

Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów wytwórczych



PLAN PREZENTACJI



- Współczesne paradygmaty projektowania systemów wytwórczych.
- Etapy i aktualne kierunki rozwoju systemów wytwórczych.
- Pojęcie zdolności produkcyjnej i obszary decyzyjne w tym zakresie.
- Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów wytwórczych.
- Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej.
- Podsumowanie i wnioski końcowe.

Współczesne paradygmaty projektowania systemów wytwórczych



Czynniki decydujące o pozycji konkurencyjnej na rynku:

- koszt produkcji



- jakość produktu



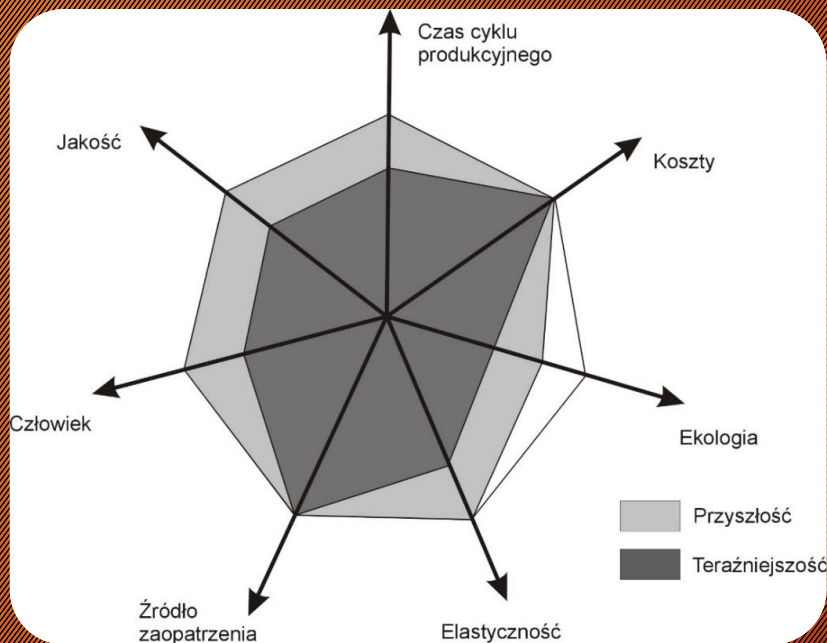
- czas dostawy (czas realizacji zamówienia)



Współczesne paradygmaty projektowania systemów wytwórczych



W obszarze obejmującym źródła zaopatrzenia przedsiębiorstwa oraz w obszarze kształtowania kosztów zostały już osiągnięte dopuszczalne granice ich wzrostu (rys. 1).



Dużych rezerw w strategicznych działaniach przedsiębiorstw należy upatrywać w poprawie jakości produktów i procesów zarządzania, w zarządzaniu zasobami ludzkimi, **elastyczności produkcji, skróceniu cykli produkcyjnych oraz dążeniu do ekologicznej produkcji.**

Rys. 1. Współczesne kierunki rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych.

Źródło: opracowano na podstawie: Chlebus E., *Techniki Cax w inżynierii produkcji*, WNT, Warszawa 2000.

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap I – produkcja rzemieślnicza

Produkcja rzemieślnicza – produkcja wykonywana w sposób ręczny lub z wykorzystaniem maszyn i urządzeń o niewielkim stopniu specjalizacji realizowana w małych ilościach – najczęściej na indywidualne zamówienie klienta



Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Cechy produkcji rzemieślniczej

- Pracownicy wysokowyzkwalifikowani w projektowaniu, obróbce i montażu,
- Organizacje zdecentralizowane, skoncentrowane wokół dużych miast – w większości małe warsztaty.
- System koordynowany przez właściciela/przedsiębiorcę będącym w bezpośrednim kontakcie ze wszystkimi zainteresowanymi – klientami, pracownikami, dostawcami.
- Wykorzystywany park maszynowy – uniwersalne maszyny do wiercenia, toczenia i wykonywania innych operacji w metalu czy drewnie.
- Bardzo małe wolumeny produkcji.
- Praktycznie zerowa powtarzalność produkcji (nawet dla wyrobów wykonywanych według tego samego projektu).

Źródło: Womack J.P., Jones D.T., Roos D., *Maszyna, która zmieniła świat*, Wyd. ProdPress.com, Wrocław 2008.

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap II – systemy produkcji masowej



