Co. zatytułowanego „The Next Normal in Construction”, 87% respondentów wskazuje niedobór wykwalifikowanej siły roboczej jako czynnik mający największy wpływ na sektor przemysłowy. Jednakże według ponad 75% takie czynniki jak zrównoważony rozwój, regulacje dotyczące bezpieczeństwa w miejscu pracy czy elastyczniejsze i lepiej dostosowane do obsługi cyfrowej struktury będą coraz bardziej zyskiwać na znaczeniu. **RYSunek 1**

Jednak oprócz tych czynników pojawia się jeszcze jeden zestaw wymogów nakładający na zespoły projektowe dodatkowe wymagania. Coraz więcej zapytań ofertowych dotyczących projektów budowlanych przemysłowych obejmuje pewne oczekiwania dotyczące zrównoważonego rozwoju, cyfryzacji oraz zastosowania inteligentnych rozwiązań wspierających procesy Przemysłu 4.0. Co więcej, producenci chcą realizować projekty szybciej niż kiedykolwiek, zwłaszcza jeśli chodzi o modernizacje, a warunkami niezbędnymi stają się minimalizowanie przestojów i szybsze wprowadzanie oferty na rynek.

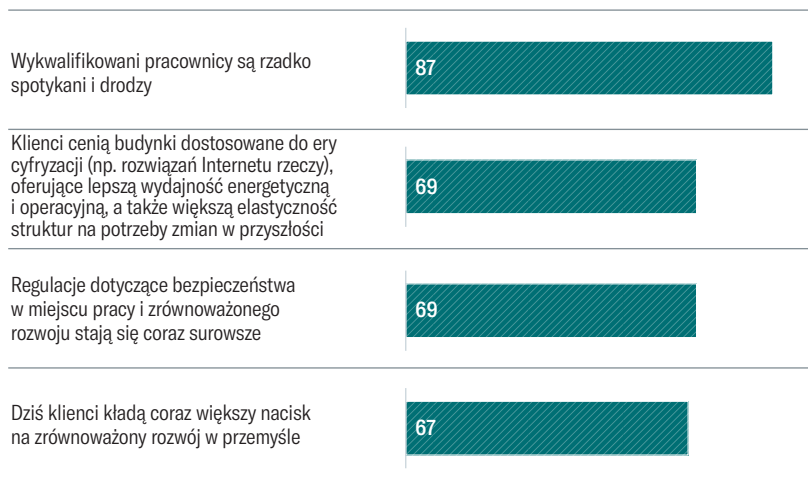
RYSunek 1

## Czynniki rynkowe komplikują projekty budowlane

Głównymi problemami są niedobór rąk do pracy, inteligentne budynki oraz regulacje dotyczące bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju

### Najwyższy wpływ na branżę budowlaną

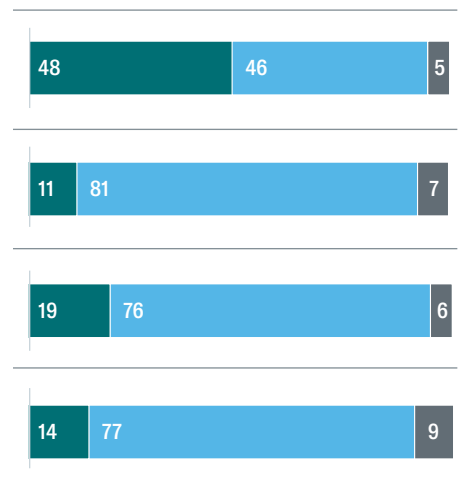
Odsetek respondentów



### Kiedy ta zmiana charakterystyki rynku wpłynie na odsetek respondentów

Odsetek respondentów

■ W ciągu 1 roku ■ 1-10 lat ■ 10-20 lat



Źródło: McKinsey & Co., czerwiec 2020

„Zrównoważony rozwój zajął o wiele bardziej prominentne miejsce, niż miało to miejsce w przeszłości”, mówi Rupert Hoecherl, dyrektor zarządzający i partner w io-consultants, amerykańskiej firmie konsultingowej z Bethlehem, której projekty obejmują konsulting, projektowanie i planowanie zintegrowanych usług dla produkcji. „W ubiegłych latach miał charakter dobrowolny. Obecnie staje się mocniej zdefiniowany i zinstytucjonalizowany, a w wielu obszarach jest już wymogiem regulacyjnym”.

Coraz więcej firm produkcyjnych wspomina też o potrzebie cyfryzacji, inteligentnych zakładach czy koncepcjach Przemysłu 4.0. Klienci mają różne wizje tego, co to oznacza, dlatego na początkowych etapach projektu konieczne jest ustalenie wspólnego zrozumienia, mówi Breitenbach. Dodaje też, że te wymogi Przemysłu 4.0 coraz częściej obejmują kwestie zrównoważonego rozwoju.

„Przemysł 4.0 docelowo tworzy poziomą i pionową sieć w obrębie systemu produkcyjnego i poza nim. To, co moim zdaniem jest nowe, to fakt, że ostatnio dołączyły do tego budynki. W końcu to budynek zapewnia mojemu zakładowi przestrzeń czy materiały operacyjne. Budynek musi radzić sobie z emisjami, a to z kolei wpływa na używane przez mnie maszyny”.

