

Mieczysław JAGODZIŃSKI, Jolanta KRYSTEK
Politechnika Śląska

WYBRANE ASPEKTY PLANOWANIA POTRZEB MATERIAŁOWYCH NAPĘDZANEGO POPYTEM W ZINTEGROWANYM SYSTEMIE INFORMATYCZNYM IFS APPLICATIONS

Streszczenie. Artykuł dotyczy wybranych aspektów metody Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) w zintegrowanym systemie informatycznym IFS Applications. Metoda ta służy do sterowania popytem w przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz do planowania i realizacji procesów biznesowych w produkcji, dystrybucji i zapasach. Kluczowym czynnikiem realizacji tej metody jest utworzenie i rozmieszczenie w odpowiednich miejscach buforów zapasów. Dobór umiejscowienia buforów jest zależny od procesu produkcji oraz od występujących ograniczeń. DDMRP korzysta z Planowania Potrzeb Materiałowych (MRP) oraz elementów Lean wraz z Teorią Ograniczeń. Artykuł ma charakter poglądowy.

SELECTED ASPECTS OF THE DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING IN THE IFS APPLICATIONS INTEGRATED IT SYSTEM

Summary. The paper concerns selected aspects of the DDMRP (Demand Driven Material Requirements Planning) method in the IFS Applications integrated IT system. This method is used to control demand in a manufacturing company and to plan and execute business processes in production, distribution and inventory. A key factor in implementing this method is the creation and placement of inventory buffers in the appropriate locations. The selection of the location of the buffers depends on the production process and the existing limitations. DDMRP uses Material Requirements Planning (MRP) and Lean elements together with The Theory of Constraints. The article is for reference only.

1. Wprowadzenie

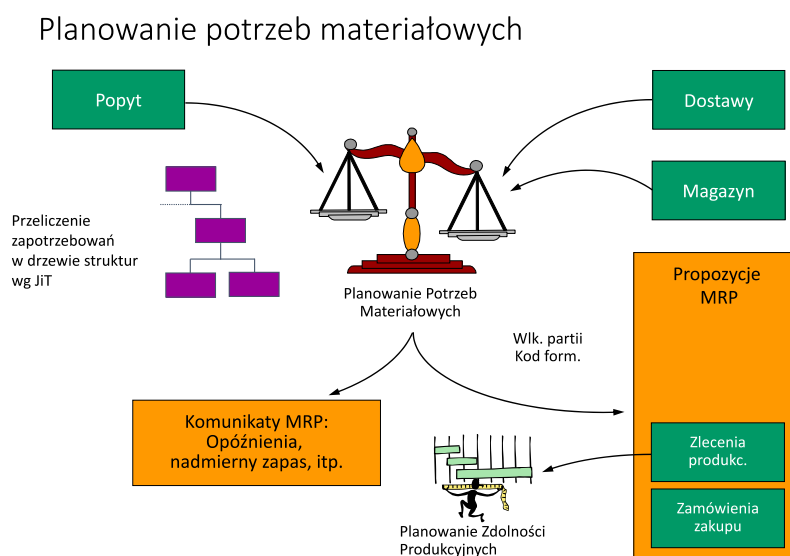
Problemy planowania i harmonogramowania produkcji są bardzo istotne w działalności każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Związane są one z wyznaczaniem planów produkcyjnych, opartych na prognozach popytu i zamówieniach klienta w przypadku występujących w systemie produkcyjnym ograniczeń. Niezależnie od typu produkcji zawsze powstaje problem wyznaczenia takiego rozdziału w czasie dostępnych zasobów produkcyjnych, który zapewni zaspokojenie zapotrzebowania na produkowane