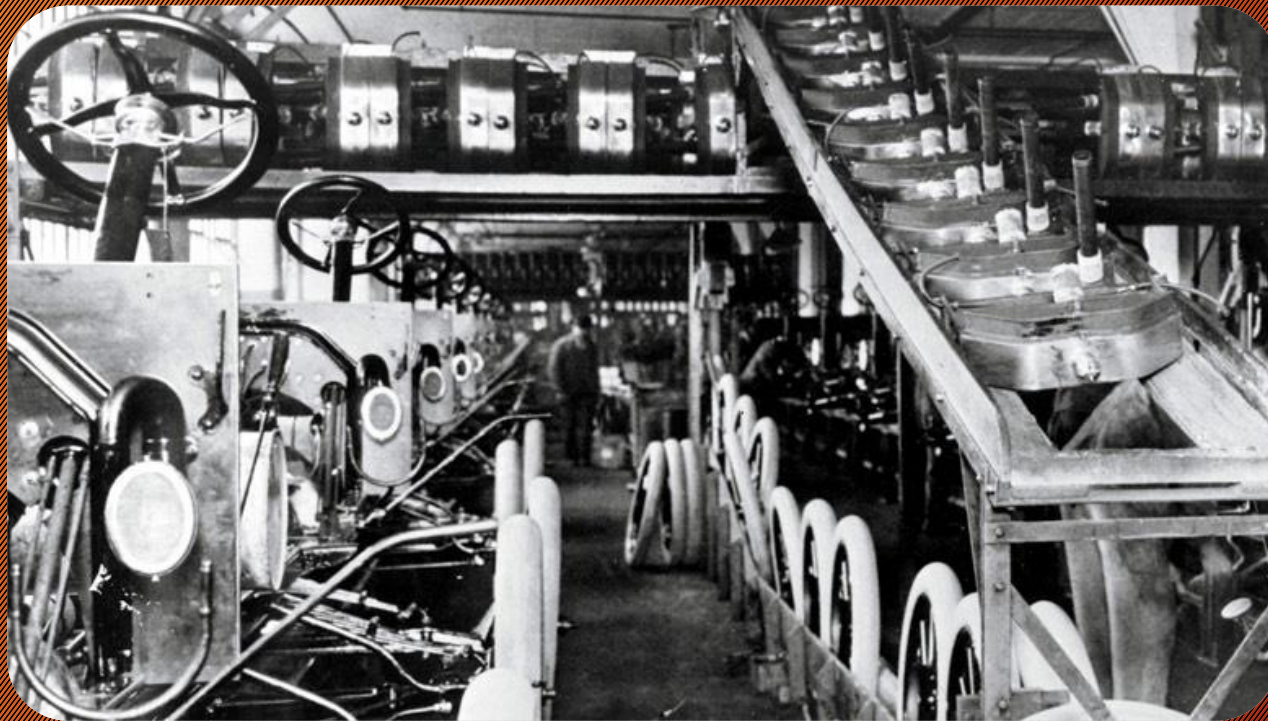
Henry Ford

1863-1947

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap II – systemy produkcji masowej



Linia montażowa
Ford T

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap II – systemy produkcji masowej

Cechy produkcji masowej

- Pracownicy niewyspecjalizowani o niskich kwalifikacjach.
- Wysoka produktywność i efektywność ekonomiczna w przeliczeniu na jednostkę wytwarzanego wyrobu.
- Wykorzystywany park maszynowy – maszyny specjalne bądź specjalizowane.
- Bardzo duże wolumeny produkcji.
- Bardzo duża powtarzalność produkcji.
- Minimalne zróżnicowanie asortymentowe.

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Wymagania rynkowe:

- większe zróżnicowanie asortymentowe (produkcja ukierunkowana na klienta),
- małe i zmienne wolumeny produkcji,
- krótkie czasy produkcji,
- niska cena produkowanych wyrobów.

Postęp w zakresie techniki i technologii:

- rozwój technologii komputerowej,
- nowe rozwiązania w zakresie konstrukcji maszyn technologicznych,
- sterowanie numeryczne obrabiarek (NC),
- komputerowe wspomaganie procesów projektowania i sterowania przepływem wyrobów.

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



← Wzrost specjalizacji i stabilizacji na stanowisku roboczym

	Formy organizacji					
	Masowa	Wielkoseryjna	Średnioseryjna	Małoseryjna	Jednostkowa	
Produkcja nierytmiczna (niepotokowa)	Masowa niepotokowa	Wielkoseryjna niepotokowa	Średnioseryjna niepotokowa	Małoseryjna niepotokowa	Jednostkowa niepotokowa	Niepotokowa w kormórkach o strukturze technologicznej
			Średnioseryjna grupowa	Małoseryjna grupowa	Jednostkowa grupowa	Niepotokowa w kormórkach przedmiotowo - zamkniętych
			Średnioseryjna liniowa	Małoseryjna liniowa	Jednostkowa liniowa	Niepotokowa w liniach
Produkcja rytmiczna (potokowa)	Potok stały asynchroniczny	Potok zmienny asynchroniczny	Potok złożony			Potok asynchroniczny
	Potok stały ciągły	Potok zmienny synchroniczny				Potok synchroniczny
	Potok stały przymusowy	Potok zmienny przymusowy				
	Potok ciągle zautomatyzowany	Potok zmienny zautomatyzowany				Potok zautomatyzowany
	Miejsce na dalszą ewolucję					

↓ Stopień powiązania stanowisk roboczych

Źródło: S. Chajtnan, *Podstawy organizacji procesu produkcyjnego*, PWE, Warszawa 1971.

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)



Elastyczny system
produkcyjny
CAMOS II - MP

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)