Ta potrzeba prędkości zderzyła się z nieoczekiwanymi wyzwaniami na rynku i w obrębie łańcuchów dostaw, spotęgowanymi przez niedawną pandemię. „Obserwowaliśmy ekstremalne wahania w czasie pandemii wzmacniane dodatkowo restrykcjami regionalnymi i międzynarodowymi. Wahania te sprawiały, że szczególnie ciężkie było identyfikowanie właściwych przedziałów czasu do wstrzymania produkcji na potrzeby modernizacji”, mówi Viessmann.

## Luki w procesie planowania zakładów przemysłowych

Pomimo tych zmieniających się wymogów procesy i procedury wykorzystywane do planowania i wdrażania nowych zakładów bądź przy modernizacji nie nadążają za nimi. Faktem jest, że zakład jest z definicji złożonym systemem, którego stopień skomplikowania zwiększa się dodatkowo w efekcie stosowania automatyzacji i wykorzystywania technologii. Ze względu na ten rosnący stopień złożoności systemów, a także niepowiązanych procedur, zarządzanie nim staje się jeszcze trudniejsze.

„Zakład to nie tylko budynek”, mówi Robert Ostermann, projektant zakładów z firmy Magna Steyr, producenta z branży motoryzacyjnej z austriackiego miasta Graz. „Dochodzą do tego liczne systemy taśmociągów, konstrukcje stalowe, maszyny itp. Zatem fabryka wykracza poza proces BIM (modelowanie informacji o budynku), a koordynacja i konserwacja tego całego cyfrowego spektrum nie jest jeszcze powszechnie stosowana”.

Tradycyjne podejścia są zwykle sekwencyjne, co oznacza, że jeden zespół kończy pracę i dopiero przekazuje jej efekty następnemu zespołowi. Dane i narzędzia używane przez zespoły też często są odrębne, co wymaga kosztownych konwersji, a także wymiany niezliczonych wiadomości dotyczących zarządzania zmianami oraz kontroli. Luki w komunikacji są nieuniknione, zwłaszcza przy przekazywaniu prac z jednego etapu do drugiego.

Przyczyny problemów z komunikacją mogą być różne. Małe i średnie firmy najczęściej przeprowadzają nowe projekty lub



„Cyfryzacja umożliwiła ludziom powielanie informacji, ale jest to replikacja pozbawiona zarządzania, co oznacza, że poziom zaufania do danych spadł”, mówi Brian Glancy, dyrektor ds. strategii BIM w Kingspan Group.

modernizację zakładów raz na 10 czy 15 lat, a zatem ich procesy planowania mogą być nieaktualne lub w ogóle nie istnieją, mówi Matthias Dannapfel, główny inżynier ds. planowania zakładów w RWTH Aachen University w niemieckim mieście Aachen. Przedsiębiorstwa „często nie radzą sobie z tym, jak wdrożyć te wymogi długoterminowe i jak przełożyć je na struktury zakładu. Dynamiczne środowisko rynkowe sprawia, że stare założenia można wyrzucić do kosza. Konieczna jest zmiana sposobu myślenia oraz wyobrażenia sobie zakładów”.

Problemy nie mają charakteru wyłącznie wewnętrznego. Projekty fabryk wymagają koordynacji pomiędzy licznymi zespołami wewnętrznymi i zewnętrznymi, często z podziałem na te pracujące nad samym budynkiem oraz te koncentrujące się na procesach i sprzęcie, który się w nim znajduje. Zwykle każdy zespół dysponuje własnymi narzędziami i danymi.

„Każdy korzysta z innego oprogramowania i najczęściej nie istnieją intuicyjne interfejsy umożliwiające przekazywanie danych z jednego programu do innego”, mówi Dannapfel. „Dlatego mnóstwo informacji gubi się, co wymaga korzystania z ręcznych procedur lub komunikacji celem zapewnienia, że posiadamy wszystkie dane, których potrzebujemy, oraz że zostaną one dostarczone następnemu zespołowi, a później kolejnemu. To bardzo, bardzo nieefektywny proces”.

„To, co możemy poprawić, to komunikacja dotycząca procesu, koordynacja modelowa oraz sposób ewoluowania projektu budynku”, dodaje Ostermann z Magna Steyr. „Komunikacja musi odbywać się bezpośrednio w modelu, a nie w oddzielnych systemach, które na dodatek nie współpracują ze sobą zbyt dobrze”.

Jednym z podejść zmierzających do rozwiązania problemów komunikacyjnych była konwersja rozproszonych danych, tak aby można je było zebrać w jednym środowisku CAD (computer-aided design), jednak jest to kosztowne. Komunikacja i prośby o zmiany zwykle mają miejsce poza tym środowiskiem, co prowadzi do opóźnień i błędów, a zmiany wprowadzane w jednym systemie nie są automatycznie dostępne w innych. Nawet wysiłki zmierzające do równoczesnej inżynierii rozproszonych procesów planowania są niweczone przez błędy w komunikacji.



„Tylko zespoły interdyscyplinarne mogą poradzić sobie ze złożonością i wyzwaniem towarzyszącymi płynnemu połączeniu wszystkich procesów operacyjnych. Regularne kontrole kluczowych wskaźników w całym łańcuchu dostaw oraz częste symulacje procesów zapewniają, że osiągamy pożądane wyniki i realizujemy cele projektowe”, komentuje Maximilian Viessmann, CEO w Viessmann Group.