wyroby, przy wykorzystaniu dostępnych zasobów. Często należy dokonać wyboru pomiędzy kosztami związanymi z procesem produkcji, a dotrzymaniem terminów realizacji zamówień klienta. W zarządzaniu produkcją mamy do czynienia z decyzjami podejmowanymi w fazie projektowania struktury produkcji oraz struktury systemu produkcyjnego. Im niższy jest poziom struktury funkcjonalnej tym bardziej szczegółowe są wymagane decyzje systemu. Odpowiadają one na pytania: co wytwarzać?, jak produkować?, gdzie?, kiedy?, w jakich ilościach?. Podejmowane są również decyzje dotyczące zarządzania zapasami oraz planowania potrzeb materiałowych czyli odpowiadające na pytanie: czym wytwarzać?. Proces produkcji w przedsiębiorstwie produkcyjnym wygodnie jest rozpatrywać jako przepływ materiałów przez system produkcyjny, w trakcie którego materiały z zaopatrzenia są stopniowo przetwarzane na produkty finalne. Planowanie potrzeb materiałowych, które oparte jest na bilansie materiałowym, wymaga zdefiniowania struktury wyrobu, informacji o stanach magazynowych, wielkości produkcji w toku i planie produkcji. Stosowanie w przedsiębiorstwach produkcyjnych systemów wspomaganie zarządzania produkcją klasy MRPII/ERP, którego przykładem jest zintegrowany system informatyczny IFS Applications stało się obecnie uznanym standardem. Zadaniem tych informatycznych systemów zarządzania jest wspomaganie procesów zarządzania przedsiębiorstwem, rozumianego jako wieloetapowy, sekwencyjny proces podejmowania decyzji. Systemy te wymusiły uporządkowanie struktury informacyjnej przedsiębiorstwa, pozwoliły na zwiększenie efektywności przetwarzania danych. Wykorzystanie modułu MRP zintegrowanego systemu informatycznego IFS Applications, umożliwia obliczanie potrzeb materiałowych przy jednoczesnym sprawdzaniu możliwości realizacji zamówień przy określonych zdolnościach produkcyjnych przedsiębiorstwa. Wspierany jest proces optymalizacji zamówień i zarządzania zasobami magazynowymi. Na podstawie danych wejściowych zostaje wyznaczony najwcześniejszy termin uruchomienia zlecenia produkcyjnego [3,7].

2. Planowanie potrzeb materiałowych

Planowanie Potrzeb Materiałowych (ang. *Material Requirements Planning* – MRP) znane jest od końca lat 60. XX w [8]. Obejmuje swoim zakresem tę część sterowania produkcją, która dotyczy przepływu materiałów – planowania potrzeb materiałowych oraz sposobów ich zaspokajania związanych z realizowanymi zleceniami produkcyjnymi. W algorytmie MRP zasadniczą rolę pełnią tzw. zestawienia materiałowe BOM (ang. *Bill Of Material*), które dla wszystkich pozycji indeksu materiałowego, za wyjątkiem materiałów sprowadzanych z zaopatrzenia podają: co?, w jakiej ilości? jest potrzebne do wyprodukowania jednej sztuki wyrobu finalnego. Zestawienie materiałowe można graficznie przedstawić w postaci drzewa struktury wyrobu. Algorytm MRP łączy, sporządzony na podstawie dostępnych zdolności produkcyjnych, harmonogram główny produkcji z zestawieniem materiałów niezbędnych do wytworzenia produktu, sprawdza zapasy produkcyjne na podstawie aktualnego stanu oraz ustala, które pozycje indeksu materiałowego, w jakiej ilości i w jakim terminie muszą być zamówione. Pozycje te muszą być dostępne w procesie wytwarzania w momencie, kiedy są potrzebne na stanowiskach roboczych. Ponieważ taki stan jest rzadko osiągalny w praktyce, system MRP ciągle lub okresowo kontroluje, nanosi poprawki i aktualizuje

harmonogramy. Na podstawie danych wejściowych (rys.1), prowadząc obliczenia wstecz od założonej daty realizacji zamówienia, zostaje wyznaczony najwcześniejszy termin uruchomienia zlecenia produkcyjnego. Zgodnie z zasadą minimalizacji zapasów, w metodzie MRP przyjmuje się, że potrzeby brutto należy pokrywać korzystając z zapasów magazynowych, a gdy tych zapasów nie wystarcza to należy wystawiać zlecenia na produkcję lub zakup materiału. Niestety nawet najlepiej przygotowane zamówienia na produkcję lub zakup surowców, materiałów i innych komponentów może nie zostać zrealizowane ze względu na korektę planów produkcyjnych już po dostarczeniu zamówienia. Może to skutkować nieplanowanym wzrostem poziomu zapasów materiałów z częściowo zrealizowanych zamówień i wzrostem zapasów produkcji w toku a to generuje koszty.