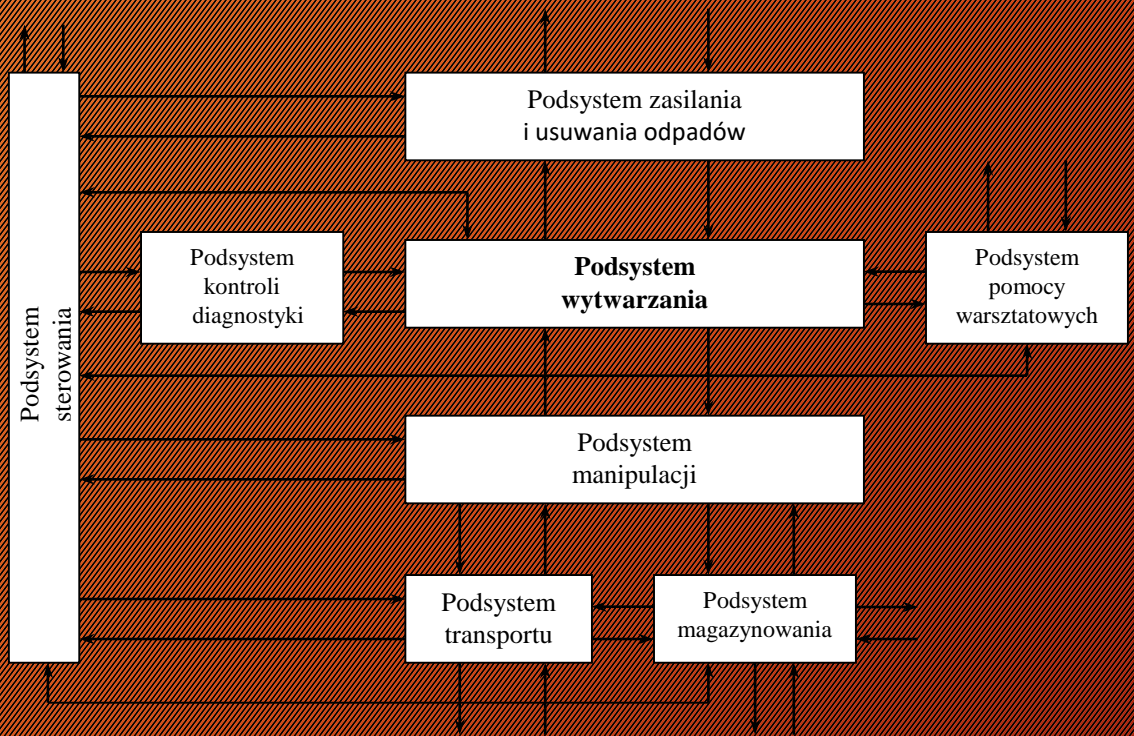
Definicja ESP

Elastyczny system produkcyjny to zintegrowany i sterowany komputerowo zestaw urządzeń produkcyjnych (obrabiarki i inne urządzenia technologiczne, urządzenia do przemieszczania materiałów i pomocy warsztatowych, zautomatyzowane urządzenia pomiarowe i diagnostyczne, urządzenia realizujące inne operacje pomocnicze – myjnie, suszarnie) mogący produkować w zmiennej kolejności i proporcjach wyroby należące do określonej klasy w ramach swych możliwości oraz przy zapewnieniu wysokiej efektywności ekonomicznej”

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)



Rys. Podsystemy funkcjonalne ESP

Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)



Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)

- Jakie są powody zatrzymania się rozwoju koncepcji ESP ???
- Jakie są obecnie kierunki rozwoju systemów produkcyjnych???



Etapy rozwoju systemów produkcyjnych



Etap III – elastyczne systemy produkcyjne (ESP)

„Wytwarzaj elastycznie, ale w możliwie najprostszy sposób i najtaniej”

J. Honczarenko: *Elastyczna automatyzacja wytwarzania. Obrabiarki i systemy obróbkowe*, WNT, Warszawa 2000.

„Przy projektowaniu elastycznych systemów produkcyjnych należy pamiętać, że nie jest trudno poprawić ich elastyczność, budując nowy, bardziej elastyczny system. (...) Elastyczność wiąże się jednak z ogromnymi kosztami, dlatego też dobrze zaprojektowany system powinien być na tyle elastyczny, na ile jest to absolutnie niezbędne”

M. Brzeziński (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją. Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją*, Agencja Wydawnicza „Placet”, Warszawa 2002.



Pojęcie zdolności produkcyjnej i obszary decyzyjne w tym zakresie

Obszary decyzyjne w zakresie zarządzania zdolnością produkcyjną:

	Planowanie	Wykorzystanie
Poziom maszyny	Jaką maszynę kupić?	Jak najlepiej wykorzystać potencjał posiadanej maszyny?
Poziom systemu wytwórczego	Jak zaplanować zdolność produkcyjną systemu?	Jak najlepiej wykorzystać potencjał posiadanego systemu?

Pojęcie zdolności produkcyjnej i obszary decyzyjne w tym zakresie



„Niepełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego przedsiębiorstwa powoduje wzrost kosztu przeciętnego ponad poziom niezbędny do wytworzenia jednostki produktu. Takie przedsiębiorstwa mogą osiągać niższe od optymalnych wyniki ekonomiczne.

Dla potrzeb zarządzania przedsiębiorstwem konieczna jest znajomość skutków posiadanych rezerw produkcyjnych i usługowych. Rezerwy te są przyczyną powstawania kosztów pustych (nieabsorbowlanych)...”