Mimo iż od lat 90. większość zakładów przeszła cyfryzację, większość danych jest nieużywana, a próby stworzenia uniwersalnego standardu danych na potrzeby różnych narzędzi do planowania, budowy i konserwacji postępują raczej powoli.

„Cyfryzacja umożliwiła ludziom powielanie informacji, ale jest to replikacja pozbawiona zarządzania, co oznacza, że poziom zaufania do danych spadł”, mówi Brian Glancy, dyrektor ds. strategii BIM w Kingspan Group, firmie produkującej materiały budowlane z Kingscourt w Irlandii. „Dlatego próbujemy zapewnić procedury ładu korporacyjnego w odniesieniu do informacji”.

Na podobnej zasadzie niektóre firmy technologiczne generujące dane projektowe w ramach zestawów narzędzi sprzeciwiają się próbom stworzenia otwartych standardów danych, które obsługiwaliby również inni programiści. „Myślę, że to jeden z najpoważniejszych problemów. I to ten problem musimy rozwiązać, przyjmując holistyczną perspektywę fabryki i chcąc uzyskać pełnię korzyści oferowanych przez BIM i transformację cyfrową”, mówi Breitenbach.

Według raportu akademickiego RWTH Aachen University zatytułowanego „An Approach to the Analysis of Causes of Delays in Industrial Construction Projects through Planning and Statistical Computing”, proces BIM jest stworzony konkretnie z myślą o wyeliminowaniu luk pomiędzy procesami planowania budynku i samego budowania, ale jest on o wiele częściej wykorzystywany w budownictwie mieszkalnym i publicznym, a rzadko przy budowaniu zakładów przemysłowych. Badania, na których opiera się raport, wskazują na „niewielkie zastosowanie w projektach planowania zakładów ze względu na (1) brak zaawansowanych specyfikacji oraz (2) brak standardów zarządzania danymi”.

„Nie wszystkie wyzwania mają charakter techniczny”, mówi Breitenbach. Większe dzielenie się danymi oraz ściślejsza współpraca oznaczają, że różne zespoły muszą sięgać po nowe sposoby pracy. „Potrzebujemy kultury spotkań, struktury spotkań w naszych projektach; regularnych spotkań, podczas których ludzie będą chcieli rozmawiać ze sobą i wymieniać się informacjami”.

## Koszty luk w planowaniu

Błędy w planowaniu fabryki i procesie budowlanym kosztują producentów w wielu różnych obszarach, które mogą wpływać nie tylko na sam projekt, ale również na działalność operacyjną i konserwację zakładu produkcyjnego w długiej perspektywie.

„Finalnie wpływ ten zawsze plasuje się gdzieś pomiędzy zakresem, czasem i budżetem”, mówi Hoecherl z io-consultants. „Jeśli w wyniku przeoczeń konieczne jest wprowadzenie korekt na dalszych etapach projektu, wpływa to na możliwość dotrzymania terminów, a zapewne również na budżet. Jedną z reakcji może być przemyślenie zakresu celem ograniczenia wpływu. Istotne przeoczenia lub błędy w projektowaniu nieuchronnie zmniejszają możliwości oraz potencjalnie wpływają negatywnie na przydatność i trwałość budynku”.

Jak dodaje, kompromisy w zakresie ilości sprzętu czy technologii, które udało się wykorzystać w projekcie, mogą skutkować większym zapotrzebowaniem na pracę lub utratą korzyści płynących z technologii, jednak na szczęście zwykle nie ma to wpływu na samą jakość produktów.

Inne obszary wpływu mogą obejmować niepowodzenie integracji, potrzebę częstszych modernizacji czy spadki wydajności.

Nawet skutecznie ukończony projekt budowlany, zrealizowany w sposób tradycyjny, ma braki w zakresie projektowania zakładu z myślą o cyklu życia tego budynku. Bez korzyści zapewnianych przez nowsze koncepcje, takie jak modelowanie, stworzenie wizualnego planu tego, jak wyglądać będzie fabryka i linia produkcyjna, a także bez cyfrowych odpowiedników (czyli cyfrowych replik aktywów fizycznych) trudniej jest utrzymać dokumentację cyfrową podejmowanych decyzji i szczegółów wykorzystanych w procesie projektowania. Brak danych sprawia, że przyszłe modyfikacje stają się kosztowniejsze i trudniejsze.

## Wizja zintegrowanej fabryki

Koncepcja procesu projektowania w pełni zintegrowanego zakładu przemysłowego zakorzeniona jest w wizji samych fabryk przyszłości. Sposób tworzenia zakładów odgrywa jeszcze większą rolę w kontekście możliwości realizacji celów, w tym tych dotyczących elastyczności, zrównoważonego rozwoju i inteligentnych rozwiązań.

„Absolutnie niezbędne jest dla nas posiadanie wysoce wydajnych i elastycznych fabryk w odniesieniu do wszystkich aspektów: zrównoważonego rozwoju, produktywności i infrastruktury globalnej. Efektywność i elastyczność stanowią podstawę naszej odporności”, mówi Viessmann. Osiągnięcie tych założeń jest bezpośrednio powiązane z procesem planowania.

