

Whitepaper

Konserwacja predykcyjna

Innowacyjna strategia konserwacji pomaga zabezpieczyć firmę przed wyzwaniami przyszłości.

All parts of success



Streszczenie – Konserwacja predykcyjna zapewnia sprzedaż i sukces

Jako **małe lub średnie przedsiębiorstwo (MŚP)** działające w sektorze produkcyjnym doskonale wiesz, że nieplanowane przestoje oraz awarie techniczne maszyn i urządzeń mogą poważnie wpłynąć na wyniki finansowe firmy. Zatrzymanie linii produkcyjnej oraz brak możliwości wywiązania się z zobowiązań kontraktowych mogą skutkować roszczeniami, **karami finansowymi, a nawet utratą klientów**.

Dlatego dobrze utrzymane **maszyny i urządzenia** są **istotnym elementem**, jeśli chodzi o zabezpieczenie biznesu na przyszłe wyzwania. Firmy z branży produkcyjnej muszą wdrażać odpowiednie **strategie konserwacji**, aby ograniczać ryzyko przestojów i unikać nieplanowanych awarii oraz związanych z nimi dodatkowych kosztów.

Dotychczas strategie opierały się głównie na **wykonywaniu konserwacji w regularnych odstępach czasu**, a w razie potrzeby na bieżącym usuwaniu usterek. Obecnie zarówno duże korporacje, jak i małe i średnie przedsiębiorstwa wykorzystują najnowocześniejsze **czujniki, sprzęt diagnostyczny i sztuczną inteligencję** jako podstawę konserwacji prewencyjnej. Dzięki temu możliwe jest wczesne wykrywanie ukrytych problemów technicznych, które w przyszłości mogłyby doprowadzić do awarii i przestojów. W efekcie można uniknąć nieplanowanych zatrzymań produkcji i kosztownych napraw awaryjnych. Kluczowym pojęciem jest tu „konserwacja predykcyjna”.

W tym dokumencie przedstawiamy, w jaki sposób firma produkcyjna może wykorzystać możliwości, jakie niesie ze sobą cyfryzacja, do **opracowania strategii konserwacji zapobiegawczej i predykcyjnej**.

Spis treści

1. Konserwacja predykcyjna i naprawy w produkcji	4
Straty spowodowane przestojem linii produkcyjnej: Fakty i liczby	5
Przestój linii produkcyjnej jako czynnik generujący koszty	6
2. Krok 1: Od konserwacji reaktywnej do konserwacji zapobiegawczej	7
3. Krok 2: Konserwacja zapobiegawcza – planowanie zamiast działania po omacku	8
4. Krok 3: Konserwacja predykcyjna: Wykorzystanie danych w czasie rzeczywistym do optymalizacji prac konserwacyjnych	9
Konserwacja zapobiegawcza a konserwacja predykcyjna	9
Jak działa konserwacja predykcyjna?	10
Korzyści z konserwacji predykcyjnej	10
5. Konserwacja zapobiegawcza i predykcyjna – praktyczne podejście	12
Analiza drgań	13
Analiza termograficzna w podczerwieni	14
Monitorowanie obwodów	15
6. Dobre praktyki	17
7. Wnioski	18
Źródła	19

Konserwacja predykcyjna i naprawy w produkcji

Każdy nieplanowany przestój linii produkcyjnej generuje koszty. W najgorszym przypadku brak dostępnych części zamiennych na czas może oznaczać przestój trwający kilka dni, a nawet tygodni. Tymczasem wykrycie ukrytych usterek jeszcze przed awarią **pozwała wcześniej zamówić potrzebne komponenty** i zaplanować serwis w taki sposób, by nie przerywać lub jedynie minimalnie zakłócać ciągłość produkcji.

W przeszłości największym wyzwaniem był brak wglądu w to, co dzieje się wewnątrz maszyn. Urządzenia działały jak „czarne skrzynki” – użytkownicy nie byli w stanie wychwycić **sygnałów świadczących o zużyciu czy zbliżającej się awarii**. Zużycie materiału, uszkodzenia elementów czy inne objawy eksploatacji były wykrywane dopiero podczas zaplanowanych przeglądów technicznych lub po nagłej awarii sprzętu, która spowodowała zatrzymanie całej produkcji.