W. Janik (red.), Rachunek kosztów w działalności produkcyjnej i usługowej, Wyd. WSPA, Lublin 2009.



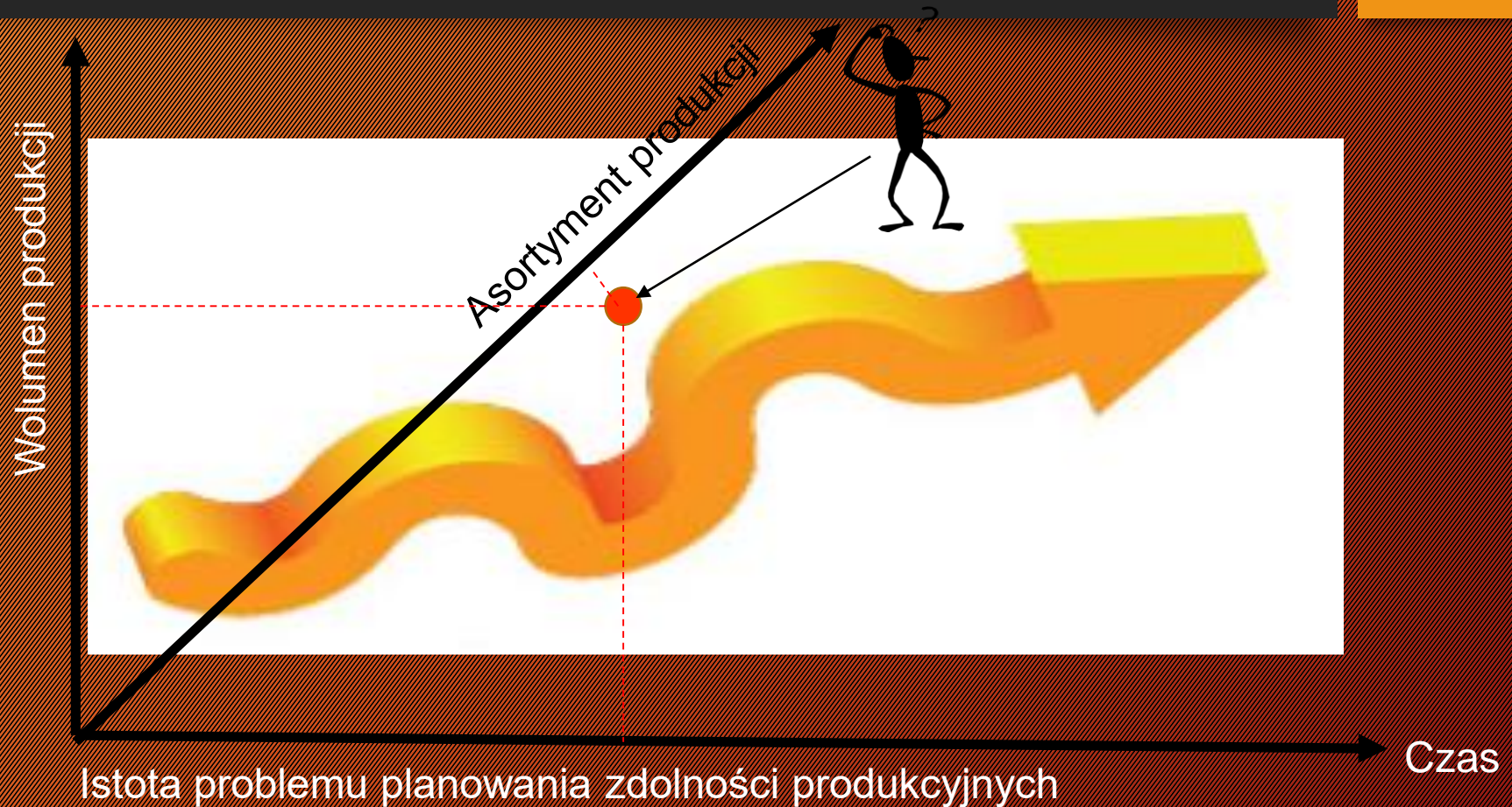
Pojęcie zdolności produkcyjnej i obszary decyzyjne w tym zakresie

W procesie projektowania systemu zagadnieniem o kluczowym znaczeniu pozostaje zaplanowanie odpowiedniej **zdolności (mocy, możliwości) produkcyjnej** systemu, rozumianej jako **maksymalna ilość produktu, jaka może zostać wytworzona w określonym czasie.**

Planowanie zdolności produkcyjnej ma na celu dopasowanie poziomu mocy produkcyjnej systemu do planowanego zapotrzebowania. Istnienie jej nadmiaru w jakiegokolwiek organizacji oznacza, że zbyt dużo zainwestowano w wyposażenie, co jest tak nieekonomiczne, jak i drogie. Z drugiej jednak strony, niedobory mocy produkcyjnych skutkują niezaspokojeniem pewnej części popytu, co prowadzi do utraty potencjalnej sprzedaży i innych strat.

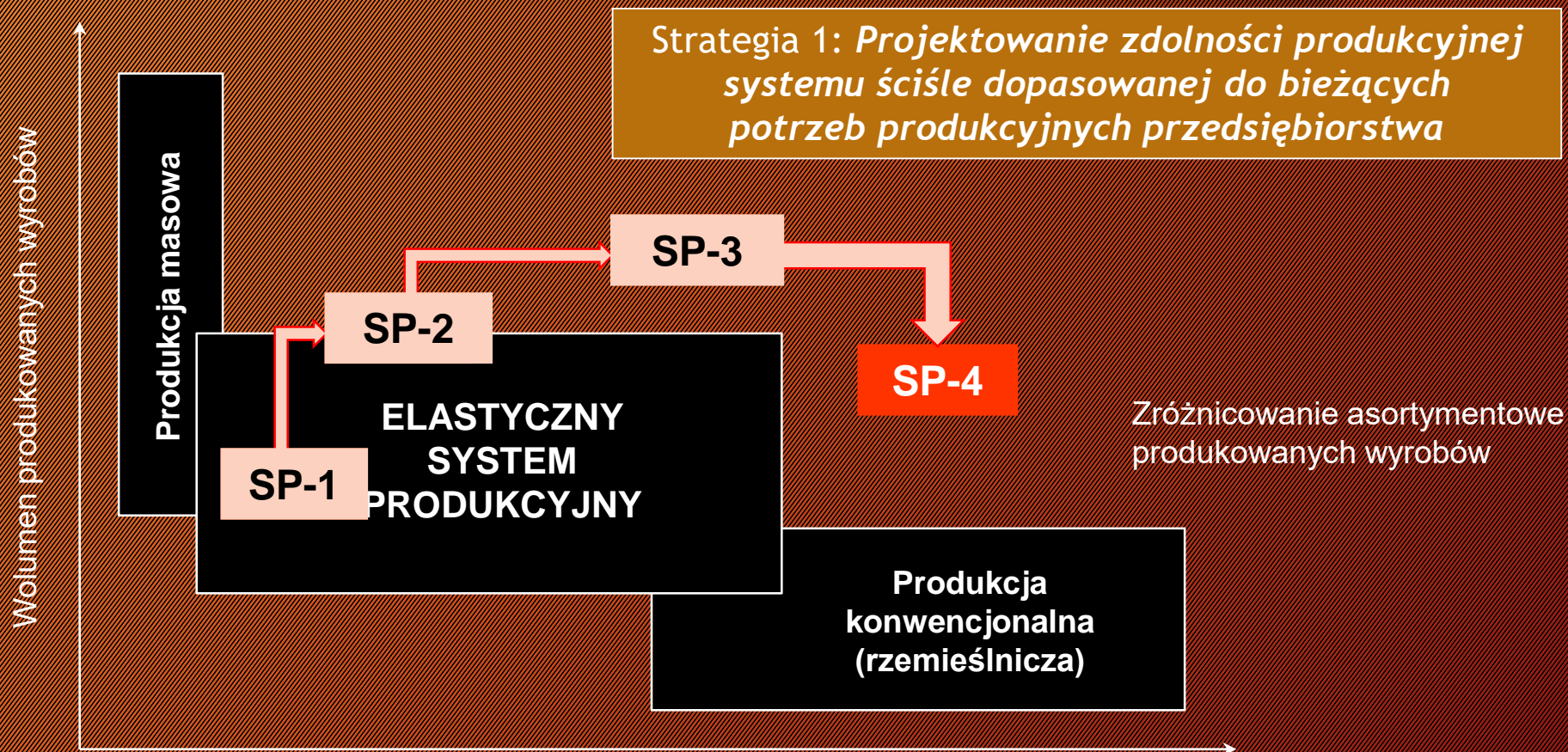
W ogólnym ujęciu, **w długim okresie czasu planowanie zdolności produkcyjnej polega na jej dostosowaniu do popytu na wytwarzane produkty.**