„Wpływ zintegrowanego i opartego na współpracy modelu fabryki jest olbrzymi”, kontynuuje Viessmann. „Tylko zespoły interdyscyplinarne mogą poradzić sobie ze złożonością

i wyzwaniem towarzyszącymi płynnemu połączeniu wszystkich procesów operacyjnych. Regularne kontrole kluczowych wskaźników w całym łańcuchu dostaw oraz częste symulacje procesów zapewniają, że osiągamy pożądane wyniki i realizujemy cele projektowe”.

Cyfrowa reprezentacja fabryki ogranicza ponadto ryzyko potencjalnych problemów z planowaniem, takich jak dwie rury kolidujące ze sobą czy nieprawidłowe dane geometryczne dotyczące maszyny, które są krytyczne dla prawidłowego zaprojektowania przestrzeni, w której będzie się ona znajdować. Zmierzenie się z takimi problemami na wczesnym etapie projektowym dzięki współpracy międzypespółowej pozwala oszczędzić tysiące dolarów dodatkowych kosztów, które trzeba by ponieść, gdyby dany problem został wykryty dopiero na etapie budowy. Oprócz samego procesu budowy płynna integracja i cyfryzacja zintegrowanych procesów projektowania może też usprawnić rozruch operacyjny fabryki oraz jej dalszą pracę.

„Zaczynamy sprawdzać koncepcję, zgodnie z którą wszystko istnieje w świecie cyfrowym, jeszcze zanim powstaną odpowiedniki fizyczne”, mówi Glancy. „Dzięki posiadaniu cyfrowej reprezentacji fabryki, korzystając z zaawansowanej rzeczywistości rozszerzonej i wirtualizacji itp., możemy przechadzać się po budynku i szkolić operatorów sprzętu, zanim faktycznie znajdzie się on w lokalizacji fizycznej. Takie możliwości w ogromnej mierze usprawniają rozruch, szkolenia oraz poprawiają jakość”.

Korzyści te utrzymują się tak długo, jak aktualizowany jest model cyfrowy wraz ze zmianami zachodzącymi w zakładzie na przestrzeni czasu, funkcjonując w praktyce jako dziennik historii fabryki. Kompleksowy model, taki jak odpowiednik cyfrowy, może wspierać wszystko — od konserwacji prewencyjnej do szybszego przeprowadzania modernizacji oraz do symulowania wpływu proponowanych modyfikacji celem analizy wydajności materiałów i samego projektu.

„Myślę, że w przyszłości ludzie zaczną przypisywać większą wartość kompleksowemu zrozumieniu wszystkich aspektów budynku, niż ma to miejsce dziś”, mówi Glancy.

## Usprawnianie procesu projektowego budynku

Nawet po powstaniu wizji fabryki przyszłości pozostała luka pomiędzy tym stanem końcowym a dzisiejszymi procesami planowania i realizacji projektowania i budowania zakładu. Przez lata producenci opracowali szereg rozwiązań zmierzających do zintegrowania i usprawnienia tego procesu, dzięki czemu wiele etapów procesu planowania przeszło automatyzację, cyfryzację, otrzymało wsparcie komputerów i zostało sprawdzonych w określonych warunkach. Te usprawnienia stanowią podstawę dla dzisiejszych innowacji, nawet jeśli w momencie ich wprowadzenia zbyt mocno wyprzedzały ówczesne możliwości techniczne, żeby mogły skutecznie działać.

„W latach 90. mówiło się o komputerowo zintegrowanym wytwarzaniu (CIM). Polegało ono na posiadaniu modelu 3D (CAD) i wprowadzaniu go bezpośrednio do maszyny, która miała produkować części, co było bardzo dobrym pomysłem. Jednak w latach 90. ówczesne oprogramowanie nie było wystarczająco zaawansowane”, wyjaśnia Breitenbach. „Zaczęliśmy od cyfrowej

fabryki w latach 90. Cyfrowa fabryka to całościowy obraz zakładu, obejmujący produkt, procesy wytwarzania oraz ludzi, maszyny, roboty i inne zasoby umożliwiające jego działanie”.

Dziś oprogramowanie, dane i technologie komunikacyjne dogoniły tę koncepcję. Eksperci oczekują wykorzystania modelowania informacji o budynku, cyfrowych bliźniaków, kamer i czujników, sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego, a nawet rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej celem zapewnienia wsparcia dla zintegrowanego, opartego na współpracy procesu projektowania fabryki w przyszłości. Coraz częściej firmy są w stanie koordynować projektowanie w czasie rzeczywistym.

Artykuł Aachen University wskazuje BIM jako technologię, która integruje wszystkich interesariuszy projektu budowlanego poprzez zarządzanie wspólną bazą danych budynku celem uproszczenia działań w obrębie planowania, budowania i zarządzania zakładem.

