

# EFEKTY ZASTOSOWANIA PLANOWANIA KROCZĄCEGO NA PRZYKŁADZIE FABRYKI MEBLI

## 1. Wstęp

W XXI wieku, w dobie globalnej gospodarki, coraz większą rolę w budowie przewagi konkurencyjnej odgrywa zdolność dostosowywania się przedsiębiorstw do zmienności otoczenia. Wielu zarządzających chciałoby posiadać umiejętność pominięcia etapu planowania, podejmując skutecznie decyzje w oparciu o bieżące informacje oraz sprzężenia zwrotne z otoczenia. Niestety, dzisiejsza elastyczność podejmowania decyzji (np. pozyskanie kapitału, zakup/budowa budynków czy parku maszynowego, zatrudnienia/zwolnienia/szkolenia kadry) powoduje, że planowanie musi zagospodarować obszar ustalania celów i kierunku działania. Z drugiej strony, działanie w oparciu o z góry wytyczony plan, uwzględniając dynamikę zmienności otoczenia, jest coraz trudniejsze.

Z analogiczną sytuacją jak powyżej, mamy do czynienia w obszarze produkcji, szczególnie produkcji na zlecenie klienta z różnorodną opcją wyboru (ang. *Mass Customization* – MC [6] lub *High-Mix, Low-Volume* – HMLV [3]), gdzie proces produkcji na wybrane przez klienta produkty rozpoczyna się w momencie złożenia przez niego zamówienia. Produkcja rozpoczyna się od surowców lub zunifikowanych półproduktów bez możliwości budowania magazynu wyrobów gotowych. Celem planisty jest wygenerowanie planu produkcyjnego, który uwzględni racjonalne wykorzystanie zasobów produkcji przy zabezpieczeniu poszczególnych terminów realizacji. Planowanie często odbywa się w cyklach, co oznacza przewidywanie zdarzeń produkcyjnych na kilka dni, a czasami i tygodni. Niemożność przewidzenia zmienności otoczenia przez planistę jest często skutkiem generowania kosztów z tytułu wysokich zapasów w toku, opóźnień realizacji zleceń, nadmiernej manipulacji towarami itd.

Aby zmierzać w kierunku przystosowania przedsiębiorstwa do działania w dynamicznym otoczeniu, kluczową kompetencją staje się ciągła obserwacja otoczenia i umiejętność szybkiej aktualizacji przyjętego planu działania. Oznacza to, iż nadal musimy pracować na planie o względnie stałym horyzoncie, który pozwala organizować bieżące działania w oparciu o wytyczony kierunek i równocześnie musi on być poddawany ciągłej aktualizacji.

Aby zachować horyzont planowania i równocześnie łagodzić skutki zmienności otoczenia, warto dokładniej zapoznać się z metodą planowania kroczącego (ang. *rolling wave planning*). Planowanie kroczące polega właśnie na etapowej aktualizacji danych z zachowaniem stałego horyzontu planowania.

## 2. Przyjęte założenia

### 2.1. Cel

Celem pracy jest zbadanie efektu zastosowania planowania kroczącego na wydziale montażowym w fabryce mebli.

### 2.2. Mierniki

Poziom efektów zastosowania planowania kroczącego szacowany będzie na podstawie zmiany poziomu zdolności produkcyjnych dla stanu zastanego. Do badań wykorzystane zostały realne dane sprzedażowe z października 2009 (tab. 5).

### 2.3. Zakres podstawowych definicji

**Planowanie kroczące** (ang. *rolling wave planning*) – „Struktura podziału pracy i katalog struktury podziału pracy odzwierciedlają ewolucję zakresu projektu, następującą w miarę jego uszczegóławiania aż do osiągnięcia poziomu pakietu roboczego. Planowanie kroczące jest formą stopniowego doprecyzowywania w ramach planowania. W tym wypadku prace, które mają być zrealizowane w najbliższej przyszłości, planuje się szczegółowo na najniższych poziomach struktury podziału pracy, natomiast prace bardziej odległe w czasie określa się za pomocą elementów składowych struktury podziału pracy znajdujących się na relatywnie wyższych poziomach” [5].

Logika planowania kroczącego wywodzi się z obszaru zarządzania projektami. Obecnie skuteczność metody wykorzystywana może być wszędzie, gdzie wymagane jest planowanie, np. w budżetowaniu, księgowości, produkcji. W źródłach planowanie kroczące nazywane jest również planowaniem dynamicznym lub ciągłym. Np. „budżet ciągły – budżet stale uaktualniany przez dodawanie następnego okresu rozliczeniowego (miesiąca lub kwartału), w chwili upłynięcia pierwszego okresu rozliczeniowego. Jest on szczególnie korzystny wówczas, gdy przyszłe koszty i/lub działania nie mogą być dokładnie prognozowane albo podlegają silnym wahaniom (...). Oznacza to, że menedżerowie posiadają stale dostępny, pełen roczny budżet, a proces «toczenia się» budżetu zmusza ich do ciągłego planowania przyszłości”. Gdzie „toczenie się” rozumiemy jako systematyczne przesuwanie horyzontu czasu planu (który pozostaje stały), poprzez dodawanie priorytetów i zadań na taki okres, jaki uległ zakończeniu.

