

## Wskaźnik OEE

Nikogo nie trzeba chyba przekonywać jak ważna jest efektywność produkcji i jak ważne jest efektywne wykorzystanie zasobów – w tym maszyn i urządzeń. Aby jednak tego dokonać musimy jakoś tę efektywność zmierzyć lub policzyć. W tym celu wymyślono wskaźnik OEE.

Wskaźnik OEE - Wskaźnik Wykorzystania Wyposażenia (Overall Equipment Effectiveness) jest wskaźnikiem określającym efektywność wykorzystania maszyn i urządzeń. Jego ideą jest porównywanie wykorzystania maszyny do wykorzystania idealnego czyli do sytuacji gdy produkcja i jej przygotowanie prowadzone są zgodnie z planem.

Wskaźnik OEE jest wypadkową trzech wskaźników:

- **Dostępność** - Stosunek czasu zaplanowanego na realizację zadania do czasu który w rzeczywistości możemy na to zadanie poświęcić. Dostępność obniżana jest przez awarie i zależnie od przyjętej metody przez przebranie.
- **Wykorzystanie** – Stosunek czasu dostępnego do rzeczywistej pracy. Dostępność jest zaniżana przez straty prędkości wykonywania operacji. Inaczej mówiąc – skoro maszyna miała pewną pulę czasu na pracę to powinna przez te czas wyprodukować pewną ilość produktu – wskaźnik wykorzystania pokazuje nam na ile to się udało.
- **Jakość** – Stosunek ilości dobrych i wadliwych produktów.

$$OEE = \text{Dostępność} \times \text{Wykorzystanie} \times \text{Jakość}$$

Całkowity czas produkcji			
Czas operacyjny			Planowane postoje
Dostępność		Awaryje	
Wykorzystanie		Strata wydajności	
Jakość	Strata jakości	STRATY	

Do tego dodajemy całkowity czas produkcji czyli czas zaplanowany łącznie z wszystkimi planowanymi postojami i rzeczywisty czas produkcji czyli czas na produkcję po odjęciu czasu planowanych przerw.

Graficzna prezentacja idei wskaźnika OEE

Tyle teoria. W praktyce na jakość wskaźnika OEE wpływ ma wiele czynników - przede wszystkim podstawa czasu. Na ogół, według podręczników OEE wylicza się przyjmując za podstawę 8 godzin. Ni jak się to ma do rzeczywistości – w praktyce albo produkujemy kilka serii na zmianę albo jedna seria produkowana jest przez kilka zmian. Ponadto różne osoby różnie interpretują czas poświęcony na przebranie – czy jest on planowanym przestojem czy powinien wchodzić w pulę strat. Błędne jest też często spotykane przeświadczenie że 100% to praca 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu 31 dni w miesiącu. Wydajność 100% osiągniemy gdy w założonym czasie przeznaczonym na produkcję uzyskamy założoną wydajność i nie będziemy mieli strat w postaci np. awarii.

## Policzmy więc wskaźnik OEE

Najpierw zdefiniować musimy czas dla którego będziemy wyznaczali wskaźniki. Może to być wspomniane wyżej podręcznikowe osiem godzin ale może to też być np. czas od rozpoczęcia danej serii albo czas jaki minął od początku miesiąca itd. Czas ten będziemy nazywać CZASEM ZAMÓWIONYM bo w rzeczywistości planując produkcję musimy „zamówić” jakiś fizyczny czas na wykonanie danej partii. I wcale nie oznacza to że przez cały ten czas będziemy produkowali – mówimy: produkowaliśmy tę partię od czwartku od 17 do wtorku do 12. No ale niedziela była wolna.

Mamy więc czas zamówiony ale jak powiedzieliśmy – nie cały ten czas poświęcony jest na produkcję. Czas zamówiony zwany jest też często całkowitym czasem produkcji. Następnie wyznaczamy CZAS OPERACYJNY zwany też planowanym czasem produkcji. Wyznaczamy go odejmując od czasu zamówionego czas planowanych postojów. Od godziny 17 w czwartek do godziny 12 we wtorek mamy 113 godzin i to jest nasz czas zamówiony. Pracujemy w systemie trzy zmianowym ale w sobotę pracowała tylko 1 zmiana a niedziela była wolna. Mieliśmy więc  $24 \times 16 = 40$  godzin planowanego postoju. No i mamy jeszcze przerwy na posiłki – powiedzmy że w sumie była to jedna godzina. Więc nasz czas operacyjny wynosi  $113 - 40 - 1 = 72$  godziny.