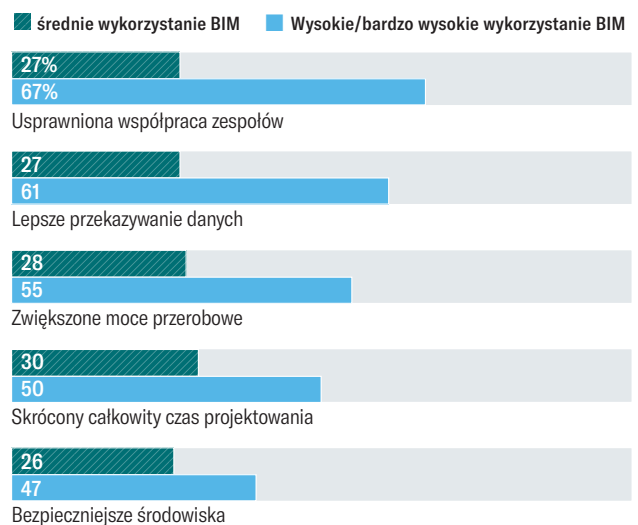
Według badania Dodge Data & Analytics projektanci w dużym lub bardzo dużym stopniu wykorzystujący BIM raportowali korzyści na znacznie wyższym poziomie w porównaniu z tymi używającymi BIM na średnim poziomie; korzyści te dotyczyły usprawnionej współpracy zespołowej (67% względem 27%), sprawniejszego przekazywania danych (61% względem 27%) czy zwiększonych mocy przerobowych (55% względem 28%). **RYSUNEK 2**

Jednakże niektórzy postrzegają BIM jako proces, który nie obejmuje produkcji. „Posiadamy procesy BIM, ale w całości odnoszą się one do samego budynku, a w Magna mamy zakłady

RYSUNEK 2

### Współpraca najważniejszą z korzyści używania BIM

Projektanci wykorzystujący modelowanie BIM w wysokim zakresie raportują większe korzyści



Źródło: Dodge Data & Analytics, 2021



„Cyfrowy bliźniak to początek zmian dla przemysłu, a BIM — to początek procesu zmian. Jeśli użyjemy ich do stworzenia idealnego projektu cyfrowego, możemy to następnie odzwierciedlić w formie fizycznej”, mówi Glancy z firmy Kingspan Group.

produkcyjne”, mówi Ostermann z Magna Steyr. „To, co proces BIM zapewnia w odniesieniu dla samego budynku, chcemy osiągnąć dla całego procesu projektowania fabryki”.

A zatem potrzebne jest rozszerzenie korzyści procesu BIM na cały projekt, zintegrowane planowanie samego budynku, jak i maszyn oraz elementów sprzętu, które się w nim znajdują.

## Czas na zintegrowany model fabryki

Cyfrowe bliźniaki i modele 3D fabryk powstały jako przydatne narzędzia do pomocy w ewolucji z obecnego projektowania zakładów do procesu w pełni zintegrowanego. Według badania Juniper<sup>1</sup> produkcja będzie tym sektorem, w którym w największej skali będą wdrażane cyfrowe bliźniaki w roku 2021, odpowiadając za 34% łącznych inwestycji w tę technologię.

Termin „cyfrowy bliźniak” związany jest z szeregiem różnych definicji w branży produkcyjnej; jedni korzystają z określenia cyfrowych bliźniaków, a inni nazywają je zaawansowanymi modelami 3D. The Digital Twin Consortium zebrało grupę ekspertów mających zdefiniować ten termin.<sup>2</sup> Powstała definicja określa cyfrowy bliźniak jako wizualne przedstawienie obiektu i/lub procesu rzeczywistego, zsynchronizowane z określoną częstotliwością i dokładnością. Cyfrowy bliźniak wykorzystuje dane bieżące i historyczne do odwzorowania przeszłości i teraźniejszości, a następnie symuluje przewidywaną przyszłość w oparciu o pożądane wyniki, często z dostosowaniem do konkretnych przypadków użycia. Cyfrowe bliźniaki opierają się na integracji, danych, wiedzy w danej domenie oraz wdrożonych systemach informatycznych i operacyjnych (IT/OT).

Ekspertcy uważają, że odpowiedniki cyfrowe mają potencjał, aby przekształcić projekty biznesowe i zakładowe, wspierając ich całościowe zrozumienie, podejmowanie optymalnych decyzji oraz efektywnych działań.

Według badania McKinsey & Co. „Firmy mogą zwiększyć efektywność i zintegrować etap projektowania z resztą łańcucha dostaw, wykorzystując modelowanie informacji o budynku (BIM) do tworzenia w pełni trójwymiarowych modeli (cyfrowych bliźniaków) — i dodając dalsze warstwy, takie jak harmonogramy i koszty — na wczesnym etapie projektu zamiast pod jego koniec, gdy rozpoczynać się ma etap budowania”.<sup>3</sup> Firma McKinsey ocenia, że użycie BIM i cyfrowych bliźniaków znacząco wpłynie na ryzyko i sekwencyjność podejmowania decyzji w ramach projektów budowlanych, kwestionując również korzystanie z tradycyjnych modeli inżynierii, zaopatrzenia i budowy (EPC).

Korzystając z takiego zaawansowanego modelu przy projektowaniu zakładu, interesariusze mogą zobaczyć poszczególne konstrukcje w widoku 2D lub 3D z dowolnego kąta, wizualnie przeanalizować konkretne funkcje, ocenić specyfikację danego elementu, prześledzić historię zmian dotyczących określonego elementu itp.

W io-consultants projektanci zakładów są „bardzo podekscytowani natychmiastowym charakterem procesu podejmowania decyzji oraz możliwością rozwiązywania hipotetycznych scenariuszy na różnych etapach procesu projektowania”, mówi Hoecherl.