Zakres, którego dotyczyć będą badania, to produkcja seryjna na zlecenie klienta z dużą ilością opcji wyboru. Klient na etapie zamówienia wybiera specyfikację finalnego produktu, dopasowaną bezpośrednio pod niego z ograniczonego zakresu możliwości, który może stanowić nawet ponad kilkaset tysięcy opcji wyboru. Produkcja taka charakteryzuje się elastycznym procesem produkcji, który równoważy brak możliwości produkcji w partiach na magazyn wyrobów gotowych. Takie środowisko jest szczególnie narażone na zmienność otoczenia, gdzie umiejętność jego przewidywania lub szybkiego reagowania po wystąpieniu staje się kluczem budowy przewagi konkurencyjnej. Poniższe definicje [2, 4] dotyczyć będą środowiska HMLV dla zarządzania operatywnego (wykonawczego).

**Cykl produkcyjny** – czas realizacji zlecenia produkcyjnego.

**Termin realizacji** – ostateczny termin, w którym zamówienie klienta powinno znaleźć się na magazynie wyrobów gotowych. Szczególnie w warunkach produkcji na zlecenie klienta, która charakteryzuje się brakiem magazynu wyrobów gotowych, natomiast termin realizacji musi zabezpieczać bufor wyprzedzenia czasowego na zaplanowanie i realizację cyklu produkcyjnego.

**Cykl (częstotliwość) planowania** – czas, co który planista generuje plan produkcji. Cykl planowania jest często zależny od poziomu umiejętności przekazywania informacji na produkcję oraz umiejętności przetwarzania informacji zwrotnej z produkcji.

Długość cyklu planowania powinna iść w zgodzie z możliwościami przetwarzania tych danych na fizyczne działania produkcyjne.

**Horyzont planowania** – czasowe wyprzedzenie planu do jego realizacji. Jeżeli plan miałby minutowe wyprzedzenie, to skąd wiedzielibyśmy, co mamy robić za minutę oraz w jaki sposób co minutę skutecznie przekazać informację do wszystkich komórek realizujących proces produkcji. Horyzont w postaci wyprzedzenia planu daje możliwość organizowania działań (np. zabezpieczenia narzędzi do przebrojenia). W celu standaryzacji pracy, w tym głównie przepływu informacji, wybierany jest powtarzalny cykl planowania, np. tygodniowy, miesięczny czy nawet dzienny.

**Plan produkcji (harmonogram produkcji)** – z każdym cyklem planowania, aktualizując informacje (dane wejściowe i wyjściowe), generowany jest plan produkcji, którego celem jest:

- zabezpieczenie terminów realizacji zamówień klientów,
- bilansowanie obciążeń poszczególnych maszyn czy wydziałów produkcyjnych,
- racjonalizowanie zasobów produkcji (np. agregacja przebrojeń).

**Zapasy w toku** – poziom produkcji w toku najczęściej jest zbliżony do długości cyklu produkcyjnego. Celem planisty jest, aby poziom w toku był jak najniższy przy równoczesnym zapewnieniu ciągłości pracy. Zbyt duże zapasy powodują przede wszystkim opóźnienia realizacji cykli produkcji (oczekiwanie towarów w długich kolejkach buforów).

**Zdolność produkcyjna (wytwórcza)** – „Zdolność produkcyjna (moc) oznacza maksymalną ilość produktu, jaką można wykonać w określonym czasie” [8].

**Fundusz czasu pracy** – przedstawia rysunek 1.

### 3. Charakterystyka wydziału montażowego fabryki

#### 3.1. Proces produkcyjny

Na wydziale montażowym rozpoczyna się proces zlecenia klienta. Dotyczy on produkcji krzeseł drewnianych. Pierwszym krokiem jest pobranie skompletowanych elementów szkieletu krzesła z magazynu elementów składowych, zgodnie z planem produkcji. Na wydziale montażowym elementy

NOMINALNY CZAS PRACY ( $N_{cp}$ )		
Nieplanowane przestoje (oczekiwanie, zmiany popytu, awarie, błędy jakościowe)	EFEKTYWNY CZAS PRACY = $N_{cp} * OEE$	
	Czas przeznaczony na generowanie wartości dodanej (procesu technologicznego)	Czas przeznaczony na przebrojenia

Gdzie OEE – współczynnik efektywności pracy.

Rys. 1. Fundusz czasu pracy

są szlifowane, po czym montowane w gnieździe produkcyjnym w szkielet, poddane finalnej kosmetyce (szlifowi drobnym papierem ściernym), po czym przekazywane na wydział lakierni. Krzesła muszą być szybko przekazywane na wydział lakierni, gdyż ich zbyt długie oczekiwanie (ponad dobę) może wymusić ponowny proces szlifowania lub obniżyć jakość procesu malowania i lakierowania. Kolejne etapy realizacji odbywają się na wydziałach: lakierni, montażu wykańczającego oraz tapicerni. Gniazda montażowe są wąskim gardłem procesu montażowego, dlatego planowanie dostosowane jest przede wszystkim pod nie. Czas cyklu produkcyjnego od wydania z magazynu elementów składowych do wejścia na magazyn wyrobów gotowych jest różny dla poszczególnych krzeseł i przyjęty został na poziomie 2,5 dnia.