Pojęcie zdolności produkcyjnej i obszary decyzyjne w tym zakresie





Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych



Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych

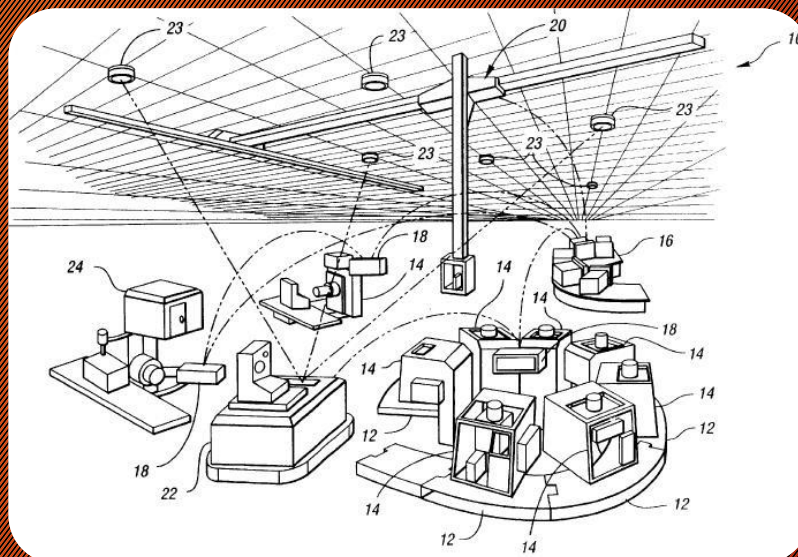


Prof. Yoram Koren
University of Michigan

Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych

Definicja RSP

Rekonfigurowalny system produkcyjny (RSP) to system zaprojektowany pod kątem możliwości szybkiego dostosowania funkcjonalności i posiadanych zdolności produkcyjnych do zadań wynikających ze zmiennego zapotrzebowania rynku poprzez zmianę struktury systemu zarówno w sferze urządzeń produkcyjnych, jak i oprogramowania.