W „prawdziwym” cyfrowym bliźniaku czujniki zastosowane w samym zakładzie stale zbierają dane celem zapewnienia, że są one zawsze aktualne w odniesieniu do fizycznego budynku, umożliwiając zarządzanie przypadkami użycia po zakończeniu etapu budowy. Inne przypadki użycia cyfrowych bliźniaków w fabrykach obejmują zrozumienie, jak na konkretne przestrzenie wpłynęłyby awaria sprzętu, czy porównanie faktycznej wydajności aktywów i systemów z oczekiwanymi wynikami. Informacje te pomagają przewidywać zdarzenia celem poprawy dostępności oraz podejmować świadome decyzje na drodze do maksymalizacji zwrotów z inwestycji.

Firma Viessmann wykorzystuje cyfrowy bliźniak do usprawniania komunikacji i współpracy na etapie planowania, projektowania i budowy nowego zakładu produkcji pomp ciepła w Legnicy w Polsce. Podgląd faktycznego układu fabryki pomaga w identyfikowaniu i rozwiązywaniu konfliktów dotyczących wykorzystania przestrzeni, usuwaniu wąskich gardeł oraz rozwiązywaniu potencjalnych „blokad” wewnętrznych w świecie cyfrowym na wczesnych etapach projektu bez konieczności ponoszenia wysokich kosztów czy ryzyka związanego z ujawnieniem tych problemów na dalszych etapach. Ponadto dzięki temu mogą monitorować postępy w budowie i realizacji planów bez dodatkowych wysiłków.

„Wszyscy planujemy w oparciu o te same podstawy, ten sam uzgodniony status, nie musząc martwić się o konflikty pomiędzy różnymi wersjami używanymi przez poszczególnych uczestników procesu, takich jak zespoły ds. inżynierii przemysłowej, architektów, osoby odpowiadające za planowanie BHP czy różne działy produkcji, co mogłoby prowadzić do nieporozumień, błędnych informacji czy mylnej interpretacji”, komentuje Viessmann.

„Cyfrowy bliźniak to początek zmian dla przemysłu a BIM — to początek procesu zmian”, wyjaśnia Glancy. „Jeśli użyjemy ich do stworzenia idealnego projektu cyfrowego, możemy to następnie odzwierciedlić w formie fizycznej”. Zauważa, że jego firma używa cyfrowych bliźniaków w podejściu od modelu do produkcji, tworząc umożliwiający podejmowanie działań odpowiednik cyfrowy możliwie jak najbardziej zbliżony do budowanego modelu, co pozwala na rozwiązywanie problemów dotyczących na przykład konstrukcji stalowych, które mogłyby kolidować z warstwą zewnętrzną budynku, czy planów umieszczenia maszyny w miejscu, w którym ma znaleźć się kolumna.

Cyfrowe bliźniaki i modele 3D fabryk wspierają ponadto zintegrowane modelowanie zakładów, zmniejszając czas przestoju związanych z modernizacją oraz umożliwiając



ściślejszą współpracę między zespołami, łącząc widoki z różnych dziedzin planowania na drodze do realizacji wspólnych celów zamiast optymalizowania procesu wyłącznie z uwzględnieniem jednego punktu widzenia. W trakcie budowy cyfrowy bliźniak może symulować sekwencje działań, wspomagając sprawniejszą instalację i ograniczając potrzebę wprowadzania zmian. Innym wartościowym przypadkiem użycia jest zapewnianie prostej i szybkiej integracji dostawców dzięki umożliwieniu ustrukturyzowanej integracji dowolnego dostawcy w całym cyklu życia fabryki — od etapu planowania po działalność operacyjną. Eksperci liczą na to, że dzięki redukcji ilości odpadów i optymalizacji efektywności, niezawodności, zrównoważonego rozwoju i innych powiązanych kwestii, cyfrowe bliźniaki radykalnie usprawnią planowanie i działania operacyjne fabryk.

„Z jednej strony te metody i narzędzia pomagają mi na etapie inżynierii w tworzeniu zakładu czy też wprowadzaniu zmian w systemie produkcyjnym”, mówi Breitenbach. „BIM i cyfrowa fabryka obejmują dane konstrukcyjne, zależności między produktami, procesami i zasobami, a cyfrowy bliźniak pozwala mi na bezpieczne przetestowanie różnych scenariuszy z wyprzedzeniem. Na etapie operacyjnym cyfrowy bliźniak pomaga mi w rejestrowaniu i ocenie danych operacyjnych. Aplikacje oparte na sztucznej inteligencji dają mi możliwość aktywnego podejmowania działań — na przykład w obrębie kontroli jakości czy dotyczących konserwacji”.

BIM i cyfrowe bliźniaki „mogą technicznie zwiększyć nasze możliwości, ale najpierw musimy zaprojektować procesy, przepływy informacji i obowiązki”, mówi Dannapfel z RWTH Aachen University. „Jeśli to zrobimy, te technologie pokażą pełnię swoich możliwości, gdyż będziemy wówczas dysponować planowaniem w oparciu o model. Będziemy dysponować pojedynczym źródłem informacji, w oparciu o które możemy planować”. Wizualny charakter narzędzi, takich jak modele 3D fabryk czy cyfrowe bliźniaki, wzbogaci proces współpracy.