Badany wydział posiada trzy grupy gniazd montażowych, których podział pod kątem typu produkcji [1, 7] przedstawiony został w tabeli 1.

Krzeseła z każdej z grup różnią się procesem technologicznym montażu w gniazdach. Podstawowe dane procesu produkcji zawiera tabela 2.

Różnice w czasie OEE wynikają przede wszystkim ze złożoności procesu technologicznego oraz serii produkcyjnych.

#### 3.2. Charakterystyka planowania wydziału montażowego

Dla celów badawczych, termin realizacji zleceń został przyjęty na 2,5 tygodnia. Planowaniu podlegają te zlecenia klienta, które zostały zaakceptowane pod kątem dostępności surowców do ich produkcji. W celu ułatwienia kontroli ich przepływu dostają one odpowiednie statusy zależne od etapu realizacji:

- zlecenie sprzedaży (ZS) – zlecenie do zaplanowania, status ZS posiadają głównie najświeższe zlecenia, które

Rodzaj procesów produkcyjnych	Charakterystyka przepływu materiałów	Grupa krzeseł	x – wielkość partii	
<b>Proces potokowy</b> (produkcja masowa)				
<b>Proces niepotokowy</b> (produkcja seryjna)	Duże Partie	A	$x > 100$	<b>Wydział montażowy GFM</b>
	Średnie Partie	B	$10 > x < 100$	
	Małe Partie	C	$x < 10$	
<b>Proces stacjonarny</b> (produkcja jednostkowa)				

Tab. 1. Przyporządkowanie grup produktów GFM do typów produkcji

	Ilość gniazd produkcyjnych	Nominalny czas pracy na 1 zmianę	OEE	Efektywny czas pracy na 1 zmianę	Czas wartości dodanej (procesu technologicznego)	Czas przezbiorzenia – Tpz
	[szt.]	[tydz.]	%	[tydz.]	[h/szt.]	[m]
A	3	120	69%	82,8	0,027	20,6
B	2	80	67%	53,6	0,054	19,87
C	3	120	63%	75,6	0,174	20,98
Σ	8	320		212		

Tab. 2. Podstawowe dane specyfikacji produkcji gniazd montażowych GFM

- ze względu na odległy termin realizacji nie znalazły swojego miejsca w realizowanym planie produkcji,
- zlecenie produkcji (**ZP**) – zlecenie ujęte w planie produkcyjnym, mające swój termin wydania z magazynu na produkcję,
  - zlecenie gotowe (**ZG**) – oczekujące w magazynie wyrobów gotowych.

Zlecenia sprzedaży przyjmowane są codziennie rano do systemu klasy MRP I (ang. *material requirements planning*). Odnosząc się do przyjętego terminu realizacji (punkt 2.3) oraz cyklu produkcyjnego, zlecenie od momentu uzyskania statusu ZS, najpóźniej w ciągu 2,5 tygodnia, powinno uzyskać status ZG, czyli gotowy produkt na magazynie wyrobów gotowych.

Cykl planowania na wydziałach montażowych GFM, w badanym okresie w październiku 2009, wynosi jeden tydzień (5 dni), co każdy piątek. Rysunek 2. przedstawia schemat planowania.

Na podstawie tego rysunku, opisane zostały kolejne etapy realizacji planowania na tydzień *n* (kolor czerwony).

**Krok 1.** Planista w piątek po wpisaniu do systemu nowych ZS rozpoczyna generowanie planu produkcji na tydzień *n*. Do dyspozycji ma:

- zakres ZS'ów z tygodnia *n-1* (ZS6-ZS10), które stanowią najświeższe zlecenia **oczekujące od poniedziałku**