Następnym składnikiem jest DOSTĘPNOŚĆ czyli czas przez który maszyna była dostępna, czyli mogliśmy na niej cokolwiek wyprodukować. Dostępność maszyny ograniczają dwa składniki: awarie i przebranie. No i dochodzimy tu do najbardziej kontrowersyjnej części wyliczania wskaźnika OEE. Czy przebranie maszyny czyli przygotowanie jej do produkcji (zmiana narzędzi, form, oprogramowania, ustawień) jest stratą czy nie jest? Jedni twierdzą że jest stratą bo OEE ma pokazywać proporcje do całkowitego czasu. No ale przecież nie da się zmienić produktu bez zmiany ustawień maszyn – trzeba to zrobić i koniec. Inni z kolei twierdzą że właśnie dla tego że przebranie jest nieuchronne to stratą nie jest. Jak jest naprawdę? Przeanalizujmy prosty przykład – mamy dwie identyczne linie, każda z nich potrzebuje 10 godzin na zmianę asortymentu. Pierwsza przez miesiąc była przestawiana 7 razy druga 40 razy. A więc pierwsza maszyna z całą pewnością wyprodukowała więcej produktu. Czy powiemy więc że pierwsza produkowała wydajniej od drugiej? Przecież druga realizowała plan produkcji tak samo dobrze jak pierwsza. A że wyprodukowała mniej produktu? No przecież tak jej pracę zaplanowaliśmy – wielokrotność zmian asortymentu jeśli jest stratą to obciąża raczej planowanie a nie produkcję.

Dlatego należy przyjąć że przebranie jest stratą ale tylko i wyłącznie ten czas który niepotrzebnie przedłużył ów proces. Innymi słowy określamy czas optymalny dla przebrania – np. 10 godzin i jeśli się w nim zmieścimy to nie jest on stratą.

Dlatego odliczamy od czasu operacyjnego 10 godzin na przebranie – mamy więc czas operacyjny  $72 - 10 = 62$  godziny. Dla naszego przykładu przyjmijmy że w sumie mieliśmy 3 godziny awarii. I że w rzeczywistości przebranie trwało nie 10 a 12 godzin. Dostępność naszej maszyny policzymy więc jako czas operacyjny odjął czas awarii odjął utracony czas przebrania czyli  $\text{czas dostępny} = 62 - 3 - 2 = 57$  godzin. Dostępność w procentach wynosi  $(57 \times 100) / 62 = 91.9\%$

Mamy więc przez 57 godzin dostępną maszynę i zgodnie z naszymi wyliczeniami przez taki czas powinna efektywnie pracować. Ale rzeczywistość jest daleka od ideału – podczas pracy maszyny mamy do czynienia z wieloma czynnikami zakłócającymi ich pracę: spadki szybkości, chwilowe zatrzymania, uzupełnianie surowca. Istnieje wiele czynników które powodują że maszyna nie wykorzystuje w pełni swoich możliwości. Czyli nie jesteśmy w stanie jej w pełni wykorzystać. No i mamy kolejny składnik współczynnika OEE – WYKORZYSTANIE. Wykorzystanie to czas dostępny pomniejszony o czas strat wynikających ze spadków wydajności. Podręcznikowo stratę tę liczymy w ten sposób że określamy czas na wyprodukowanie 1 sztuki produktu i mnożymy przez ich ilość.

Na potrzeby naszego przykładu przyjmijmy że czas potrzebny na wykonanie 1 produktu wynosi 10 sekund i że przez 57 godzin wyprodukowano 18500 sztuk (łącznie z brakami!). Wedle technologii czas potrzebny na wyprodukowanie 18500 sztuk wynosi  $18500 \times 10s = 43.8$  godziny. Zatem gdzieś nam „uciekło” 13.2 godziny. Wykorzystanie wynosi więc  $(43.8 \times 100) / 57 = 76.8\%$

