

System sterowania wytwarzaniem DNC

Bezpośrednie sterownie numeryczne DNC (ang. **Direct Numerical Control**) umożliwia bezpośrednie sterowanie urządzeniami technologicznymi przez komputer zewnętrzny. Technika DNC rozszerzyła funkcje układów NC/CNC o funkcje komunikacyjne, umożliwiając prowadzenie z nimi bezpośredniej komunikacji przez oprogramowane łącze DNC.

Wobec zmian w koncepcjach sterowania przebiegiem procesów produkcyjnych, idących w kierunku decentralizacji sterowania, akronim **DNC** bywa też stosowany w znaczeniu **Distributed Numerical Control** - rozproszone sterowanie numeryczne

System sterowania DNC pierwszej generacji

W systemach sterowania **DNC pierwszej generacji** komputer zewnętrzny sterował zdalnie pracą obrabiarek na zasadzie przesyłania niezbędnych danych w czasie rzeczywistym, w trakcie wykonywania zadanych zabiegów technologicznych.

Komputer zewnętrzny przejmował funkcje sterujące, stanowiąc rodzaj zewnętrznego układu sterowania obrabiarki.

System sterowania DNC drugiej generacji

Systemy DNC drugiej generacji realizują połączenia układów sterowania z centralnym komputerem przez łącza DNC dając możliwość centralnego rozdziału programów.