„Jesteśmy wzrokowcami i wykorzystujemy technologię do przedstawiania rzeczy i pomagania innym w zrozumieniu podstaw, zależności i układów w prostszy sposób. Myślę, że będzie to miało olbrzymie znaczenie w kontekście zrozumienia skutków”, mówi Glancy. „Dużo łatwiej jest prowadzić dyskusje na temat tego, co gdzie powinno się znaleźć i dlaczego, kiedy możesz zobaczyć to na cyfrowym bliźniaku w środowisku wirtualnym. Gdyż tak naprawdę połowa pracy to sprawienie, aby ta druga osoba zrozumiała dane zagadnienie. Takie praktyczne doświadczenie usprawni komunikację z interesariuszami”.

Inną technologią uzupełniającą cyfrowe bliźniaki i modele 3D fabryk jest projektowanie generatywne, którego stosowanie również staje się coraz częstsze w kontekście zapewniania wydajniejszych, uproszczonych procesów projektowania zakładów. Projektowanie generatywne to technologia badania projektowego, która opiera się na zestawie ograniczeń i dostarcza wiele opcji do wyboru w drodze do uzyskania finalnego projektu. Mimo szerokiego stosowania w branży produkcyjnej do tej pory było ono mniej popularne w budownictwie.

„Dzięki projektowaniu generatywnemu można ocenić wiele układów linii, na przykład dwóch czy trzech linii w zakładzie, celem zrozumienia, jak najlepiej wykorzystać przestrzeń oraz jak operatorzy będą pracować w danym środowisku w zależności od konkretnego układu”, wykorzystując na etapie



**Eksperci liczą na to, że dzięki redukcji ilości odpadów i optymalizacji efektywności, niezawodności, zrównoważonego rozwoju i innych powiązanych kwestii, cyfrowe bliźniaki radykalnie usprawnią planowanie i działania operacyjne zakładów.**

projektowania uczenie maszynowe, mówi Glancy. „Jak widzimy, demokratyzacja tych technologii, szczególnie gdy znajdują się w zestawie narzędzi nowych absolwentów, będzie momentem prawdziwej eksplozji zmian. Myślę, że dzieli nas od tego od trzech do pięciu lat. To imponujące i przerażające jednocześnie”.

### **Więcej czynników wspierających zintegrowany model projektowania**

BIM, projektowanie generatywne i cyfrowe bliźniaki to nie jedyne technologie wykorzystywane do przyspieszania i usprawniania procesów projektowania i budowy. Taka pełna integracja projektowania zakładów jest dodatkowo wspierana przez skanowanie laserowe, rzeczywistość rozszerzoną (AR) i wirtualną (VR), Internet rzeczy oraz sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe. Inne niezbędne elementy obejmują chmurę, współdzielone modele danych oraz możliwości współpracy wbudowane w same platformy projektowe.

Skanowanie laserowe czy technologia kamer coraz częściej wykorzystywane są do generowania danych, na przykład do wykonywania i przesyłania pomiarów na potrzeby projektów modernizacyjnych, co umożliwi osobom planującym podejmowanie decyzji w trybie zdalnym. Technologie rzeczywistości rozszerzonej (AR) i wirtualnej (VR) umożliwiają członkom zespołu wirtualne wizyty w modelu budynku, nad którym pracują. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe mają do odegrania ważną rolę w zwiększaniu możliwości wszystkich procesów — od automatyzacji planowania zakładów i konserwacji po zarządzanie jakością.

Chmura ma krytyczne znaczenie w umożliwianiu prostego, współdzielonego dostępu do olbrzymich ilości danych generowanych w ramach procesów planowania budynku; danych, które są przechowywane, a w razie potrzeby modyfikowane wraz ze zmianami w zakładzie, stanowiąc podstawę działań konserwacyjnych oraz umożliwiając łatwą przebudowę czy przeplanowanie. Dane dotyczące planowania muszą być odpowiednio zarządzane, aby zapewnić ich spójność i dostępność dla wszystkich zespołów i we wszystkich narzędziach.



## Zintegrowana komunikacja i współpraca to krytyczne elementy tych nowych rozwiązań, aby wszystkie zespoły miały dostęp do tego samego modelu fabryki udostępnianego w czasie rzeczywistym.

„Dla nas największe wyzwanie stanowił system zarządzania danymi”, mówi Ostermann. „System ten miał duży wpływ na nasz zakład, ponieważ w przeszłości zdarzało się, że znalezienie odpowiednich danych w odpowiednim czasie stanowiło trudność”. Przejście do uniwersalnych standardów danych, nad którym pracują różne organizacje i grupy branżowe, takie jak The Digital Twin Consortium oraz CESMII—The Smart Manufacturing Institute,<sup>4</sup> powinno dodatkowo zwiększyć płynność zarządzania danymi.

„Myślę, że ludzie zwyciężą (w tej bitwie o standardy), a firmy tworzące oprogramowanie udostępnią swoje dane strukturalne”, ocenia Breitenbach. „Możesz ich użyć w naszym oprogramowaniu lub w programach innych dostawców, dzięki temu samemu formatowi danych. Co więcej, taka wymiana danych nie będzie się wiązać z żadnymi stratami”.