Rys. 1. Zestawienie danych wejściowych i wyjściowych dla MRP [1,2]

Aktualizacja harmonogramu musi odbywać się tak szybko, jak to tylko możliwe, ponieważ zakłócenia w procesie wytwarzania mogą być przyczyną nieprzewidywalnego wzrostu zapasów w całym procesie produkcyjnym. Aby dokonać szybkiej aktualizacji harmonogramów konieczne jest stosowanie odpowiedniej technologii informatycznej. Harmonogram uwzględnia dostępne zdolności produkcyjne, aktualny stan zapasów, przewidywany popyt na kolejne wyroby oraz zamówienia klientów.

Konstrukcja MRP sprawia, że idealnie sprawdza się w planowaniu produkcji charakteryzującej się stabilnością i przewidywalnością. Jest typowym systemem push. Stabilne warunki planowania cechują przede wszystkim produkcję masową (ang. *Make To Stock – MTS*). Niezbędne są znane i w momencie planowania niezmiennie warunki związane nie tylko z przebiegiem procesu produkcji ale również ciągłością dostaw. Istotne jest zbudowanie i utrzymanie wysokiej efektywności łańcuchów dostaw.

W procesie planowania produkcji występuje wiele zakłóceń takich jak:

- zmienność długości czasu życia produktu (kiedyś wynosił nawet kilka lat, obecnie może wynosić kilka miesięcy),
- indywidualizacja, personalizacja produktów uwzględniająca opcjonalność, wielofunkcyjność,
- oczekiwania klientów dotyczące szybkiej realizacji zamówienia,

- mało dokładne prognozy popytu obarczone sporym błędem,
- niedostępność lub długi czas oczekiwania na dostawę potrzebnych surowców,
- presja obniżania kosztów wymuszająca minimalizowanie poziomu zapasów.

Występowanie tych zakłóceń skutkuje:

- nieprzewidywalnymi poziomami zapasów (za dużo niewłaściwych towarów, za mało potrzebnych, możliwość przeterminowania zapasów),
- niskim poziomem obsługi klienta (niezadowolenie klientów, nieterminowe wysyłki w warunkach ciągłej presji klienta na obniżanie cen),
- marnotrawstwem czasu i pieniędzy (wysokie koszty magazynowania, utylizacji przeterminowanych surowców i złomowania, dodatkowe transporty, kary umowne praca w nadgodzinach).

Należy zauważyć, że algorytm MRP bazuje na długookresowych prognozach popytu oraz zgrubnie obliczonych zapasach bezpieczeństwa, jak również planowanie oparte jest na doświadczeniu planisty odpowiedzialnego za proces planowania. Głównym problemem podczas planowania MRP jest zmienność i podatność na wahania zwany nerwowością systemu. Niepewność potrzeb klienta powoduje niepewność procesu planowania potrzeb materiałowych w produkcji i w zakupach. Pojawia się negatywny efekt byczego bicza (ang. *bullwhip effect*) w łańcuchu dostaw. Polega on na niemożności dokładnego oszacowania popytu ze strony poszczególnych uczestników łańcucha dostaw, któremu towarzyszą wahania wielkości zamówień. Następstwem niedokładności tych oszacowań jest zaburzenie równowagi pomiędzy poziomami zgromadzonych zapasów, ponoszonymi kosztami magazynowania jak i wydatkami przeznaczanymi na logistykę.

Planowanie potrzeb materiałowych w swojej podstawowej formule jest niewątpliwie bazą systemów informatycznych wspomagających planowanie i zarządzanie produkcją lecz podatność na zmienne warunki zmniejsza jego skuteczność.