Koncepcja ich działania jest oparta na założeniu, że przyłączane maszyny technologiczne, albo mają komputerowe sterowanie CNC z własną pamięcią do przechowywania programów technologicznych albo są to starsze, klasyczne sterowania numeryczne NC bez własnej pamięci. Wówczas proste interfejsy DNC, umożliwiające komunikacje między komputerem DNC a sterowaniem NC danej maszyny technologicznej, są zastępowane inteligentnymi terminalami DNC.

System sterowania DNC drugiej generacji

Systemy DNC drugiej generacji umożliwiają

- dystrybucję programów obróbki oraz śledzenie stanu maszyn
- zbieranie danych produkcyjnych
- zbieranie danych eksploatacyjnych, dotyczących zwłaszcza stanu narzędzia skrawającego, awarii maszyn technologicznych

Statystyczne opracowanie tych danych w komputerze DNC pozwala nie tylko na prawidłową gospodarkę remontową, lecz także na przewidywanie określonych stanów awaryjnych. Ta funkcja sterowania DNC służy także do diagnozowania aktualnego stanu technicznego systemu technologicznego.

Architektura systemów DNC

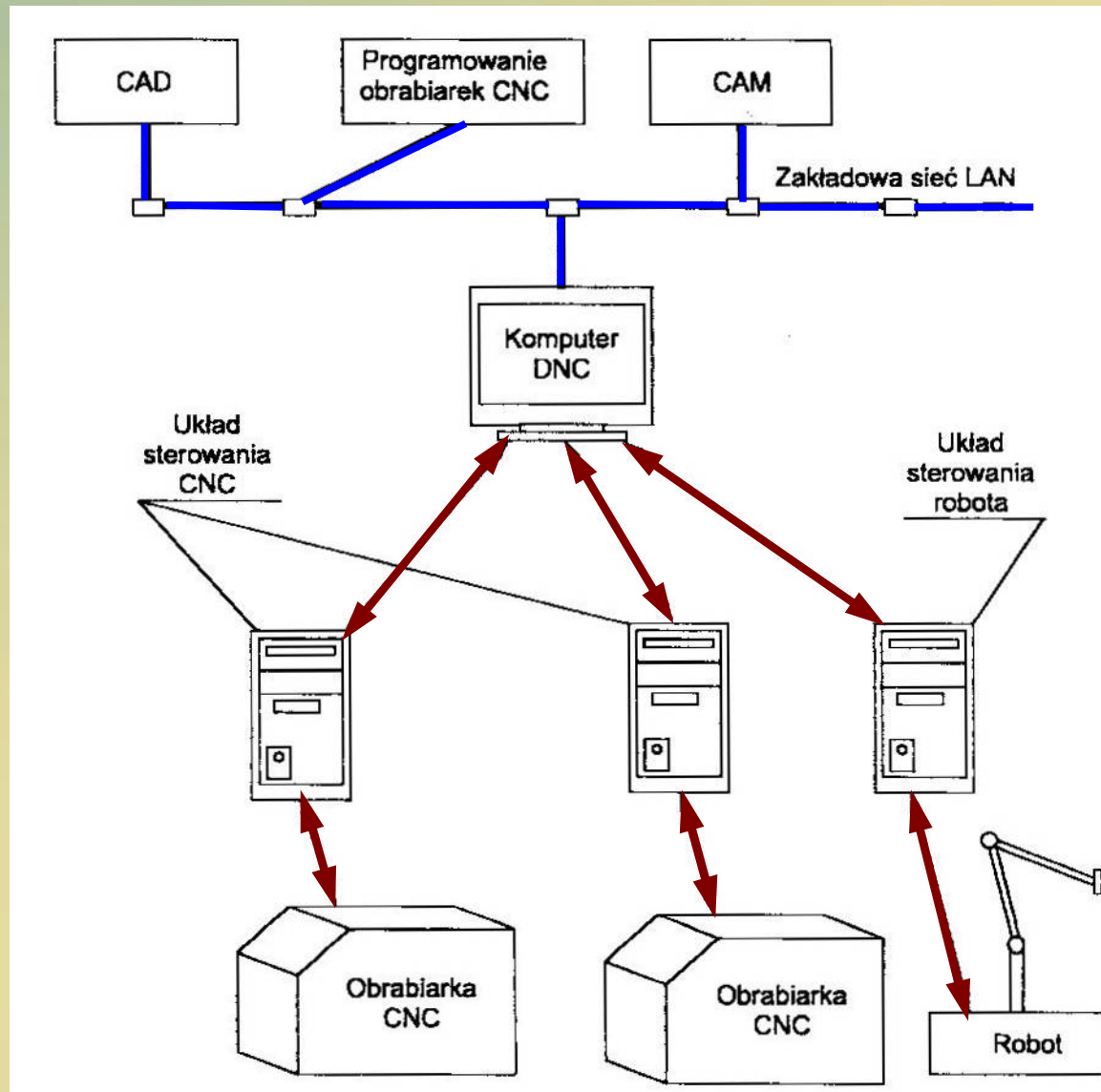
Można rozróżnić cztery podstawowe typy struktur (architektur) systemów sterowania produkcją:

- architektura scentralizowana;
- architektura hierarchiczna;
- architektura hybrydowa;
- architektura rozproszona.

Architektura systemów DNC

W **architekturze scentralizowana** komputer centralny współpracuje ze wszystkimi pozostałymi komputerami systemu sterowania oraz układami sterowania pracą urządzeń. W scentralizowanym układzie bezpośredniego sterowania numerycznego DNC komputer centralny ma pełne możliwości decyzyjne i wykonuje podstawowe funkcje systemu sterowania ma możliwość bezpośredniego przekazywania poleceń do wykonawczych układów sterowania, a ponadto realizowania funkcji związanych z planowaniem operatywnym produkcji i dyspozycją operacji produkcyjnych, a także wykonywania zadań związanych z wymianą informacji z otoczeniem, w szczególności nadrzędnym systemem planowania produkcji.

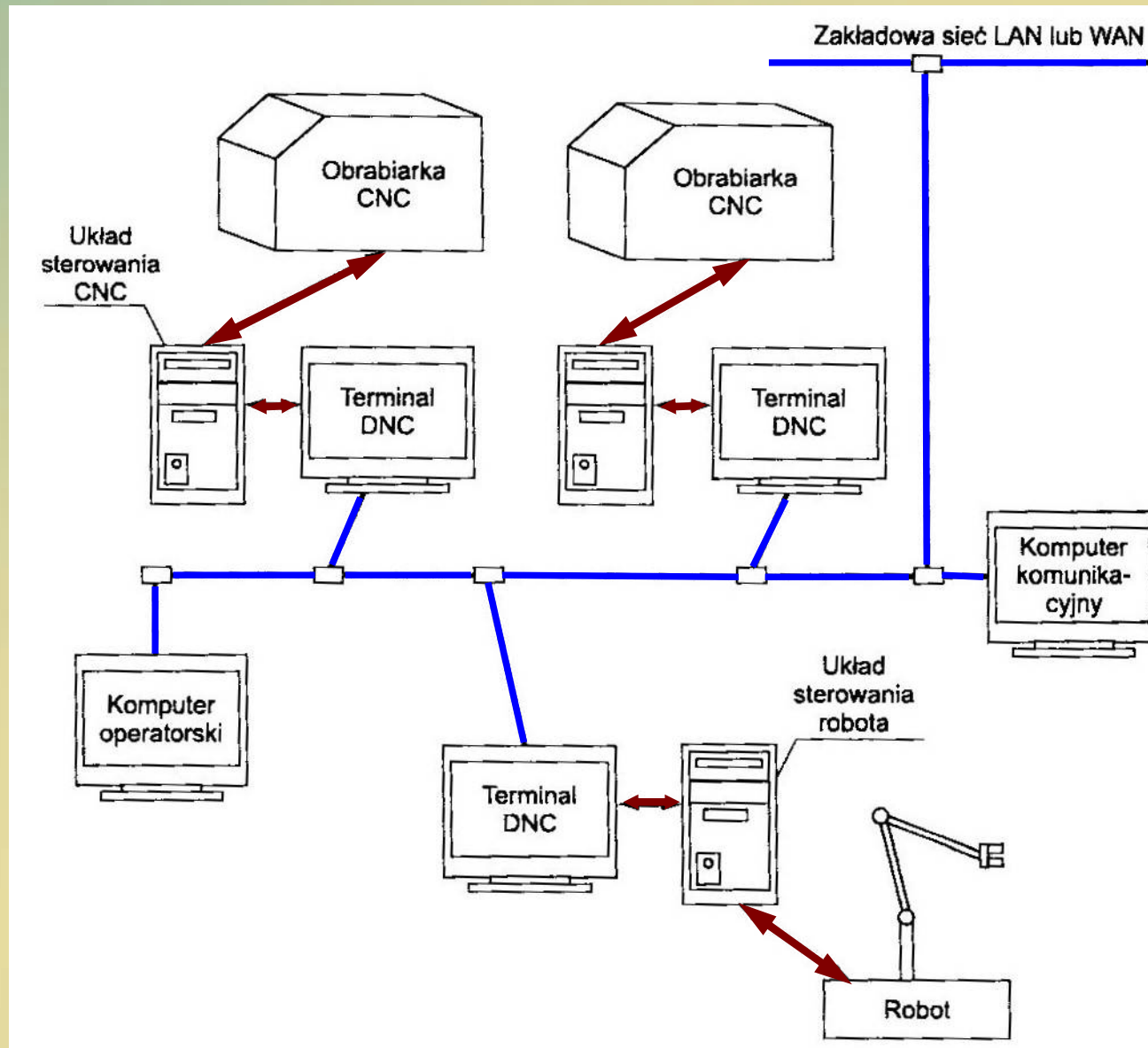
Architektura systemów DNC



Architektura systemów DNC

Zdecentralizowany **rozproszony** układ sterowania składa się z szeregu komputerów i urządzeń terminalowych wykonujących równolegle przypisane im funkcje. Mogą to być zarówno komputery nadzorujące pracę stanowisk i urządzeń, jak i jednostki wyspecjalizowane zadaniowo. Pomimo możliwości wzajemnego komunikowania się wszystkich komputerów, często jednemu z nich przypisuje się funkcję procesora komunikacyjnego.

Architektura systemów DNC



Struktura funkcjonalna automatycznych systemów wytwarzania

Podsystem przepływu materiałów obejmuje środki techniczne realizujące powiązania między elementami podsystemu wytwarzania i odnosi się do przepływu przedmiotów obrabianych, narzędzi oraz uchwytów mocujących lub ich elementów. Podsystem przepływu materiałów spełnia trzy podstawowe funkcje:

- **składowania czyli magazynowania,**
- **transportu**
- **manipulacji.**

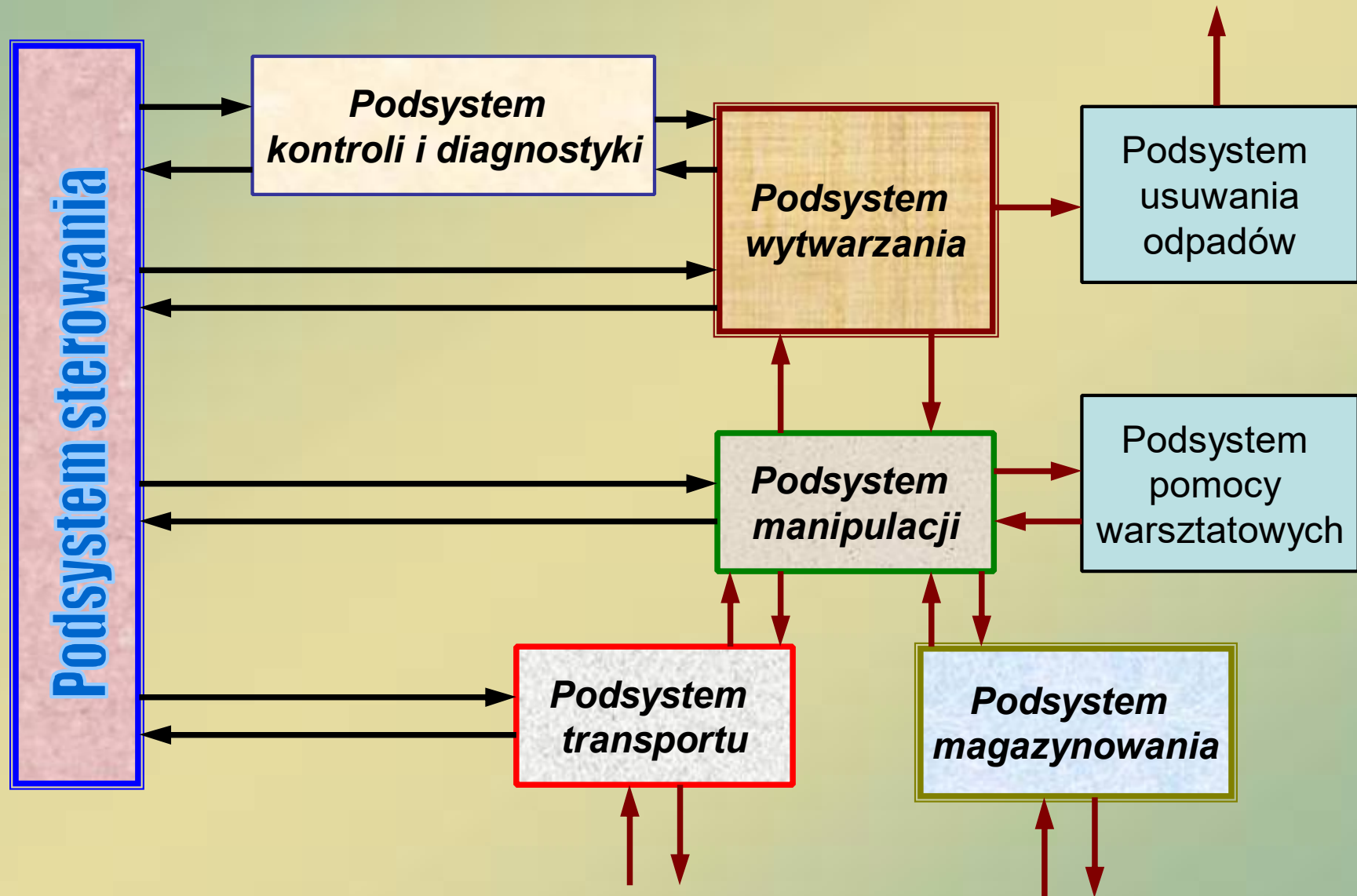
Struktura funkcjonalna automatycznych systemów wytwarzania

Składowanie polega na przechowywaniu przedmiotów obrabianych przed i po obróbce lub na tworzeniu chwilowych przerw w przepływie przedmiotów, co zapewnia płynną i bez przerw pracę urządzeń produkcyjnych.

Transport służy do zmieniania miejsca, czyli do przemieszczania materiałów.

Manipulacja - to przemieszczenie ze zmianą orientacji, może to być np. dostawa przedmiotów obrabianych do przestrzeni roboczej obrabiarek.

Struktura funkcjonalna automatycznych systemów wytwarzania



Rys. 5. Struktura funkcjonalna elastycznych systemów wytwarzania

Formy organizacji produkcji

Rozmieszczenie urządzeń w elastycznych systemach wytwarzania jest zdeterminowane przez strukturę systemów wytwarzania, którą tworzy sieć powiązań między elementami (podsystemami) systemu, związanych z przepływem strumieni materiałowo-energetycznych i informacyjnych

Powiązania stanowisk wyznaczone przez sposób ich rozmieszczenia tworzą **strukturę przestrzenną systemu produkcyjnego**. Głównymi czynnikami kształtującymi strukturę przestrzenną systemu produkcyjnego są:

- przebieg procesu wytwarzania
- stopień integracji systemu wytwarzania.

Formy organizacji produkcji

Rozróżnia się następujące formy organizacji (struktur) systemów wytwarzania:

- ➔ **struktury skoncentrowane,**
- ➔ **struktury zwarte (gniazdowe),**
- ➔ **struktury liniowe,**
- ➔ **struktury z centralnym magazynem przedmiotów.**

Formę struktury systemu produkcyjnego można wyznaczyć, posługując się *wskaźnikiem kooperacji stanowisk H*:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

gdzie: n - liczba stanowisk w systemie produkcyjnym, d - liczba stanowisk, z którymi stanowisko i ma powiązania kooperacyjne.