Obecnie technologia pozwala skutecznie zapobiegać takim sytuacjom. Dzięki czujnikom i nowoczesnym rozwiązaniom możliwe jest monitorowanie nawet najmniejszych zmian zachodzących wewnątrz urządzeń. Umożliwia to wymianę zużytych części, zanim spowodują przestój lub uszkodzą inne elementy maszyny. Co istotne, wiele z tych czujników można z powodzeniem zamontować także w starszych maszynach, które pierwotnie nie były przystosowane do rozwiązań cyfrowych.

Wdrożenie strategii konserwacji predykcyjnej oraz odpowiednich systemów monitorowania to inwestycja, która w dłuższej perspektywie przekłada się na realne oszczędności. Pozwala uniknąć nieplanowanych przestojów i jednocześnie wydłużyć żywotność urządzeń.

Z myślą o przyszłej konkurencyjności, każda **nowoczesna firma produkcyjna** powinna rozważyć odejście od tradycyjnego podejścia serwisowego na rzecz innowacyjnej, predykcyjnej strategii utrzymania ruchu. Nadszedł czas, aby opracować i wdrożyć system wczesnego wykrywania i zapobiegania awariom.

Straty spowodowane przestojem linii produkcyjnej: Fakty i liczby

80%

Czy wiesz, ile kosztuje Twoją firmę **jedna godzina nieplanowanego przestoju produkcji**? Jeśli tak, należysz do nielicznej grupy. Chociaż przestoje stanowią jedno z głównych źródeł strat w produkcji i mogą poważnie zagrozić działalności firmy, wiele przedsiębiorstw nie potrafi dokładnie oszacować kosztów, jakie ponoszą w każdej godzinie wstrzymania pracy. Według badania przeprowadzonego przez International Society of Automation (ISA), aż 80% przedsiębiorstw nie zna dokładnej wartości strat wynikających z przestojów produkcyjnych [1].



Wysokość strat związanych z przestojami zależy m.in. **od wielkości przedsiębiorstwa, branży oraz kosztów operacyjnych**. Często są one jednak znacznie zaniżane. Gdy naprawa awarii po zatrzymaniu maszyny lub instalacji trwa zbyt długo, wydatki rosną szybko. „Niektóre firmy notują roczne straty przekraczające pięć cyfr.” - wyjaśnia Jan Dornbach, inżynier ds. serwisu MRO [2].

50%

Badanie przeprowadzone przez Senseye wśród 56 dużych firm z sektora produkcyjnego ujawniło wzrost kosztów spowodowanych przestojami od 2020 roku. W 2022 r. **nieplanowane przestoje** okazały się o 50 procent droższe niż w latach 2019/20. Średnio przedsiębiorstwo traci 25 godzin produkcyjnych miesięcznie. Szczególnie dotkliwe skutki odczuwa branża motoryzacyjna.

11%

Zgodnie z badaniem Senseye, przedsiębiorstwa **tracą średnio około 11% rocznych przychodów** w wyniku przestojów linii produkcyjnych [3].

5%

Badanie przeprowadzone przez eMaint pokazuje, że przeciętna firma produkcyjna traci co najmniej **5 procent** swojej mocy produkcyjnych w wyniku przestojów. W wielu przypadkach strata sięga nawet 20%. Branże motoryzacyjna i przetwórstwa metali doświadczają najwięcej przestojów każdego roku [4].

Przestój linii produkcyjnej jako czynnik generujący koszty

Jak już wspomniano, każda minuta przestoju produkcji to realna strata finansowa. Przestój oznacza brak produkcji, a co za tym idzie, brak zysku, przy czym koszty stałe (takie jak płace personelu, utrzymanie obiektu itp.) muszą być ponoszone niezależnie od tego. Im dłużej trwa diagnoza problemu i oczekiwanie na części zamienne, tym większe są straty. Dodatkowo pojawiają się wydatki na naprawy i usuwanie awarii, które często okazują się znacznie wyższe niż pierwotnie zakładano.

Wynagrodzenia personelu i koszty serwisowe	Utracone możliwości sprzedażowe	Długi czas oczekiwania lub problemy z dostawą
Utrata reputacji	Nadgodziny pracowników	Reklamacje i roszczenia

Warto podkreślić, że większość nieplanowanych przestojów wynika z problemów związanych ze strukturą organizacyjną firmy.