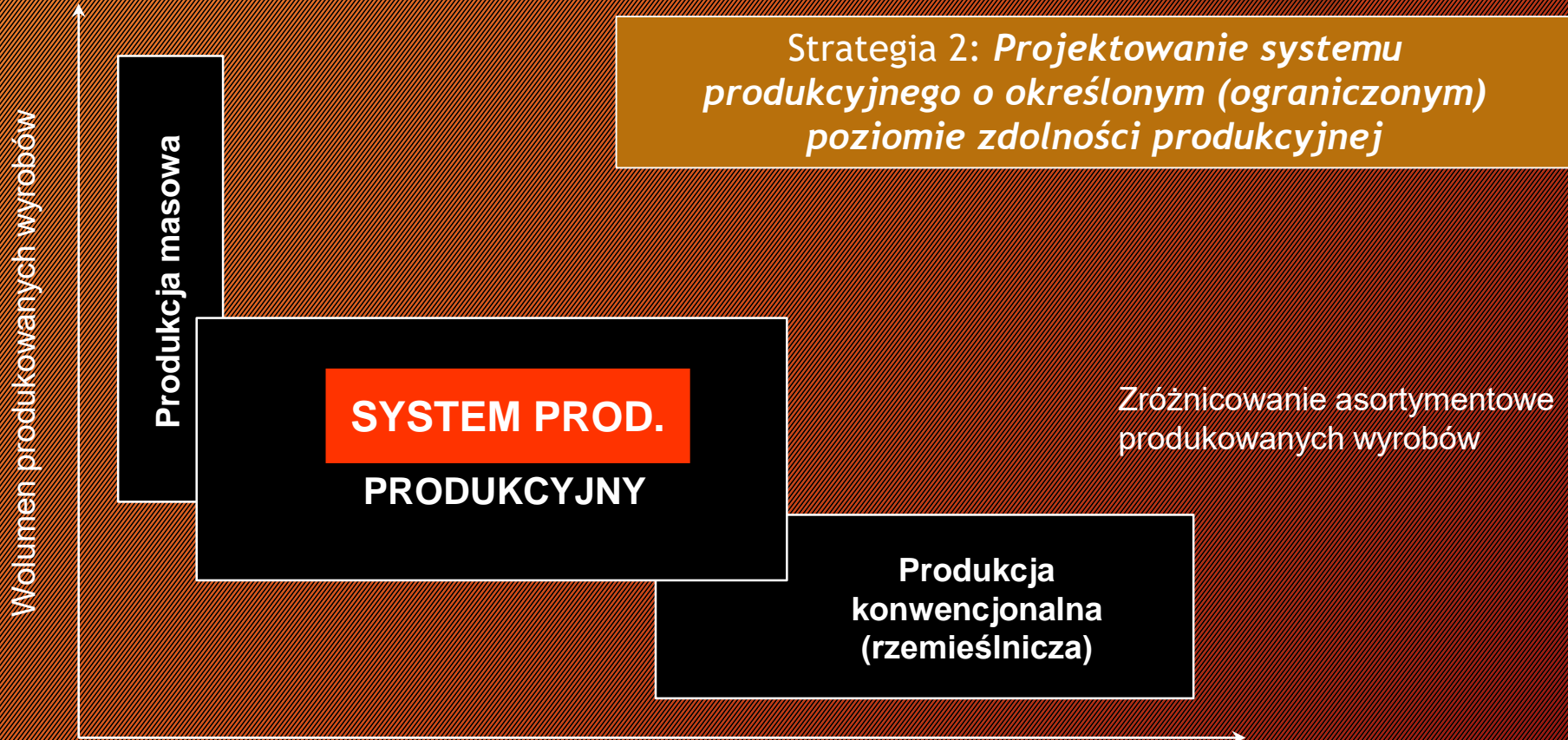


Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych

Cechy rekonfigurowalnego systemu produkcyjnego:

- **Budowa modułowa** – wszystkie elementy systemu mają charakter modułowy,
- **Integralność** – każdy z modułów systemu posiada zdolność integracji z systemem,
- **Racjonalność** – każdy z elementów systemu posiada cechy dostosowane dokładnie do wymaganych potrzeb,
- **Zamiennosc** – system musi być podatny na szybkie dostosowanie (zmianę struktury) do nowych warunków produkcyjnych,
- **Kontrolowalność** – wymóg posiadania jednostek (urządzeń) pomiarowych identyfikujących błędy w produkcji realizowanej w systemie.

Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych



Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych



Prof. Tullio Tullio
Politechnico di Milano



Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów produkcyjnych



Definicja DESP

Dedykowany elastyczny system produkcyjny (DESP) to system zaprojektowany pod kątem zapewnienia optymalnego poziomu elastyczności pod względem wolumenu produkcji i zróżnicowania asortymentowego wytwarzanych wyrobów. Projekt DESP bierze pod uwagę zarówno stan obecny, jak i perspektywy rozwoju w zakresie wielkości produkcji, jak i zróżnicowania asortymentowego produkowanych wyrobów w określonym przedsiębiorstwie. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie minimalnych kosztów inwestycji i eksploatacji systemu w okresie „życia” systemu.

Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



W praktyce przemysłowej spotykane są trzy podstawowe modele „zapuszczania” wyrobów do produkcji:

- **Szeregowy ruch partii** od operacji do operacji lub stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrobione detale przekazywane są do następnej operacji po wykonaniu operacji poprzedniej na wszystkich sztukach partii produkcyjnej.
- **Szeregowo-równoległy ruch partii** od operacji do operacji lub ze stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrobione detale przekazywane są do następnej operacji wcześniej niż zakończona jest operacja na wszystkich sztukach partii produkcyjnej.
- **Równoległy ruch partii** oznacza, iż poszczególne detale przechodzą na następną operację natychmiast po wykonaniu operacji poprzedniej, co stwarza sytuację, w której jedna partia jest w jednoczesnej, równoległej obróbce w różnych operacjach dla kilku stanowiskach roboczych).

Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej

Przykład:

Określić wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej dla partii 100 wałków o procesie technologicznym przedstawionym w tabeli poniżej:

Nr oper.	Stanowisko	opis operacji	t_{pz} [godz.]	t_j [godz.]
10	WCC80	Frezowanie i nakietkowanie	0,4	0,01
20	TUD50	Toczenie	0,4	0,06
30	WKA25	Gwintowanie	0,45	0,07
40	FND32	Frezowanie	0,25	0,03
50	SWB25	Szlifowanie	0,45	0,25



Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



Przyjęte założenia

- a) wielkość partii produkcyjnej $S = 100$ szt. b) wielkość partii produkcyjnej $pt = 25$ szt.

$$S = 100 \text{ szt.} \quad pt = 25 \text{ szt.}$$

Układ szeregowy:

$$O_t = 100 * (0,01+0,06+0,07+0,03+0,25) = 100 * 0,42 = \mathbf{42 \text{ godz.}}$$

Układ szeregowo-równoległy:

$$O_t = 42 - (100-25) * (0,01+0,06+0,03+0,03) = \mathbf{32,25 \text{ godz.}}$$

Układ równoległy:

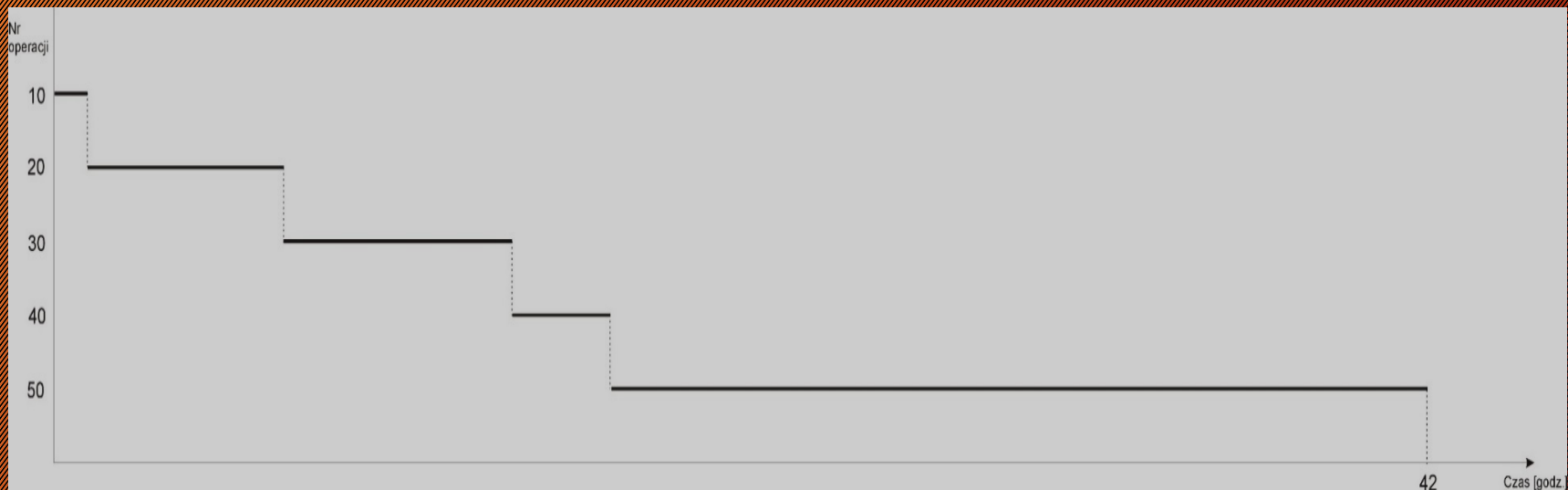
$$O_t = 25*0,42 + (100-25) * 0,25 = 14,75 + 13,5 = \mathbf{29,25 \text{ godz.}}$$