3. Planowanie potrzeb materiałowych napędzane popytem

Planowanie potrzeb materiałowych napędzane popytem (ang. *Demand Driven Material Requirements Planning – DDMRP*) [8] jest metodą, która może stanowić odpowiedź jak uzyskać stabilną informację potrzebną do podejmowania decyzji w procesie planowania produkcji i dystrybucji (rys. 2). Pozwala na generowanie zapotrzebowań i wsparcia realizacji bazując na aktualnym popycie uwzględniając wykorzystanie strategicznych buforów zapasu zapewniających sprawny przepływ informacji i materiałów w procesie produkcyjnym. Bufory umożliwiają skrócenie czasu realizacji oraz eliminują efekt „byczego bicza”.

W celu umieszczenia tych buforów w odpowiednich miejscach można wykorzystać wiedzę z zakresu Lean Production i Teorii Ograniczeń oraz specyfiki usprawnianego procesu produkcji. Z teorią ograniczeń powiązane są: technologia optymalnej produkcji (ang. *Optimized Production Technology – OPT*) oraz synchroniczne wytwarzanie (ang. *Synchronous Manufacturing – SM*). Teoria Ograniczeń oparta jest na założeniu że tempo osiągnięcia założonego celu zależy od przepływu produkcji przez ograniczenie. Realizację celu podstawowego mierzy się, wykorzystując mierniki ekonomiczne (netto, zwrot nakładów inwestycyjnych, przepływ gotówki) oraz mierniki operacyjne (wydajność, zapasy i koszty operacyjne). Zakłada się że w każdym

przedsiębiorstwie istnieją zasoby krytyczne (ograniczające zdolność produkcyjną) i niekrytyczne. Problem polega na identyfikowaniu zasobów krytycznych, wykorzystywaniu ukrytych rezerw i takim zarządzaniu tymi zasobami aby zmaksymalizować przepływ. Aby osiągnąć ten cel można stosować 5.krokowy schemat działania, będący podstawą teorii ograniczeń [4]. Krokiem pierwszym jest **znalezienie ograniczenia** (wąskiego gardła). Ograniczenia techniczne w procesie produkcyjnym są zazwyczaj łatwe do zidentyfikowania. Kolejnym krokiem jest odpowiednia **eksploatacja ograniczenia**. Nie należy wykorzystywać pełnego potencjału produkcyjnego w celu zwiększania zapasów gdyż realne zyski są uzyskiwane ze sprzedaży a nie z faktu wytwarzania. Dlatego należy **podporządkować proces produkcji pod ograniczenia**. Nie można pozwolić aby zasób będący wąskim gardłem pozostawał bezczynny. Wskazane jest rozmieszczenie buforów (w strategicznych miejscach), które zapewnią ciągłość przepływu zadań. Ponadto należy przekazać do realizacji odpowiednią liczbę zleceń aby bufor był ciągle zapełniony. Następnym krokiem jest **zwiększenie przepływu wąskiego gardła**. W końcu należy stworzyć taki harmonogram **produkcji aby zapobiec powstawaniu kolejnych ograniczeń**. Teoria ta stanowi fundament algorytmu Bufor-Bęben-Lina (ang. *Drum- Buffer-Rope* – DBR).

Algorytm DBR, zawiera trzy elementy synchronicznego wytwarzania:

- **Bęben (werbel)** (ang. *Drum*) – nazwa odnosi się do wybijanego przez „wąskie gardło” systemu produkcyjnego rytmu, do którego mają się dostosować pozostałe niekrytyczne zasoby.
- **Bufor** (ang. *Buffer*) – jego zadaniem jest zapewnienie stabilnego przepływu, umieszczany jest przed „wąskim gardłem” (ang. *constraint buffer*) oraz stanowiskiem montażu (ang. *assembly buffer*).

Istnieją dwa rodzaje buforów:

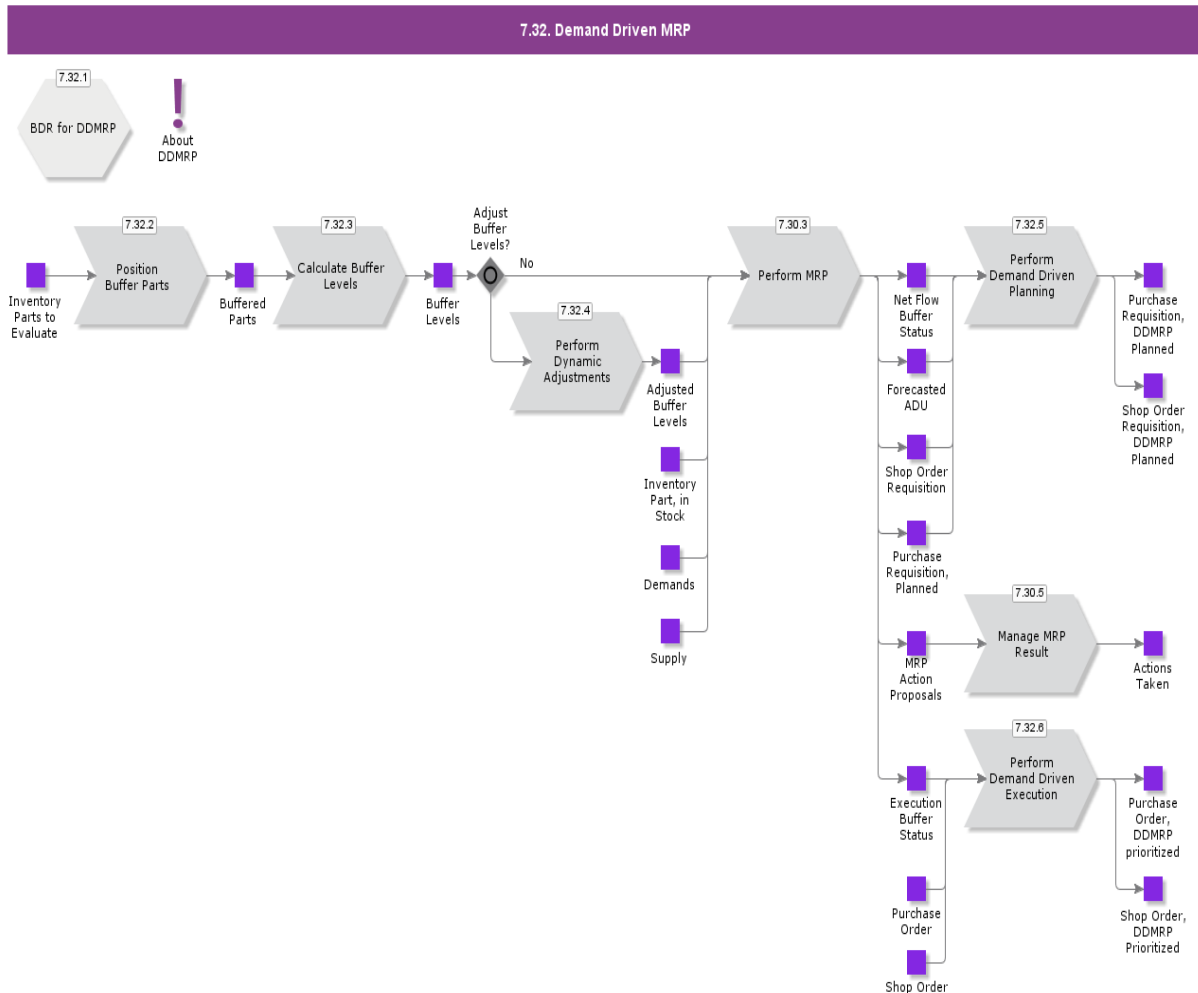
- czasowy (materiał dla „wąskiego gardła” oraz stanowiska montażu dostarczany jest z wyprzedzeniem),
 - ilościowy (przed zasobem krytycznym oraz stanowiskiem montażu znajduje się określona ilość materiału, który ma zostać w nim przetworzony).
- **Lina** (ang. *Rope*) – służy do synchronizacji dopływu materiałów do produkcji zgodnie z wybijanym przez bęben rytmem. Pozwala na uniknięcie nadprodukcji na zasobach niekrytycznych. Lina wyznacza termin rozpoczęcia produkcji, aby zapewnić terminowe wykonanie wszystkich operacji poprzedzających te na zasobie krytycznym.