**tygodnia *n-1*** (czyli od poprzedniego cyklu planowania tygodnia *n-1*),

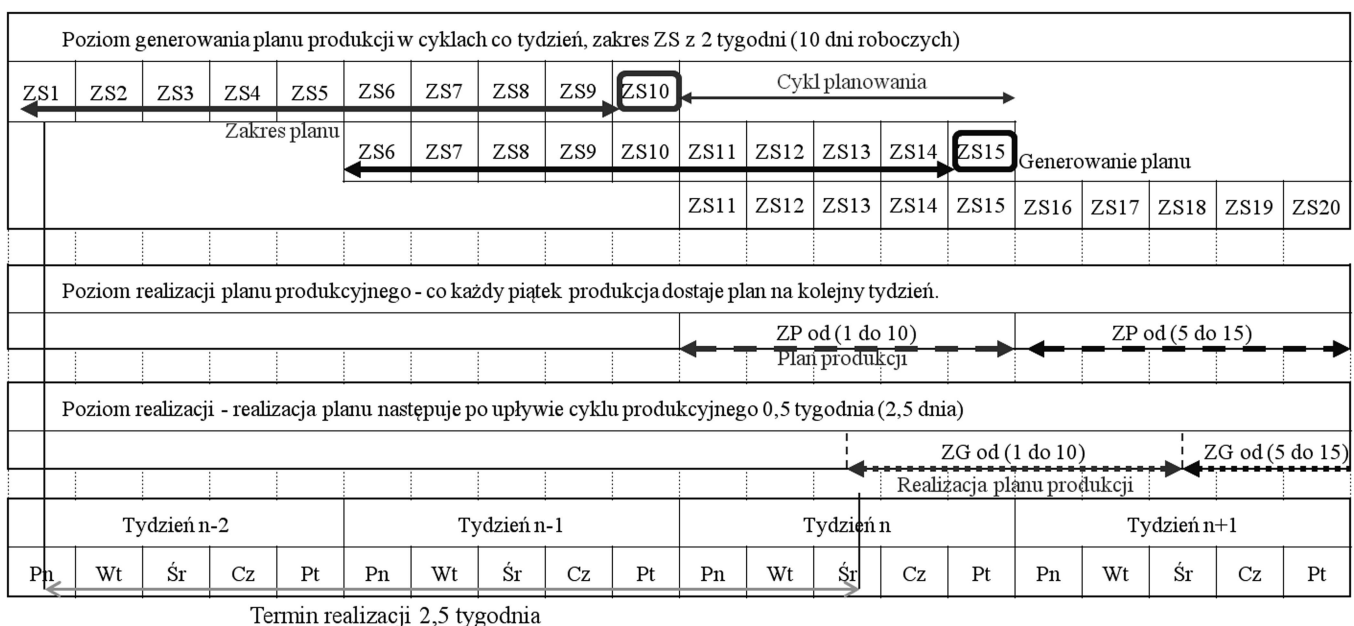
- zakres ZS'ów z tygodnia *n-2* (ZS1-ZS5), które planista miał do dyspozycji w poprzednim cyklu planowania tygodnia *n-1*, jednak z powodu bilansowania obciążeń produkcji nie planował ich na produkcję, głównie ze względu na dalszy termin realizacji,

- w warunkach realnych (których w badaniu nie będziemy uwzględniać) do zakresu danych dochodzą zaległe ZS'y z okresów wcześniejszych od *n-2*, które z różnych powodów nie zostały wykonane w harmonogramie produkcji *n-1* (np. nieplanowane opóźnienia, błędy jakościowe itd.).

**Krok 2.** Aby zapewnić 2,5 tygodniowy termin realizacji (kolor pomarańczowy) planista kolejkuje plan produkcji od ZS'ów mających najkrótszy termin realizacji. Dla tygodnia *n* w pierwszej kolejności w planie będą ZS'y z tygodnia *n-2*.

**Krok 3.** Po zabezpieczeniu najkrótszych terminów realizacji, planista może rozpocząć doskonalenie planu, mając na celu racjonalizację zasobów produkcji. ZS'y z okresu *n-1*, które wymagają tych samych przezbiorzeń, co zaplanowane już ZS'y z okresu *n-2* agreguje razem, zwiększając partie produkcyjne i tym samym eliminuje część przezbiorzeń z następnego cyklu planowania (tygodnia *n+1*). Jest to widoczne w tabeli 2, gdzie pomimo różnorodności na poziomie 298 sztuk, ZS'y rozkładają się ze względu na zakres planowania, co powoduje, że w jednym tygodniu średnia ilość przezbiorzeń spada nam do 149 sztuk.

**Krok 4.** W celu zapewnienia ciągłości produkcji do następnego cyklu planowania planista ma do dyspozycji również pozostałe ZS'y z tygodnia *n-1*, które nie mają wspólnych przezbiorzeń, natomiast wypełniają dostępny czas pracy gniazd montażowych.



Rys. 2. Schemat planowania w cyklach tygodniowych

**Krok 5.** Gotowy plan udostępniany jest produkcji w piątek (tego samego dnia) w celach przygotowawczych na przyszły tydzień  $n$ .

Różnorodność na etapie montażu krzeseł w gniazdach produkcyjnych (z tab. 2) w badanym okresie wyniosła 298 sztuk. Poprzez różnorodność rozumiemy ilość przezbroyen pod technologicznie podobne modele krzeseł. Przykładowo, za jednym przezbroyeniem X1290 możemy wyprodukować 8 różnych kształtów krzeseł technologicznie podobnych, a każde z nich w 8 rodzajach drewna. Z punktu widzenia możliwości wyboru klienta, jeżeli dodamy usłojenia, specyfikację kolorystyki na lakierni oraz doboru tapicerki, to w sumie daje nam to ponad 200 tys. możliwości wyglądu wyrobu finalnego, gdzie dodatkowo dochodzą również materiały indywidualne klientów.

W tabeli 3 skalkulowana została zdolność produkcyjna poszczególnych gniazd produkcyjnych w odniesieniu do danych sprzedażowych z badanego okresu, różnorodności produkcji rozłożonej na gniazda oraz danych technologicznych z tabeli 2. W ostatniej kolumnie widoczne jest zapotrzebowanie na zdolności produkcyjne w odniesieniu do podstawowego wymiaru czasu pracy.