Do najczęstszych należą:

- Brak przejrzystości w zakresie stanu technicznego maszyn i urządzeń
- Niewłaściwie zaplanowane lub niewystarczające harmonogramy serwisowe
- Brak wiedzy lub narzędzi prowadzący do nieodpowiedniej konserwacji
- Błędy popełniane przez pracowników
- Brak lub niska jakość dostępnych części zamiennych

Każde przedsiębiorstwo, a zwłaszcza z sektora MŚP, powinno uwzględniać powyższe czynniki przy kalkulacji rzeczywistych kosztów przestoju linii produkcyjnej. Sama analiza kosztów jednak nie wystarczy – konieczne jest skuteczne zapobieganie ich powstawaniu.

Podstawą działań jest inteligentna optymalizacja procesów konserwacyjnych i napraw.



Krok 1:

Od konserwacji reaktywnej do konserwacji zapobiegawczej

Wiele małych i średnich firm działających w sektorze produkcyjnym wciąż opiera codzienne działania konserwacyjne **na strategii reaktywnej**. Podejście to polega na interweniowaniu dopiero wtedy, gdy dojdzie do awarii maszyn lub linii produkcyjnych. Takie rozwiązanie miało sens w czasach, gdy technologia była mniej skomplikowana, usterki zdarzały się rzadziej, a ich usuwanie było stosunkowo proste. Co więcej, dawniej czujniki nie były tak precyzyjne jak dziś, a przetwarzanie danych nie było możliwe – pojawiło się dopiero wraz z nadejściem cyfryzacji.

W dzisiejszych czasach, biorąc pod uwagę coraz większą **złożoność sprzętu produkcyjnego** i ciągle cyfrowe połączenie maszyn, reaktywna konserwacja nie jest już najbardziej skuteczną i opłacalną strategią. Największą wadą jest brak możliwości planowania.

Strategie konserwacji reaktywnej nie pozwalają na przewidywanie awarii sprzętu. Najgorszym scenariuszem są przestoje, które zbiegają się z okresami pełnych zamówień lub niedoborów siły roboczej. Brak koordynacji pracy zespołu i opóźnienia w dostawach części zamiennych dodatkowo potęgują problemy, **zwiększając ogólne koszty operacyjne**. W przeciwieństwie do tego, konserwacja predykcyjna umożliwia planowanie działań z wyprzedzeniem, minimalizując ryzyko awarii i optymalizując wydatki.

Krok 2: Konserwacja zapobiegawcza – planowanie zamiast działania po omacku

Strategia konserwacji zapobiegawczej umożliwia firmom **proaktywne** zarządzanie infrastrukturą techniczną. Jej głównym celem jest przewidywanie potencjalnych usterek i planowanie działań serwisowych tak, aby ograniczyć ryzyko zatrzymania linii produkcyjnej. Wiąże się to z planowaniem i przeprowadzaniem prac konserwacyjnych w bardzo wydajny sposób, który również **zmniejsza prawdopodobieństwo** przestoju lub awarii sprzętu.

W porównaniu do konserwacji reaktywnej, metoda ta idzie w parze z **dużą redukcją kosztów**. Zgodnie z wytycznymi Industrial MRO, firmy są w stanie obniżyć koszty o około 12 do 18 procent, wdrażając strategię konserwacji zapobiegawczej [5].

Korzyści i założenia konserwacji zapobiegawczej

Oprócz ważnego aspektu, jakim jest **oszczędność pieniędzy**, konserwacja zapobiegawcza wiąże się z szeregiem innych korzyści, które obejmują:

- Wydłużenie okresu eksploatacji urządzeń
- Uniknięcie nieplanowanych przestojów i związanych z nimi strat finansowych oraz wizerunkowych
- Ograniczenie kosztów napraw
- Zwiększenie bezpieczeństwa i higieny pracy
- Lepsza koordynacja działań serwisowych
- Większa kontrola nad zasobami oraz niższe koszty magazynowania części zamiennych

Istnieją różne podejścia do planowania prac konserwacyjnych o charakterze prewencyjnym.

Metoda oparta na czasie koncentruje się na wykorzystaniu wewnętrznych danych firmy dotyczących wcześniejszych awarii sprzętu i przestojów linii produkcyjnej (średni czas między awariami – MTBF). Z kolei **metoda oparta na eksploatacji** uwzględnia cykl życia urządzeń, czyli ich łączny czas pracy oraz wynikające z niego zużycie.