Elementem synchronizującym produkcję jest zasób krytyczny, który wyznacza tempo pracy pozostałym niekrytycznym zasobom pracującym przed oraz za nim. Wąskie gardło decyduje o wielkości i częstotliwości dostaw materiałów, a także o tym jak wydajny jest cały system produkcyjny.

W systemach produkcyjnych występuje również bufor wysyłkowy. Konsekwencją tego jest powstanie uproszczonego DBR (ang. *Simplified DBR* – *S-DBR*) [11]. Zadaniem klasycznego DBR jest zwiększenie maksymalnego przepływu na linii produkcyjnej, przez podporządkowanie wszystkiemu zasobowi krytycznemu. Natomiast zmodyfikowany DBR (*S-DBR*) zakłada, że ograniczeniem nie jest linia produkcyjna lecz popyt rynkowy. Nie można pozwolić, aby klient był niezadowolony z powodu nieterminowej dostawy. W implementacji tego rozwiązania stosuje się więc bufor wysyłkowy (reszta buforów jest pomijana), który zabezpiecza termin dostawy przed zakłóceniami

występującymi m.in. w procesie produkcji. Lina, w tym przypadku, łączy bufor wysyłkowy z magazynem wydającym materiały do produkcji. Zadaniem S-DBR jest zapewnienie terminowej realizacji zleceń [6].

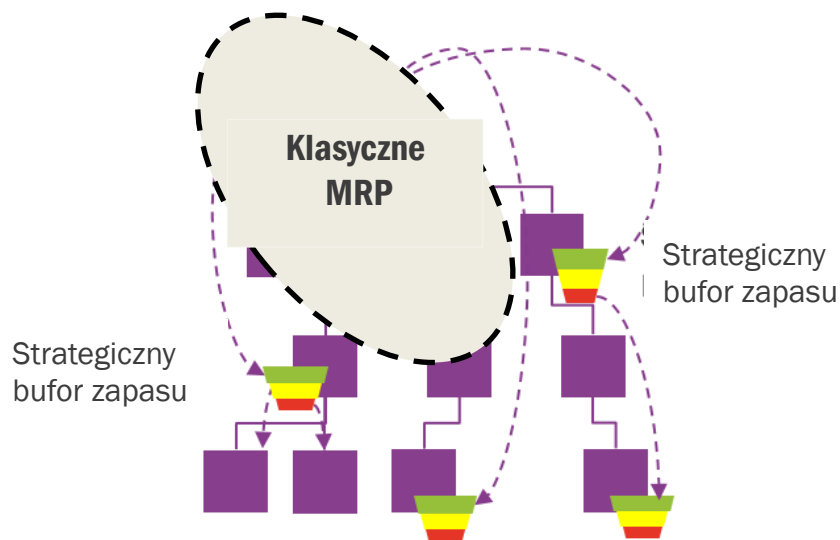
Istnieje duże podobieństwo w działaniu S-DBR a DDMRP. W obu przypadkach pod uwagę brany jest popyt rynkowy.



Rys. 2. Proces realizacji DDMRP w zintegrowanym systemie informatycznym IFS Applications [2]

Bufory DDMRP są zaprojektowane do zapewnienia ciągłej dostępności materiału. Ciągła dostępność umożliwia sprawne odpowiadanie na aktualne potrzeby rynku. Bufory są dynamiczne i dopasowują się do rytmu (taktu) popytu. Bufory te są definiowane nie jako liczba, lecz poprzez kilka różnych poziomów zapasów oznaczonych kolorami (niebieski – nadmierny zapas, zielony – zapas wystarczający, żółty – konieczna odbudowa zapasu (zakup, produkcja), czerwony – ostrzeżenie, zagrożenie realizacji planu, czarny – brak zapasu) (rys. 3). Poziomy buforów obliczane są automatycznie, bazując na wielkości i charakterystyce popytu oraz parametrach logistycznych (Lead Time). Na tym etapie należy odpowiedzieć na kluczowe pytania:

1. *Które operacje procesu musimy chronić (buforować)?*
2. *Które produkty (materiały) są strategiczne?*



Rys. 3. Przykład umieszczenia buforów zapasu w strukturze produktu [2]

4. Specyfika działania DDMRP

W praktyce wdrożeniowej DDMRP realizuje się poprzez następujące fazy:

1) Strategiczne pozycjonowanie zasobów.