gdzie: O_t – długość okresu technologicznego

Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



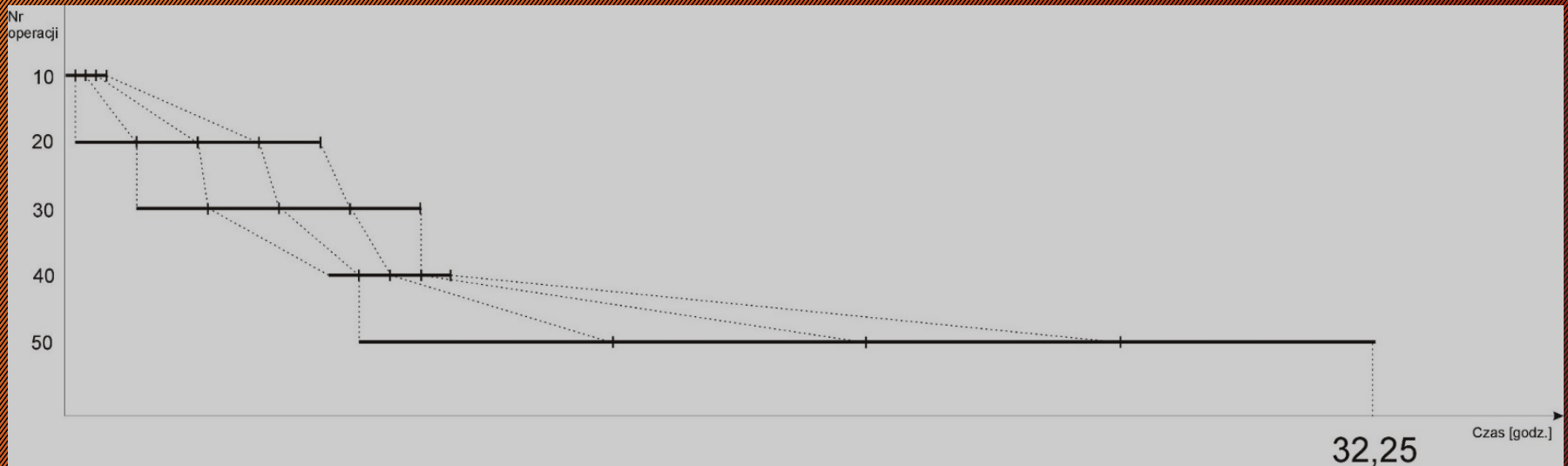
układ szeregowy



Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



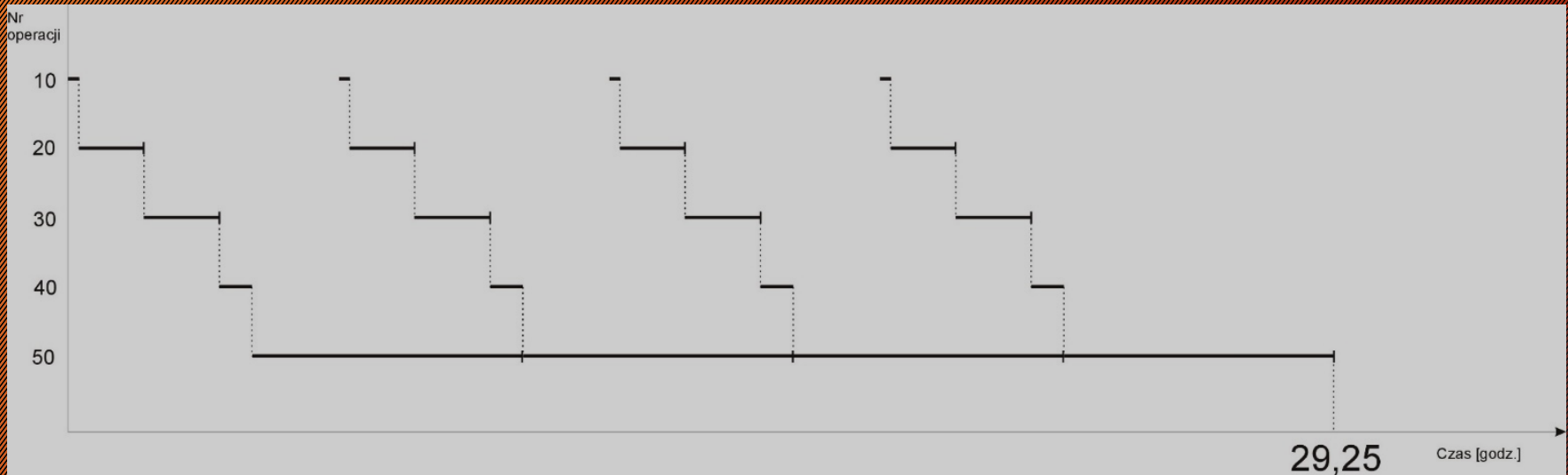
układ szeregowo-równoległy



Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



układ równoległy



Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



Wpływ wielkości partii transportowej na długość okresu technologicznego, liczbę operacji transportowych i maksymalną liczbę przebrojeń w trakcie procesu produkcyjnego części

Wielkość partii transport. [szt.]	Okres technologiczny [godz.]			Liczba operacji transportowych			Maksymalna liczba przebrojeń w trakcie procesu		
	szer.	szer.-równ.	równ.	szer.	szer.-równ.	równ.	szer.	szer.-równ.	równ.
100	42,00	42,00	42,00	4	4	4	5	5	5
50	42,00	35,50	33,50	4	8	8	5	5	9
25	42,00	32,25	29,25	4	16	16	5	5	17
20	42,00	31,60	28,40	4	20	20	5	5	21
10	42,00	30,30	26,70	4	40	40	5	5	41
5	42,00	29,65	25,85	4	80	80	5	5	81
4	42,00	29,52	25,68	4	100	100	5	5	101
2	42,00	29,26	25,34	4	200	200	5	5	201
1	42,00	29,13	25,17	4	400	400	5	5	401

Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



Współczynnik rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego

$$\eta_{j(rz)} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pz} + \sum_{i=1}^n (pt * t_j)}{O_i}$$

Współczynnik efektywnej zajętości stanowiska roboczego

$$\eta_{j(ef)} = \frac{\sum_{i=1}^n (pt * t_j)}{O_i}$$

gdzie:

$\eta_{j(rz)}$ – współczynnik rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego,

$\eta_{j(ef)}$ – współczynnik efektywnej zajętości stanowiska roboczego,

pt – wielkość partii transportowej,

O_i – długość okresu technologicznego dla wybranej formy spływu części.

Wpływ sposobu „zapuszczania” produkcji na długość okresu technologicznego i stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej



Wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych przy równoległym układzie splywu części

pt	WCC80		TUD50		WKA25		FND32		SWB25	
	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]
100	3,33	2,38	15,24	14,29	17,74	16,67	7,74	7,14	60,60	59,52
50	3,88	1,49	11,34	8,96	13,13	10,45	5,97	4,48	40,00	37,31
25	6,32	0,85	10,60	5,13	12,14	5,98	5,98	2,56	27,52	21,37
20	7,75	0,70	11,27	4,23	12,85	4,93	6,51	2,11	25,53	17,61
10	15,36	0,37	17,23	2,25	19,48	2,62	10,49	1,12	26,22	9,36
5	31,14	0,19	32,11	1,16	36,17	1,35	19,92	0,58	39,65	4,84
4	39,10	0,16	39,88	0,93	44,90	1,09	24,81	0,47	47,70	3,89
2	79,01	0,08	79,40	0,47	89,34	0,55	49,57	0,24	90,77	1,97
1	159,0	0,04	159,2	0,24	179,1	0,28	99,4	0,12	179,8	0,99

Podsumowanie i wnioski



- Przedsiębiorstwa coraz częściej dostrzegają potrzebę zwiększania efektywności wykorzystania posiadanego parku maszynowego.
- Współczesne koncepcje projektowania systemów produkcyjnych często marginalizują kwestię zarządzania zdolnością produkcyjną.
- Zarządzanie zdolnością produkcyjną wiąże się z wieloma problemami i ograniczeniami.
- Brak jest jednej „pewnej” strategii planowania zdolności produkcyjnych.
- Systemami odpowiadającymi współczesnym wymaganiom w zakresie planowania zdolności produkcyjnych są rekonfigurowalne systemy produkcyjne (RSP) i dedykowane elastyczne systemy produkcyjne (DESP).

Podsumowanie i wnioski



- Szeregowy układ „zapuszczania” produkcji charakteryzuje się najwyższym stopniem wykorzystania zdolności produkcyjnej przy najdłuższym okresie produkcyjnym.
- Najkrótszy czas realizacji zlecenia produkcyjnego możliwy jest przy układzie równoległym; układ ten jednakże charakteryzuje się najniższym stopniem wykorzystania zdolności produkcyjnej.
- Problem decyzyjny w zakresie zarządzania produkcją sprowadza się do znalezienia optymalnego rozwiązania w zakresie minimalizacji długości okresu technologicznego i stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej.

Podsumowanie i wnioski



- Szeregowy układ „zapuszczania” produkcji charakteryzuje się najwyższym stopniem wykorzystania zdolności produkcyjnej przy najdłuższym okresie produkcyjnym.
- Najkrótszy czas realizacji zlecenia produkcyjnego możliwy jest przy układzie równoległym; układ ten jednakże charakteryzuje się najniższym stopniem wykorzystania zdolności produkcyjnej.
- Problem decyzyjny w zakresie zarządzania produkcją sprowadza się do znalezienia optymalnego rozwiązania w zakresie minimalizacji długości okresu technologicznego i stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej.

Podsumowanie i wnioski



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

Strategie planowania zdolności produkcyjnych współczesnych systemów wytwórczych

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji
dr hab. inż. Arkadiusz Gola

Projekt „Politechnika Lubelska - Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
- finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