Niezależnie od wybranej metody, ostatecznym celem jest opracowanie **planu konserwacji** określającego **cykliczne interwały**, w których należy przeprowadzać odpowiednie działania. Obejmuje to także **regularne przeglądy techniczne**. Zarządzanie całym procesem – od planowania, przez realizację zadań, aż po ocenę i optymalizację efektów – wspiera specjalistyczne oprogramowanie CMMS (Computerized Maintenance Management System).

Krok 3: Konserwacja predykcyjna: Wykorzystanie danych w czasie rzeczywistym do optymalizacji prac konserwacyjnych

Konserwacja zapobiegawcza a konserwacja predykcyjna

Konserwacja zapobiegawcza opiera się na kontrolach przeprowadzanych w regularnych odstępach czasu, niezależnie od faktycznego stanu maszyn i urządzeń. Inżynierowie serwisu wykonują swoją pracę zgodnie z obowiązującymi standardami i na podstawie historycznych danych serwisowych. W tym podejściu dogłębna znajomość sprzętu pozwala na ustalenie odpowiednich odstępów między przeglądami. Nawet najlepiej zoptymalizowane harmonogramy konserwacji zapobiegawczej pozostają jednak oparte na założeniach i są jedynie przybliżeniem rzeczywistości. To właśnie stanowi główne wyzwanie: zbyt wczesne przeprowadzenie prac serwisowych prowadzi do wyższych kosztów i niepotrzebnych przestojów, natomiast zbyt

długie odstępy zwiększają ryzyko zatrzymania linii produkcyjnej.

Strategie konserwacji predykcyjnej nie opierają się na szacunkach dotyczących całkowitego czasu pracy urządzeń ani wynikającego z tego zużycia. Zamiast tego wykorzystują dane w czasie rzeczywistym, aby precyzyjnie określić, kiedy należy przeprowadzić konserwację. Oznacza to, że naprawy wykonywane są dokładnie wtedy, gdy są potrzebne. Co więcej, czas przestojów jest średnio o 25–30% krótszy w porównaniu z innymi strategiami utrzymania ruchu [5]. Konserwacja predykcyjna pozwala uniknąć zarówno zbyt wczesnej wymiany części (co podnosi koszty serwisowe), jak i zbyt późnej interwencji, która może prowadzić do nieplanowanych przestojów.



Źródło: <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/industry-4-0/using-predictive-technologies-for-asset-maintenance.html>

Korzyści z konserwacji predykcyjnej



Mniej
wypadków związanych
z zatrudnieniem



Zoptymalizowane
planowanie zasobów



Dłuższy okres
eksploatacji sprzętu



Płynniejsza
produkcja



Niższe koszty
utrzymania



Mniej
przestojów

Jak działa konserwacja predykcyjna?

Ta strategia konserwacji wymaga wyposażenia maszyn i instalacji w cyfrowe czujniki, rejestratory danych oraz inne narzędzia analityczne, które umożliwiają pozyskiwanie istotnych informacji w czasie rzeczywistym. Następnie dane te są zapisywane i co najważniejsze analizowane.

W tym kontekście kluczową rolę odgrywa tzw. monitoring stanu technicznego, szczególnie w zakresie kontroli elektroniki urządzeń, a zwłaszcza parametrów elektrycznych, które ulegają zmianie lub zmieniają się powoli. Więcej informacji można znaleźć w naszym poradniku „Condition Monitoring: Ciągłe monitorowanie stanu maszyn i instalacji”.

Ilość danych gromadzonych w tym procesie jest ogromna, dlatego wykorzystywane są dodatkowo **technologie**, w tym **sztuczna inteligencja (AI)** i uczenie maszynowe (ML). Obliczają one prawdopodobieństwo przestoju przy użyciu dostępnych danych przekazywanych przez czujniki. W przypadku anomalii, takiej jak niewielka zmiana wzorców wibracji wewnątrz maszyny, inżynierowie serwisu otrzymują **ostrzeżenie** i to na długo przed awarią sprzętu.

Kolejną **zaletą tych metod** jest możliwość natychmiastowego zlokalizowania problemu lub zużycia. Oznacza to, że jest wystarczająco dużo czasu na naprawę lub wymianę komponentów, **zanim sprzęt ulegnie awarii**. Co więcej, sprawiają one, że regularne prace konserwacyjne, które są kosztowne okazują się w dłuższej perspektywie zbędne.