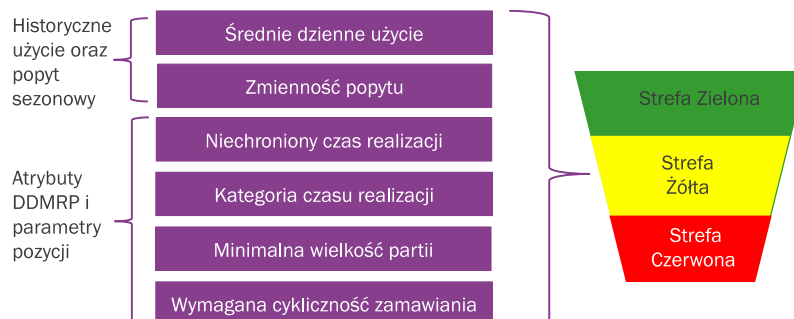
Polega na wytypowaniu w strukturze produktu pozycji dla których należy utrzymywać bufor zapasu. Brana pod uwagę jest zmienność popytu jak również czas tolerancji klienta oraz występowanie w wielu strukturach produktu. Bardzo ważna jest odpowiednio przemyślna parametryzacja zintegrowanego systemu informatycznego IFS Applications (dotyczy ustawień tych pozycji w strukturach produktowych).

2) Ustawienie poziomu i profili buforów

DEMAND DRIVEN MRP

MODELOWANIE ROZWIĄZANIA

USTAWIANIE POZIOMÓW BUFORÓW



Rys. 4. Ustawienie poziomów buforów w DDMRP [2]

Przy parametryzacji poziomu buforów jest uwzględniany szereg różnych parametrów. Kluczowym parametrem jest średnie dzienne zużycie (ADU). Parametr ten bazuje na popycie w związku z czym istotnie odróżnia się od metody MRP dla której podstawą działania jest prognoza sprzedaży. Na obliczenia wpływają inne czynniki, które związane są ze zmiennością popytu i czas realizacji. Niektóre pozycje mogą uwzględniać minimalne wielkości zamawiania i ich częstotliwość dla mniej elastycznych źródeł zapotrzebowani (rys. 4).

3) Dynamiczne dostosowanie

Stosowane jest w przypadku dopasowania wielkości buforów do różnych sytuacji biznesowych. Przykładami mogą być kampanie lub promocje, okresowa niedostępność zasobów, sezonowość itp.

4) Planowanie sterowane popytem

W łańcuchu dostaw dla każdej pozycji wyliczamy potrzeby brutto. Potrzeby netto wyliczamy jako suma zapasu i zaplanowanej podaży od której odejmujemy aktualny popyt. Planowanie te jest prowadzone równoległe z algorytmem MRP, ponieważ dla każdej pozycji, które nie są buforami stosuje się standardowe algorytmy. Podawany jest przez system priorytet każdej pozycji asortymentowej w planowaniu. Na podstawie tych informacji są uzupełniane dostawy dla pozycji dla których zapasy są wystarczające, ale są kolejne do zamawiania.

5) Sterowanie i reagowanie.

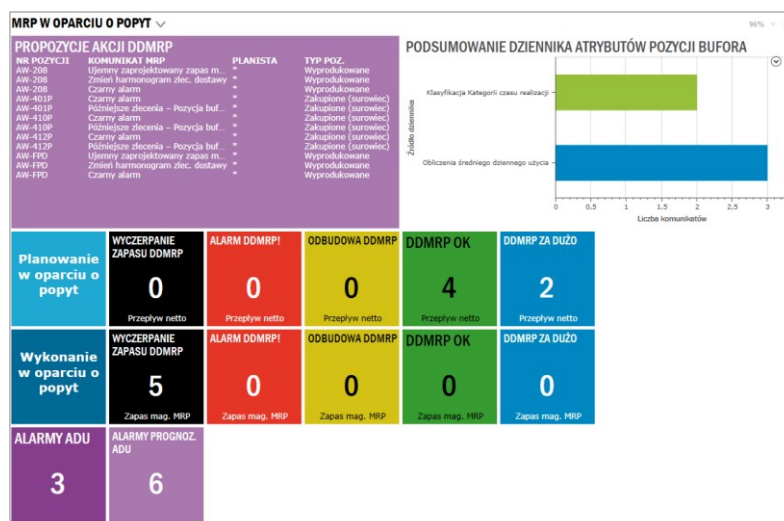
W tej fazie generowane są alerty dotyczące sterowania i reagowania. Wskazują na problemy w synchronizacji materiałowej jak niedobory materiałowe oraz sygnalizują problemy takie jak opóźnione lub niewystarczające dostawy. Są prezentowane w przejrzystej postaci.