Analiza danych pokazuje, że dla każdej z 3 grup krzeseł brak jest zdolności produkcyjnych pozwalających na wykonanie pracy w podstawowym wymiarze czasu. Dla krzeseł z grupy A jest to zaledwie 4%, co będzie wymagało np. zastosowania nadgodzin, natomiast w przypadku grupy krzeseł C, gdzie dodatkowe zapotrzebowanie jest na poziomie 23%, niezbędne może okazać się uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej dla 1-2 gniazd wytwórczych lub nawet inwestycja budowy nowych gniazd.

Dodatkowo, problemem zgłaszanym przez produkcję jest zmienny horyzont planowania, gdzie na początku tygodnia produkcja widzi, co ma wykonać przez kolejne 5 dni, natomiast w kolejnych dniach horyzont się skraca aż do jednego dnia w czwartek. W piątek wykonywany jest kolejny cykl planowania i znowu horyzont wynosi 5 dni. Taka zmienność powoduje drobne problemy organizacyjne w przejściu z jednego na kolejny plan produkcyjny.

GRUPA	Średnia ilość ZS na tydzień (zapotrzebowanie na zdolność produkcyjną)		Ilość przezbroyen (różnorodność produkcji)		Ilość przezbroyen dla tygodniowego cyklu planowania		Efektywny czas pracy na 1 zmianę		Czas na przezbroyenia (różnorodność* czas przezbroyenia)	Czas na wartość dodaną	Zdolność produkcyjna (czas na wartość dodaną / czas procesu)	Stosunek zdolności produkcyjnej do zapotrzebowania na nią	Średnia wielkość partii
	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[tydz.]	[h/tydz.]	[h/tydz.]					
A	2986	73%	32	11%	16	82,8	5,49	77,31	2863	104%	179		
B	812	20%	78	26%	39	53,6	12,92	40,68	753	108%	19		
C	305	7%	188	63%	94	75,6	32,40	43,20	249	123%	3		
Σ	4103	100%	298	100%	149	212	50,81	161,19	3865		26		

Tab. 3. Zdolności produkcyjne dla planów w cyklach tygodniowych

#### 4. Model planowania kroczonego dla tygodniowego cyklu generowania harmonogramu produkcji

Celem pracy jest badanie, jak zmieni się zdolność produkcyjna poszczególnych gniazd montażowych po zastosowaniu modelu planowania kroczonego. W odniesieniu do przyjętej definicji (punkt 2.3) w modelu planowania kroczonego, bazowy plan wykonywany w cyklach tygodniowych został podzielony na dni. Oznacza to codzienną aktualizację planu produkcyjnego. Każda aktualizacja będzie powodować usunięcie z planu pierwszego dnia i dodanie kolejnego na końcu, tak aby zachować stały tygodniowy horyzont planowania. Oznacza to, że w poniedziałek aktualizujemy plan, dodając nowe zlecenia, które weszły tego samego dnia, po czym przedłużamy plan o kolejny dzień. Schemat planowania kroczonego przedstawiony jest na rysunku 3.

Jak zmieni się planowanie w cyklach tygodniowych, jeżeli zmienimy je na planowanie kroczone? Aby odpowiedzieć na to pytanie, poniżej opisane zostały kolejne kroki generowania planu kroczonego zgodnie z rysunkiem 3.

Odnosząc się do planowania w cyklach tygodniowych (rys. 2) planista, generując plan na tydzień  $n$ , ma w piątek tygodnia  $n-1$  do dyspozycji zakres ZS'ów z tygodnia  $n-1$  (świeże, oczekujące zlecenia od poprzedniego cyklu planowania) oraz pozostałe z tygodnia  $n-2$ , co w sumie daje 10 dni (ZS1-ZS10).