Wiele firm zdaje sobie sprawę z ogromnych korzyści, jakie zapewnia strategia konserwacji predykcyjnej. Ankieta przeprowadzona przez BearingPoint pokazuje, że **75%** firm biorących udział w badaniu przygląda się tej strategii, a 33% przeprowadziło już pilotaże. Niemniej jednak, wciąż pozostaje wiele do nadrobienia. Od 2017 roku coraz więcej firm korzysta z pewnej formy **konserwacji predykcyjnej**, jednak tylko **4 procent** z nich uważa, że w pełni wykorzystuje jej potencjał.

Wszyscy są jednak zgodni co do tego, że inwestycja się opłaca. Zrealizowane już projekty zaowocowały **redukcją kosztów** o ponad 10 procent, zapobiegając awariom sprzętu i przestojom w produkcji [6]. Boston Consulting Group szacuje, że spadek **nieplanowanych przestoju** spowodowanych konserwacją predykcyjną oraz wykorzystaniem nauki o danych i sztucznej inteligencji wynosi nawet od **20 do 40 procent**, zmniejszając ogólne koszty eksploatacji o 10 procent [7].



Konserwacja zapobiegawcza i predykcyjna – praktyczne podejście

Prawie wszystkie firmy produkcyjne muszą monitorować istotne części maszyn i urządzeń. W tym celu większość przedsiębiorstw wykorzystuje analizę drgań, obrazowanie w podczerwieni i monitorowanie obwodów.

Analiza drgań

To właśnie ruchome części **silników, pomp i przekładni** są głównym celem, jeśli chodzi o zapobieganie awariom sprzętu. Oznacza to, że monitorowanie ich stanu za pomocą analizy drgań ma ogromne znaczenie.

Proces ten polega na pomiarze i ocenie oscylacji generowanych przez maszyny lub ich elementy. Uzyskane dane porównuje się z wzorcem prawidłowej pracy. Każde **odchylenie** od normy może wskazywać na potencjalne problemy, takie jak niewyważenie, błędy w osiowaniu, zużycie mechaniczne czy nadmierne tarcie. Takie nieprawidłowości, jeśli pozostaną niezauważone, mogą prowadzić do spadku wydajności lub awarii. Dzięki analizie drgań można je **szybko wykryć i wyeliminować**.

Przeprowadzenie analizy drgań wymaga użycia **wibrometru**. Testery drgań to niezawodne i bardzo czułe urządzenia pomiarowe. Dzięki **magnetycznej podstawie** można je łatwo przymocować nawet w trudno dostępnych miejscach o ograniczonej przestrzeni. Przyrządy te dokonują bardzo dokładnych odczytów wzorców drgań i natychmiast wyświetlają **wyniki** na **wbudowanym ekranie**.

Przykładowe mierniki drgań znajdziesz na stronie:

conrad.pl/pl/o/wibrometry-1114016.html



Miernik drgań
Voltcraft VBM-85

Analiza termograficzna w podczerwieni

Kolejnym istotnym obszarem konserwacji zapobiegawczej i predykcyjnej jest **monitorowanie temperatury elementów urządzeń**. W tym celu stosuje się termografię lub spektroskopię w podczerwieni. W przypadku elementów ruchomych preferowaną metodą jest termografia w podczerwieni, która umożliwia wykrycie zwiększonego tarcia w łożyskach i przegubach na długo przed ich awarią.

Analiza termograficzna w podczerwieni wskazuje, kiedy warto zaplanować szczegółową inspekcję lub podjąć działania konserwacyjne. Sprawdza się w wielu typach urządzeń – pod warunkiem, że **badane komponenty generują odpowiednią ilość ciepła**. Dodatkowym atutem tej technologii jest **bezkontaktowy sposób pomiaru**, który zwiększa bezpieczeństwo pracy serwisantów.

Termografia IR wykorzystuje kamery termowizyjne z wbudowanymi ekranami, które wyświetlają gorące punkty temperatury w zakresie **od -20 do +500**, a niektóre modele nawet do +600 °C. W przypadku tak wysokich temperatur warto archiwizować obrazy zarejestrowane przez kamerę oraz odpowiadające im wartości temperatur.