Zintegrowana komunikacja i współpraca to krytyczne elementy tych nowych rozwiązań, aby wszystkie zespoły miały dostęp do tego samego modelu zakładu udostępnianego w czasie rzeczywistym. Ważne jest, aby komunikacja — na przykład wnioski o zmiany, prośby o informacje czy dyskusje — odbywała się w obrębie platform do współpracy celem zapewnienia, że informacje są zawsze aktualne i dostępne dla wszystkich, a każda wprowadzona zmiana jest stosownie udokumentowana.

„Nie można przecenić znaczenia nieustannej komunikacji wszystkich interesariuszy”, mówi Viessmann. „Aby podjąć odpowiednią decyzję, potrzebny jest właściwy kontekst i zrozumienie. Z mojego doświadczenia wynika, że sposób prowadzenia rozmów znacznie się zmienił. W przeszłości działy budowlane planowały budynek, a produkcja planowała własne procesy w tym budynku. Dziś uległo to zmianie; wiele budynków jest planowanych wokół procesów produkcyjnych. W oparciu o komunikację i symulacje osiągamy lepsze wyniki i wyższą wydajność”.

### Nowe podejście do planowania zakładów w XXI wieku

Dotrzymanie terminów i budżetu nie jest już jedynym standardem stosowanym do oceny projektów budowy zakładów. Dziś procesy planowania i budowy muszą być szybkie i dobrze zintegrowane, a także wspierać realizację celów z zakresu zrównoważonego rozwoju i Przemysłu 4.0. Oprócz realizacji tych celów zakład musi umożliwiać łatwe przystosowanie do zmian w przyszłości, a także ograniczać potrzeby związane z konserwacją oraz wywierania wpływu na środowisko.

Technologia to kluczowy czynnik pomagający producentom oraz ich partnerom ds. planowania i wytwarzania w rozbijaniu silosów odseparowanych narzędzi i danych oraz zwiększaniu współpracy celem osiągnięcia jeszcze płynniejszego i skuteczniejszego sposobu planowania i budowy zakładów przemysłowych. Ci popierający większą integrację narzędzi i danych — a także procesów i kultury niezbędnych do skutecznego przyjęcia tych narzędzi przez różne zespoły zajmujące się projektowaniem, budową i obsługą fabryk — z optymizmem patrzą na potencjał zintegrowanych modeli projektowania fabryk, które pozwolą ograniczać ryzyko, oszczędzać czas i pieniądze, a także tworzyć odporne, elastyczne zakłady produkcyjne zdolne do realizacji zmieniających się celów w przyszłości.

„Jestem przekonany, że proces planowania będzie stawał się jeszcze bardziej zintegrowany”, mówi Hoecherl. „Uważam też, że współpraca stanie się prostsza, nawet pomiędzy różnymi organizacjami partnerskimi. Platformy cyfrowe zapewniające dostęp do najświeższych informacji to klucz do płynnej koordynacji działań ekspertów z różnych dziedzin zaangażowanych w proces. W połączeniu z osiągnięciami w obszarze cyfrowych bliźniaków oraz symulacji zyskujemy rozwiązania, które oferują potencjał planowania przedprojektowego („front-end loading”, FEL) przy rozsądnych kosztach, a przez to ograniczają ryzyko przy wdrożeniu”.

#### Uwagi końcowe

- 1 Juniper Research, „Why Digital Twins Are Critical to the Industry”, czerwiec 2020 r. <https://www.juniperresearch.com/whitepapers/why-digital-twins-are-critical-to-the-industrial>.
- 2 Digital Twin Consortium, „The Definition of a Digital Twin”. <https://www.digitaltwinconsortium.org/hot-topics/the-definition-of-a-digital-twin.htm>.
- 3 Maria João Ribeirinho, Jan Mischke, Gernot Strube, Erik Sjödin, Jose Luis Blanco, Rob Palter, Jonas Biörck, David Rockhill oraz Timmy Andersson, „The Next Normal in Construction”, McKinsey & Co., czerwiec 2020 r. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20Construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
- 4 The Digital Twin Consortium oraz CESMII—The Smart Manufacturing Institute, „Digital Twin Consortium Announces a Liaison with CESMII—The Smart Manufacturing Institute”, listopad 2021 r. <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/11-02-21.htm>.





**Harvard  
Business  
Review**

ANALYTIC SERVICES

## O NAS

Harvard Business Review Analytic Services to niezależna jednostka badawcza przy Harvard Business Review Group, przeprowadzająca badania i analizy porównawcze istotnych wyzwań dotyczących zarządzania, a także pojawiających się szans biznesowych. Każdy raport publikowany jest w oparciu o wnioski z pierwotnych badań i analiz ilościowych i/lub jakościowych z założeniem dostarczenia informacji biznesowych oraz opinii z danej grupy rynkowej. Badania ilościowe przeprowadzane są z wykorzystaniem HBR Advisory Council, globalnego panelu badawczego HBR, natomiast badania jakościowe realizowane są z udziałem członków starszej kadry kierowniczej oraz ekspertów merytorycznych wchodzących w skład społeczności *Harvard Business Review*, jak i spoza niej. E-mail: [hbranalyticsservices@hbr.org](mailto:hbranalyticsservices@hbr.org).

**[hbr.org/hbr-analytic-services](https://hbr.org/hbr-analytic-services)**