Napisano wyżej że maszyna wykonała 18500 sztuk wyrobu wraz z brakami. Zamówienie natomiast opiewało na 18000szt. Czyli wyprodukowano 500 wadliwych sztuk. Czyli maszyna musiała poświęcić czas na „doprodukowanie” tych brakujących sztuk. Aby więc obraz sytuacji był jasny wprowadzamy następujący składnik: JAKOŚĆ. Jakość to stosunek wyrobów dobrych do wadliwych czyli w naszym przykładzie  $(18000 \times 100) / 18500 = 97.2\%$

Mamy więc wyliczone procentowe wartości składników więc wyliczmy OEE:

Współczynnik OEE = Dostępność x Wykorzystanie x Jakość czyli dla powyższych danych:

$OEE = 91.9\% \times 76.8\% \times 97.2\% = ((91.9/100) \times (76.8/100) \times (97.2/100)) \times 100 = 68.6\%$

Podsumujmy nasz przykład

- Czas zamówiony: 113 godzin - tyle czasu minęło od rozpoczęcia do zakończenia badanego procesu produkcyjnego
- Czas operacyjny: 62 godziny – czas pomniejszony o planowane postoje które nie są stratą i pomniejszony o zaplanowany czas przebrojenia maszyny który też nie jest stratą.
- Dostępność: 91.9% (57 godzin) – od czasu operacyjnego odejmujemy czas awarii który jest stratą oraz czas o który przekroczono czas przebrojenia który też jest stratą.
- Wykorzystanie: 76.8% - utracono 13.2 godziny z czasu dostępności maszyny na skutek spowolnienia jej pracy albo co ważne na skutek błędnego założenia czasu potrzebnego na realizację zlecenia np. przyjęcie w planowaniu katalogowej a nie rzeczywistej wydajności maszyny.
- Jakość: 97.2% - wyprodukowano 500 wadliwych sztuk produktu. Pomijamy w naszym przykładzie od straty surowca – nie tym się tutaj zajmujemy. Ale skoro zabrakło nam 500 sztuk to musimy je dodatkowo wyprodukować na co trzeba poświęcić dodatkowe 1.36 godziny.
- OEE: 68.6% - oznacza że nasza maszyna przepracowała efektywnie 68.6% czasu który mogła by przepracować gdyby wszystko odbywało się zgodnie z planem produkcyjnym, nie było awarii, przebranie wykonane było w planowanym czasie a maszyna pracowała idealnie bez żadnych strat wydajności.

### Praktyczna wartość współczynnika OEE

Wartość współczynnika OEE jest ściśle zależna od pracy maszyn ale jego wartość nominalna zależy od metod obliczeniowych i procedur pozyskiwania danych. Powiedzenie że zakład A ma lepszą wydajność bo ma lepszy o 5% wskaźnik OEE niż zakład B jest prawdziwe tylko i wyłącznie jeśli specyfika produkcji i metody obliczeniowe są identyczne – a to się w przyrodzie nie zdarza.

Dlatego należy traktować OEE jako wskaźnik wewnętrzny – jako jedno liczbowy wskaźnik pozwalający oszacować poprawę lub pogorszenie sytuacji w porównaniu do sytuacji z innego okresu na tej samej linii produkcyjnej, maszynie lub grupie maszyn.

Tak jak praktyczna wartość wskaźnika OEE jest dyskusyjna bo często oddaje rzeczywistość w sposób niejasny tak jego składniki są bardzo ale to bardzo cenne. Gruntowna analiza dostępności, wykorzystania i jakości a także czasu operacyjnego daje nam pełny i rzeczywisty obraz sytuacji.