5. Potencjalne korzyści osiągnięte poprzez zastosowanie DDMRP

Demand Driven Institute podaje potencjalne korzyści, które mogą być uzyskiwane po prawidłowym wdrożeniu metody DDMRP:

- zwiększenie współczynnika obsługi realizacji zamówień – typowo osiąga on wartości od 97 do blisko 100%,
- skrócenie czasu realizacji – nawet do 80%,
- urealnienie i zmniejszenie poziomu zapasu – średnio 30-45%.

DDMRP jest funkcją zintegrowaną z klasycznym MRP w zintegrowanym systemie informatycznym IFS Applications. Automatyzacja obliczeń zapewnia proste rozwiązanie dla skomplikowanych problemów (rys. 5). Zintegrowany system informatyczny IFS Applications uzyskał certyfikat zgodności ze standardem przyznawany przez Demand Driven Institute.



Rys. 5. Przykład ekranu prezentującego wyniki DDMRP w IFS Applications [2]

4. Podsumowanie

Na rynku światowym obserwuje się od wielu lat tendencję do odchodzenia od produkcji na magazyn (ang. *Make to Stock*) na rzecz produkcji na zlecenie (ang. *Make to Order*). Wynika to z dużej różnorodności zamówień składanych przez klientów.

Planowanie potrzeb materiałowych napędzane popytem – DDMRP jest rozwiązaniem hybrydowym, korzystającym z dobrodziejstw kilku znanych metodyk (planowania potrzeb materiałowych, Lean, Teorii Ograniczeń), które do tej pory były wdrażane oddzielnie. DDMRP zwiększa poziom terminowości wysyłek towarów do klientów, skraca czasy realizacji (produkcji, dostaw) oraz redukuje kapitał obrotowy w zapasach. Umieszczenie buforów w strategicznych miejscach procesu niweluje zmienność pochodzącą z rynku, od dostawców oraz własnych procesów.

Praca finansowana ze środków przewidzianych na 02/040/BK_22/1022

LITERATURA

1. Banaszak Z: Gattner D., Mazur-Łukomska K., Muszyński W.: Zarządzanie operacjami, Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra, 1997.
2. Dokumentacja zintegrowanego systemu informatycznego IFS Applications.
3. Durlik I.: Inżynieria zarządzania strategią i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej. WNT, Katowice 1993.
4. Goldratt E.: Cel: doskonałość w produkcji., Wyd. Werbel, Warszawa 2000.
5. Kiran D.R.: Production Planning and Control. A Comprehensive Approach. Elsevier, 2019. ISBN: 978-0-12-818364-9.
6. Krystek J., Trznadel T.: Zastosowanie algorytmu DBR Teorii Ograniczeń do planowania produkcji, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 10/2012, str. 163-169.

7. Landvater D. V., Gray Chr. D.: MRP II Standard system – Workbook, Oliver Wright Publications. Inc. 1989.
8. Orlicky J.: Planowanie potrzeb materiałowych. PWE, Warszawa 1981.
9. Ptak C., Smith C.: Orlicky's Material Requirements Planning. Third Edition, McGraw Hill, 2011.
10. Szatkowski K. i inni: Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe. PWN, Warszawa, 2014.
11. Schragenheim E., Dettmer H., W.: Simplified Drum-Buffer-Rope. A Whole System Approach to High Velocity Manufacturing, 2000, http://www.insyte-consulting.com/files/Web_Tools/Pull_Kanban_Systems/Simplified_Drum_Buffer_Rope.pdf