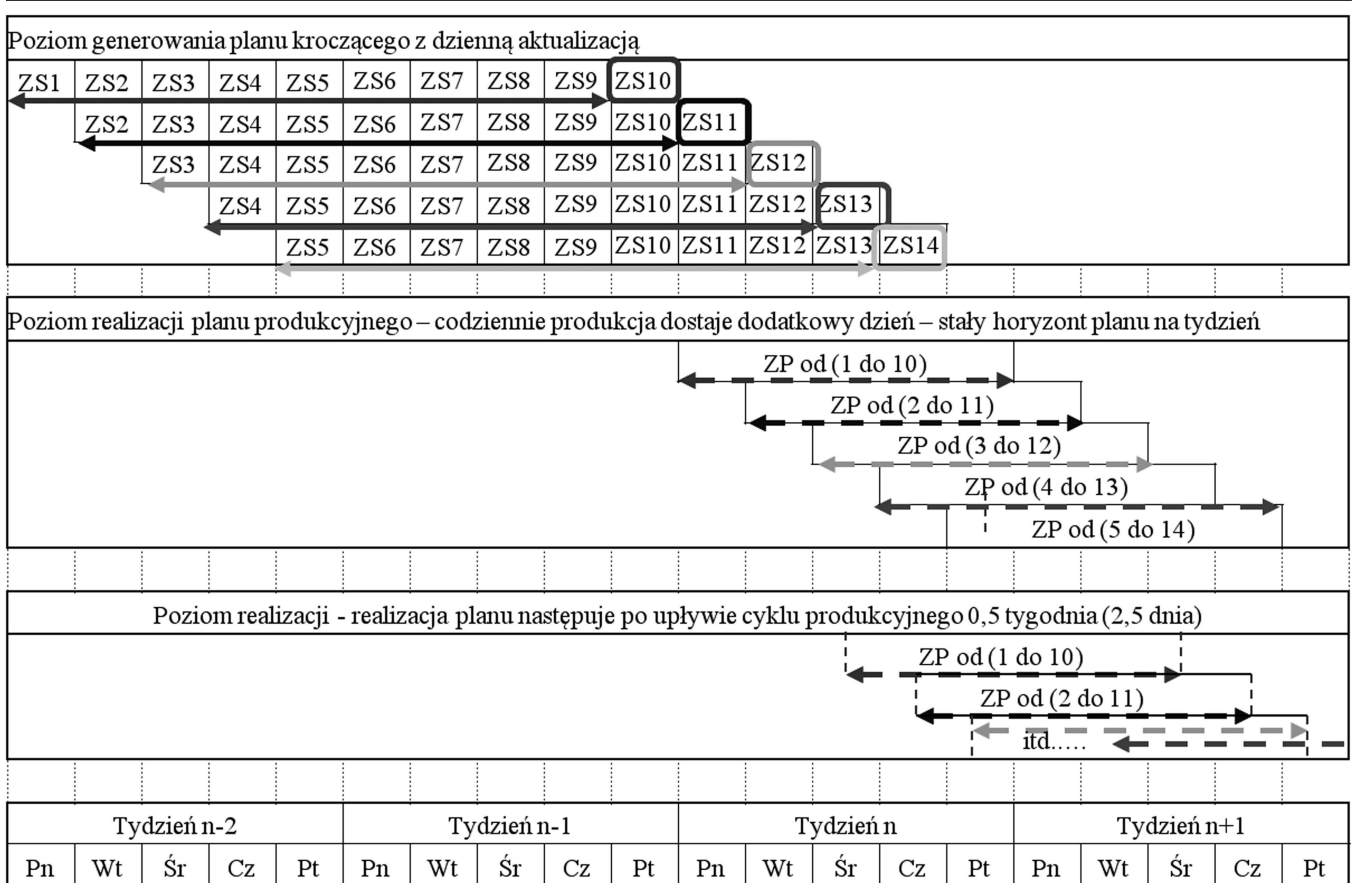
W planowaniu kroczonego (rys. 3) w poniedziałek tygodnia  $n$ , planista, aktualizując plan z piątku (czerwony), uwzględnia dodatkowo ZS11 (nowy zakres ZS'ów z tygodnia  $n$ ). Umożliwia to doskonalenie planu produkcyjnego już od wtorku (ZP niebieski) o nowy zakres danych. We wtorek uaktualniony jest kolejny zakres danych ZS12, co umożliwia użycie ich już od środy (ZP żółty). Analogicznie w środę dochodzi ZS13, w czwartek dochodzi ZS14, a w piątek dochodzi ZS15. Oznacza to, że ZS'y od wpisania do systemu nie oczekują już na cykl planowania tylko są uwzględniane w planie od następnego dnia.

Kolejną istotną zmianą jest zachowanie stałego horyzontu planowania, ponieważ codziennie dochodzi nowy dzień do

planu. Produkcja ma cały czas podgląd na tydzień do przodu.

Wracając do planowania w cyklach tygodniowych (rys. 2), ZS'y wpisane do systemu w poniedziałek oczekują w systemie „bezpłoduktywnie” 4 dni do piątku na cykl planistyczny. W planowaniu kroczonego planista może je rozdysonować już od następnego dnia. Przykładowo, jeżeli na środę w tygodniu  $n$  w planie produkcji jest przezbroyenie X1290, a dzień wcześniej we wtorek wpisane zostanie ZS99, które można wykonać za tym samym przezbroyeniem to:

- w planowaniu w cyklach tygodniowych (rys. 2) nie będzie można go zagregować ze środowym przezbroyeniem X1290,



Rys. 3. Schemat planowania kroczącego (dzienniej aktualizacji)

gdyż dane ZS będzie czekać aż do aktualizacji kolejnego cyklu, czyli do piątku,

- w planowaniu kroczącym aktualizowanym codziennie (rys. 3) planista, aktualizując plan, w środę tygodnia  $n$  będzie mógł uwzględnić ZS99 w harmonogramie produkcji już na czwartek tygodnia  $n$ , przyporządkowując je do już zaplanowanego przebrojenia X1290. Działanie takie powoduje, że planista jest w stanie efektywniej agregować krzesła pod jedno przebrojenie, w momencie generowania planu.