Umożliwia to porównanie **aktualnego stanu** z wcześniejszymi danymi, co zwiększa wiarygodność przeprowadzanej analizy.

Przykłady wysokiej jakości kamer termowizyjnych dostępne są na stronie:
conrad.pl/pl/o/kamery-termowizyjne-0510037.html



Kamera termowizyjna
Testo 868s

Monitorowanie obwodów

Nieprzerwane monitorowanie obwodów elektrycznych ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia ciągłej pracy maszyn oraz instalacji przemysłowych. W przeciwnym razie może dojść do uszkodzeń spowodowanych skokami napięcia i zwarciami. Skutecznym rozwiązaniem zabezpieczającym przed tego typu zagrożeniami są wyłączniki różnicowoprądowe (RCCB), które w razie wykrycia nieprawidłowości automatycznie odłączają zasilanie wadliwego obwodu.

Nowoczesne wyłączniki RCCB z funkcjami komunikacyjnymi nieustannie analizują parametry pracy urządzeń i instalacji, natychmiast **informując personel techniczny** o przekroczeniu ustawionych progów prądowych lub mocy. Dzięki temu możliwa jest natychmiastowa reak-

cja – zarówno w postaci działań kontrolnych, jak i konserwacyjnych. Dodatkowo urządzenia te umożliwiają precyzyjne sterowanie zasilaniem poszczególnych odbiorników, co znacząco podnosi dostępność całej instalacji. W praktyce przekłada się to na pełną transparentność działania – aż po najdalszy obwód.

Wyłączniki RCCB z funkcją komunikacji oraz zintegrowanym monitoringiem prądu różnicowego stanowią fundament efektywnego nadzoru nad instalacją elektryczną. Urządzenia te bezprzewodowo łączą się z przekaźnikiem danych Powercenter 1000, który gromadzi informacje i przekazuje je dalej – do komputera, urządzeń mobilnych lub systemów IoT.

Przykłady transceiverów danych i wyłączników (RCCB)



Siemens
7KN1110-OMC00
Powercenter 1000



Siemens
5SL6016-6MC
Miniaturowy
wyłącznik
automatyczny
5SL6 COM



Siemens
5SL6016-6MF
Miniaturowy
wyłącznik
automatyczny
5SL6 COM RCM*



Siemens
5SV6016-6MC16
Wyłącznik
przeciwpożarowy
5SV6 COM

Metody monitorowania obwodów

Alerty po przekroczeniu limitów

Zapobieganie awariom poprzez podejmowanie wczesnych działań

Pomiar natężenia prądu, napięcia, częstotliwości sieciowej i temperatury

Wykrywanie usterek na poziomie obwodów końcowych

Wbudowany licznik cykli, licznik godzin pracy i licznik prądów

Planowa wymiana wyłączników różnicowoprądowych (RCCB)

Planowane wyłączenie a wyłączenie wyzwolone awarią

Umożliwia ukierunkowaną i efektywną diagnostykę

Pomiar prądu, energii i mocy

Szczegółowa analiza zużycia energii od źródła zasilania do obwodów końcowych

Pomiar prądów różnicowych w szerokim zakresie częstotliwości

Wczesne wykrywanie i zapobieganie przestojom oraz awariom

Funkcja zdalnego włączania zasilania

Ustawienia automatycznego włączania zasilania zgodne z preferencjami użytkownika

Testowanie wyłączników różnicowoprądowych i rezystancji izolacji

Rozbudowane funkcje automatycznego testowania i dokumentowania z możliwością planowania

Dobre praktyki

Początkowo wdrożenie lub przejście na konserwację predykcyjną stanowi poważne wyzwanie dla wielu firm. Wiele producentów nie wie, od czego zacząć ani jakie kroki podjąć, aby w pełni wykorzystać potencjał tej strategii utrzymania ruchu. Poniżej znajdziesz kilka sprawdzonych praktyk, które pomogą dopasować rozwiązania do potrzeb Twojej firmy.



Planowanie projektu

Podobnie jak w przypadku każdego innego **wdrożenia nowej technologii**, rozwiązania konserwacji predykcyjnej wymagają szczegółowego **projektu i planu działania**. Plan ten określa dokładne cele w sposób konkretny, mierzalny, osiągalny, istotny i określony w czasie (metoda SMART). Co więcej, bieżąca analiza postępów (Controlling) pomaga pracownikom zapoznać się z nowymi procedurami i krok po kroku zdobywać nowe umiejętności.