### Metody pomiaru

Metod pomiaru jest wiele. Najprostsza i najbardziej popularna a jednocześnie najmniej efektywna metoda to wypełnianie arkuszy strat gdzie zakłada się jako czas zamówiony 8 godzin a pracownicy wpisują poszczególne wartości postojów, przestojów itd. Potem ktoś to zlicza, wpisuje do jakiegoś arkusza, robi wykresy etc. Niestety metoda taka jest obciążona trzema podstawowymi wadami: o pierwszej już wspominałem – 8 godzin podstawy czasu ni jak się nie ma do rzeczywistości. Druga wada to rzetelność takiej metody, jak to się mówi: papier jest cierpliwy. Trzecia wada to fakt że niezmiernie rzadko zestawienia z tak prowadzonych zapisów robione są na bieżąco. Najczęściej jest to raport robiony raz na miesiąc. Problem polega na tym że informacja o takiej to a takiej efektywności w skali miesiąca jest mało użyteczna. Jeżeli z obserwacji pracy maszyny wyszło nam że „upłynęły” nam się dwie godziny teraz, czyli dzisiaj, ewentualnie wczoraj wieczorem to jesteśmy w stanie dojść do przyczyn tej straty – choćby przez wywiad z operatorem czy ogląd zapisów z telewizji przemysłowej. Jednak informacja że w ubiegłym miesiącu straciliśmy 18 godzin nie ma większej praktycznej wartości bo nie dojdziemy powodów tej straty. Aby poprawić efektywność trzeba to robić ciągle, ustawicznie, godzinę po godzinie, dzień po dniu lokalizować źródła strat i je usuwać. Raport stworzony raz na miesiąc można sobie co najwyżej powiesić na korkowej tablicy żeby tam ładnie wyglądał.

Dostępne też są programy do zbierania informacji gdzie dane wpisywane są do stosownych formularzy a program przetwarza je na bieżąco. Jest to rozwiązanie dużo wygodniejsze ale nadal obciążone niebezpieczeństwem wpisywania cokolwiek „niepokładnych” danych.

Idealnie więc byłoby mieć takie „coś” co będzie samo obserwowało pracę maszyn i będzie „wiedziało” co się dzieje aby samodzielnie wyliczyć OEE i jego składniki. Takie „coś” istnieje – to systemy MES (Manufacturing Execution System) czyli w wolnym tłumaczeniu systemy kontroli wykonania produkcji. Systemy takie importują dane z systemów SCADA (systemy do wizualizacji pracy maszyn i instalacji przemysłowych) dzięki czemu wiedzą jak pracuje dana linia oraz dane z systemów ERP (Planowanie produkcji) dzięki czemu wiedzą co robione być powinno.

System MES powinien być marzeniem każdego szefa produkcji ale niestety dla większości marzeniem pozostanie – oprogramowanie MES to dobre auto ale żeby jeździć wymaga jeszcze lepszych autostrad. Same licencje takowego oprogramowania drogie nie są ale ich wdrożenie oznacza konieczność integracji wielu systemów IT i automatyki co wiąże się z bardzo dużymi kosztami, wymaga bardzo dużo czasu, zaangażowania ze strony inwestora. Często wdrożenie takiego systemu nie jest możliwe w akceptowalnym zakresie kosztów.

Jest jednak pewien prosty i niedrogi system który można zakwalifikować do systemów MES a który jest samodzielnym systemem nie wymagającym integracji z innym oprogramowaniem. Jest to nasz system Golem OEE który śledzi pracę maszyn za pomocą sygnałów pobranych z maszyn podłączonych do koncentratora wejść. Operator maszyny za pomocą programu - terminala ustawia odpowiedni status – czyli stan w jakim znajduje się wybrana maszyna (postój, awaria, przebranie, praca etc.) oraz informuje jaka seria (zlecenie) na danej maszynie jest realizowana. Dzięki temu program wie co robi dana maszyna albo dla czego nic w danej chwili nie robi a kilka wprowadzonych parametrów wystarcza do dokładnego opisu stanu aktualnego i historii pracy no i wyliczenia OEE dla dowolnego okresu czasu lub dla wybranej serii / zlecenia.

Jedną z cech systemu Golem jest to że wszystko dzieje się w czasie rzeczywistym – kiedy operator zmieni status maszyny na awarię to czas awarii jest liczony od tego momentu do chwili gdy zmieni status ponownie na pracę. Nie ma żadnej możliwości wpisywania nierzetelnych danych a czas jest dokładnością co do sekundy liczy komputer a nie człowiek.

Golem OEE dzięki temu że pracuje w czasie rzeczywistym i podaje wskaźniki takie jakimi są TERAZ nadaje się idealnie do ciągłego, ustawicznego śledzenia produkcji bo tylko natychmiastowa reakcja na wszelkie zaniżenia wskaźników daje szansę na zlokalizowanie ich faktycznych przyczyn. A musimy pamiętać że wyznaczanie wskaźników nie jest sztuką dla sztuki, że ma ściśle określony cel o którym czasami zdaje się nam zapominać.