Jak wynika z tabeli 3, każde gniazdo montażowe wymaga czasu na przebrojenia. Dla wyżej opisanego przykładu, ZS99 wykonane zostanie w jednym czasie  $T_{pz}$  (patrz tab. 2) przebrojenia X1209, które było już w planie. W konsekwencji zwiększy się elastyczność danego gniazda, ponieważ ilość przebrojeń w stosunku do wielkości partii spadnie. Jeżeli utrzyma się wolumen sprzedaży, to w konsekwencji czas potrzebny na przebrojenia zmniejszy się, natomiast zaoszczędzony czas będzie można wykorzystać na generowanie wartości dodanej.

W celu weryfikacji zakładanych efektów lepszej agregacji w planowaniu kroczącym, przeprowadzone zostało badanie na podstawie danych (punkt 2.2). Wyniki badania przedstawione zostały w tabelach 4 i 5. Pierwsza z nich przedstawia poziom zdolności produkcyjnych dla planowania kroczącego, natomiast druga, wyniki porównawcze zdolności produkcyjnych planowania w cyklach tygodniowych do planowania kroczącego.

Model planowania kroczącego z aktualizacją dzienną przyczynił się do zwiększenia agregacji z zakresu ZS, jakim

disponuje planista przy układaniu planu produkcji, co potwierdza wzrost średniej partii produkcyjnej. Wzrost partii produkcyjnej przyczynił się do zmniejszenia zapotrzebowania na czas na przebrojenia. Uwolniony czas przeznaczony został na generowanie procesu produkcyjnego (wartości dodanej), co zwiększyło zdolności produkcyjne.

Największy wzrost zdolności produkcyjnych – na poziomie 14% – widoczny jest dla grupy krzeseł C, gdzie udział czasu przeznaczony na przebrojenia był największy. Najmniejszy natomiast dla grupy A, gdzie udział czasu na przebrojenia jest znikomy.

Oznacza to, że podczas planowania kroczącego priorytetem powinno być agregowanie przebrojeń w pierwszej kolejności pod krzesła grupy C.

Zaobserwowany wzrost zdolności produkcyjnych może znacząco obniżyć koszty nadgodzin nadliczbowych. Po wdrożeniu planowania kroczącego z dzienną aktualizacją danych dla grupy B uruchomimy zaledwie 1% produkcji, natomiast w przypadku grupy krzeseł C uruchamiamy dodatkowo 8%, a nie 23%, co daje oszczędności o ponad 70%. Może się okazać, że wzrost zdolności produkcyjnych przyczyni się do oszczędności kosztów rozbudowy i utrzymania nowych gniazd wytwórczych.

Planowanie kroczące rozwiązało również problem zgłaszany przez produkcję, dotyczący zmienności horyzontu planu produkcji. Po zmianach horyzont pozostaje stały na 5 dni do przodu, więc produkcja będzie mogła bezpiecznie przygotować się na działania w najbliższych dniach.

Warto zastanowić się również nad zaletami planowania kroczącego dla planisty. Poprzednio poświęcał on jeden

GRUPA	Średnia ilość ZS na tydzień (zapotrzebowanie na zdolność produkcyjną)		Ilość przebrojeń (różnorodność produkcji)		Ilość przebrojeń dla planowania kroczącego	Efektywny czas pracy na 1 zmianę	Cza na przebrojenia (różnorodność* czas przebrojenia)	Czas na wartość dodaną	Zdolność produkcyjna (czas na wartość dodaną / czas procesu)	Stosunek zdolności produkcyjnej do zapotrzebowania na nią	Średnia wielkość partii
	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[tydz.]	[h/tydz.]	[h/tydz.]	[szt./tydz.]	[szt./tydz.]	[szt.]
A	2986	73%	32	11%	13	82,8	4,39	78,41	2904	103%	227
B	812	20%	78	26%	31	53,6	10,33	43,27	801	101%	26
C	305	7%	188	63%	75	75,6	26,29	49,31	284	108%	4
Σ	4103	100%	298	100%	119	212	41,02	170,98	3989		33

Tab. 4. Zdolności produkcyjne dla planowania kroczącego

GRUPA	Dane z tabeli 3					Dane z tabeli 4					WYNIK	
	Ilość przebrojeń dla tygodniowego cyklu planowania	Cza na przebrojenia (różnorodność * czas przebrojenia)	Zdolność produkcyjna (czas na wartość dodaną / czas procesu)	Stosunek zdolności produkcyjnej do zapotrzebowania na nią	Średnia wielkość partii	Ilość przebrojeń dla planowania kroczącego	Cza na przebrojenia (różnorodność * czas przebrojenia)	Zdolność produkcyjna (czas na wartość dodaną / czas procesu)	Stosunek zdolności produkcyjnej do zapotrzebowania na nią	Średnia wielkość partii	Wzrost zdolności produkcyjnej po zmianie planowania na kroczące	
	[szt.]	[h/tydz.]	[szt/tydz.]	[%]	[szt.]	[h/tydz.]	[szt/tydz.]	[%]	[szt.]	[szt.]	[%]	
A	16	5,49	2863	104%	179	13	4,39	2904	103%	227	41	1,4%
B	39	12,92	753	108%	19	31	10,33	801	101%	26	48	6,3%
C	94	32,40	249	123%	3	75	26,29	284	108%	4	35	14,1%
Σ	149	50,81	3865		26	119	41,02	3989		33	124	

Tab. 5. Porównanie wyników planowania

dzień na generowanie planu dla nowego zakresu danych, po czym przez cały tydzień zajmował się kontrolą i korektami wynikającymi ze zmienności otoczenia. W planowaniu kroczącym planista nie generuje nowego planu co tydzień, a jedynie konsekwentnie codziennie dodaje do planu dane z jednego dnia. Dodatkowo dzienna aktualizacja danych wejściowych i wyjściowych zastępuje lub ogranicza kontrolę i korektę planu.