Zacznij od małej skali

Zamiast wdrażać rozwiązania z zakresu konserwacji predykcyjnej oparte na sztucznej inteligencji w całym przedsiębiorstwie, zacznij od **pilotażowych projektów na mniejszą skalę**. **Najłatwiejszym sposobem** na to jest wybranie **jednego lub dwóch urządzeń, które naprawdę nadają się do takiej konfiguracji**. Dzięki temu zyskasz cenne informacje oraz praktyczne doświadczenie.



Rozwijaj i skaluj wdrożenie

Gdy projekty pilotażowe działają sprawnie, czas przejść do **kolejnych etapów wdrażania**. Dobrą wiadomością jest to, że rozwiązania z zakresu konserwacji predykcyjnej są skalowalne. Oznacza to, że firma, która zaczęła od jednego lub dwóch połączonych ze sobą urządzeń, może w ciągu **sześciu lub dwunastu miesięcy** przekształcić się w nowoczesny, inteligentny zakład produkcyjny.



→ Wnioski

Dla małych i średnich przedsiębiorstw działających w sektorze produkcyjnym, usprawnienie strategii utrzymania ruchu ma zasadnicze znaczenie dla utrzymania konkurencyjności i zdolności adaptacyjnych. Tradycyjne podejścia, takie jak konserwacja reaktywna, nie sprawdzają się w nowoczesnych, złożonych i silnie zintegrowanych systemach produkcyjnych, a dodatkowo generują niepotrzebne koszty.

Wdrożenie nowej strategii oznacza dla firm konieczność stawienia czoła kolejnym wyzwaniom. Jednak zignorowanie potrzeby zmian niesie znacznie poważniejsze konsekwencje. Cyfryzacja już dziś stanowi fundament rozwoju. Tylko inwestycja w inteligentne podejście do utrzymania ruchu już teraz zapewni, że Twoja firma będzie gotowa na przyszłość i pozostanie konkurencyjna.

Jeśli nie chcesz zostać w tyle, poniżej przedstawiamy zestaw kluczowych komponentów oraz sposób ich wykorzystania, które ułatwią Ci rozpoczęcie transformacji:

- Wszystko, czego potrzebujesz do utrzymania ruchu, produkcji i bezpieczeństwa:
[Prognozy, działania, korzyści – przegląd](#)
- Przyrządy pomiarowe, testery środowiskowe, sprzęt diagnostyczny i wiele więcej:
[Zastosowanie konserwacji predykcyjnej w praktyce](#)
- Jakość produkcji:
[Nic nie działa bez odpowiedniego wyposażenia podstawowego](#)

Źródła

- [1] ISA: How Much Is Plant or Facility Downtime Costing You?
<https://blog.isa.org/downtime-factory-plant-industrial-costs-risks>

- [2] LokalPlus: „Jede Stunde Maschinenstillstand kostet ein Unternehmen bares Geld,„
<https://www.lokalplus.nrw/olpe/jede-stunde-maschinenstillstand-kostet-ein-unternehmen-bares-geld-51439>

- [3] Siemens: SENSEYE PREDICTIVE MAINTENANCE - The True Cost of Downtime 2022
<https://www.lokalplus.nrw/olpe/jede-stunde-maschinenstillstand-kostet-ein-unternehmen-bares-geld-51439>

- [4] eMaint: Kosten von Ausfallzeiten in der verarbeitenden Industrie
https://www.emaint.com/de/works/manufacturing_downtime_infographic/#:~:text=Tats%C3%A4chlich%20verliert%20fast%20jede%20Fabrik,Produktion%2C%20Umsatzerwartungen%2C%20Engp%C3%A4sse%20und%20mehr

- [5] Industrial Production: Prädiktive oder präventive Wartung?
<https://www.industrial-production.de/instandhaltung/praediktive-oder--praeventive-wartung-.htm>

- [6] BearingPoint: Predictive Maintenance Studie 2021
<https://www.bearingpoint.com/de-de/insights-events/insights/chancen-und-herausforderungen-von-predictive-maintenance-in-der-industrie/>

- [7] Boston Consulting Group: Charting AI's Successful Course in Predictive Maintenance
<https://www.bcg.com/publications/2023/predictive-maintenance-in-manufacturing>