## 5. Podsumowanie

Celem pracy było badanie, jak zmieniają się zdolności produkcyjne po zastosowaniu modelu planowania kroczącego w stosunku do planowania w cyklach tygodniowych. Obszarem badań jest wydział montażowy fabryki mebli, którą charakteryzuje produkcja seryjna na zamówienie z dużą opcją wyboru.

Wyniki badań dały bardzo obiecujące wyniki (np. redukcja nadgodzin o 70% dla procesów krzeseł z grupy C), szcze-

gólnie dla procesów produkcji charakteryzujących się dużą różnorodnością.

Przeprowadzone badania można traktować jako przykład dla innych przedsiębiorstw, mających różnorodny proces, gdzie duży koszt stanowi czas przeznaczony na przebrojenia. Wyniki w tych przedsiębiorstwach będą się różnić w zależności od długości cykli planowania, horyzontu planowania, terminu realizacji zleceń czy cyklu produkcji, jednak efekt działania powinien zredukować czas potrzebny na przebrojenia, co wpłynie na efektywniejsze wykorzystanie zasobów produkcji, w tym wzrost zdolności produkcyjnych.

Planowanie kroczące kładzie duży nacisk (wymusza) systematyczną pracę poprzez częstą aktualizację zakresu danych. Aktualizacja pozwala również na bardziej elastyczne dopasowanie się do zmienności otoczenia, gdzie z jednej strony mamy plan działania (stały horyzont planowania), a z drugiej, jest on równocześnie krokowo dostosowywany do zmian i nowych informacji z otoczenia.

**Literatura:**

- [1] Brzeziński M.: *Organizacja i sterowanie produkcją*. Placet, Warszawa 2002.
- [2] Brzeziński M.: *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych*. Cz. I, Wydawnictwo Uczelniane PL, Lublin 1997.
- [3] Duggan Kevin J.: *Creating Mixed Model Value Streams*. Productivity Press, New York 2002.
- [4] Hadaś Ł., Fertsch M., Cyplik P.: *Planowanie i Sterowanie Produkcją*. Politechnika Poznańska, Poznań 2011.
- [5] *PMI, Kompendium wiedzy o zarządzaniu projektami (A Guide to the Project Management Body of Knowledge)*. Third Edition, MT&DC, Warszawa 2006.
- [6] Wirkus M., Maciągowski D.: *Mass Customization jako alternatywa dla produkcji masowej*. Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, Warszawa 2010.
- [7] Wirkus M.: *Projektowanie procesów produkcyjnych*. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2006, niepublikowane materiały szkoleniowe.
- [8] [www.encyklopedia.pwn.pl](http://www.encyklopedia.pwn.pl), dostęp listopad 2011.

**RESULTS ON IMPLEMENTATION OF ROLLING WAVE PLANNING IN A FURNITURE FACTORY**

**Key words:**

rolling wave planning, production cycle, planning cycle, improvement production planning, production improvement

**Abstract:**

Rolling wave planning is the process of planning for a project in waves as the project becomes clearer and unfolds. It is important in such projects to at least highlight in the initial plan the key milestones for the Project. Rolling Wave Planning acknowledges the fact that we can see more clearly what is in close proximity, but looking further ahead our vision becomes less clear [3].

Article shows benefits of rolling wave planning in production field. Based on the same data, there are two forecast calculations. First calculation is about current state of weekly cycle planning, second calculation is about future state of rolling wave planning (wave is the period of one day).

Problem of current state is lack of production cells capacity, that makes costs of overtime. After research of implementing rolling wave planning there is shown estimations for new level of production cells capacity. New way of planning brings benefits in better aggregations, which reduce time for exchanges. Reduced time we can use for extra value-added process with rise production cells capacity. Figure 5 include both calculations and final results.

**Dr hab. inż. Marek WIRKUS, prof. PG**

Katedra Inżynierii Systemów Produkcji  
Wydział Zarządzania i Ekonomii  
Politechnika Gdańska  
ul. G. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk  
tel. 58 347 15 24  
[mwir@zie.pg.gda.pl](mailto:mwir@zie.pg.gda.pl)

**Mgr inż. Karol BĄK**

Doktorant na Wydziale Zarządzania i Ekonomii  
Specjalista ds. przepływu materiałów oraz informacji  
tel. 511 506 633  
[bakkarol@wp.pl](mailto:bakkarol@wp.pl)