Formy organizacji produkcji

Tabela 1. Wartości wskaźnika kooperacji H dla różnych form strukturalnych systemów wytwarzania

Forma struktury organizacyjnej		Wartość wskaźnika kooptacji	
Skoncentrowana		$H = 0$	
Gniazdowa	Prosta	$1 \leq H \leq 2$	dla $n \geq 2$
	Złożona	$3 \leq H \leq 5$	dla $n \geq 4$
Liniowa	Prosta	$1 \leq H \leq 2$	dla $n \geq 2$
	Złożona	$2 \leq H \leq 4$	dla $n \geq 3$
Z centralnym magazynem		$5 - 8/n \leq H \leq n - 1$	

Formy organizacji produkcji

Skoncentrowana forma organizacji produkcji charakteryzuje się tym, że wszystkie operacje niezbędne do pełnej obróbki wyrobu są skoncentrowane na jednym stanowisku pracy.

Przepływ strumienia materiałów obejmuje:

- **dostawę** półfabrykatów z magazynu zewnętrznego do stacji obróbkowej,
- **magazynowanie** półfabrykatów w magazynach buforowych,
- **podanie i mocowanie** półfabrykatu na stanowisku obróbkowym (obrabiarce, centrum),
- **obróbkę** przedmiotu,
- **zjęcie** obrobionej części ze stanowiska obróbkowego,
- **magazynowanie** części przy stanowisku,
- **transport** części do centralnego magazynu, innych stanowisk lub do montażu.

Formy organizacji produkcji

Gniazdowa forma organizacji produkcji jest wynikiem przedmiotowej specjalizacji systemu produkcyjnego. Produkowane wyroby wykazują podobieństwo w odniesieniu do niektórych operacji technologicznych.

W gniazdowej formie organizacji produkcji:

- ❁ kolejności przebiegu operacji (marszruty technologiczne) wyrobów są zazwyczaj różne
- ❁ występuje nieukierunkowany (pomijanie stanowisk, nawroty) i dwuwymiarowy przepływ strumienia materiałów (rozgałęzienia powiązań stanowisk)
- ❁ transport i magazynowanie są związane ze stanowiskami
- ❁ asortyment produkowanych wyrobów W porównaniu ze strukturami liniowymi jest bardziej rozległy. W systemie może być produkowanych jednocześnie wiele różnych wyrobów.

Formy organizacji produkcji

Okres powtarzalności produkcji X_p jest to przedział czasu, po upływie którego nastąpi powtórzenie wykonania wszystkich wykonywanych w danej komórce operacji przydzielonych do poszczególnych stanowisk roboczych. Rozróżnia się:

- 1. Minimalny okres powtarzalności (X_{min})**, który oblicza się dla każdego stanowiska roboczego w komórce produkcyjnej.

$$X_{min} = \frac{\sum t_{pz}}{1 - \sum \eta}$$

$\sum t_{pz}$ Suma czasów przebrojeń stanowiska potrzebnych do wykonania przydzielonych mu operacji

$\sum \eta$ Suma współczynników obciążenia stanowiska od przydzielonych mu zadań do wykonania operacji

Formy organizacji produkcji

$$\eta = \frac{P_u \cdot t_j}{F_d}$$

P_u – program uruchomienia elementów wykonywanych na stanowisku roboczym w przyjętym przedziale czasu

F_d – dysponowany fundusz czasu pracy stanowiska w przyjętym okresie, jednakowy dla wszystkich stanowisk w komórce produkcyjnej

t_j – czas jednostkowy operacji

Formy organizacji produkcji

2. *Przyjęty okres powtarzalności produkcji* *jednakowy dla wszystkich stanowisk w komórce produkcyjnej*

$$X_p = \max_i \{ X_{min_i} \}$$

X_p jest więc co najmniej równy maksymalnemu okresowi minimalnemu spośród wszystkich rozpatrywanych stanowisk w komórce produkcyjnej. Stąd w odniesieniu do stanowisk, dla których $X_p > X_{min}$, wystąpią przerwy w ich pracy, a okres X_p wyraża się wzorem:

$$X_p = \frac{\sum t_{pz} + \mu}{1 - \sum \eta}$$

μ suma przerw międzyoperacyjnych w pracy danego stanowiska roboczego w przyjętym okresie powtarzalności

Formy organizacji produkcji

Dla danego stanowiska przerwy te wynoszą:

$$\mu = (X_p - X_{min}) \cdot (1 - \sum \eta)$$

Rytm produkcji jest okresem upływającym pomiędzy zakończeniem dwóch kolejnych partii produkcyjnych takich samych przedmiotów

$$R = \frac{n}{P}$$

n – przyjęta wielkość partii produkcyjnej wyrobów

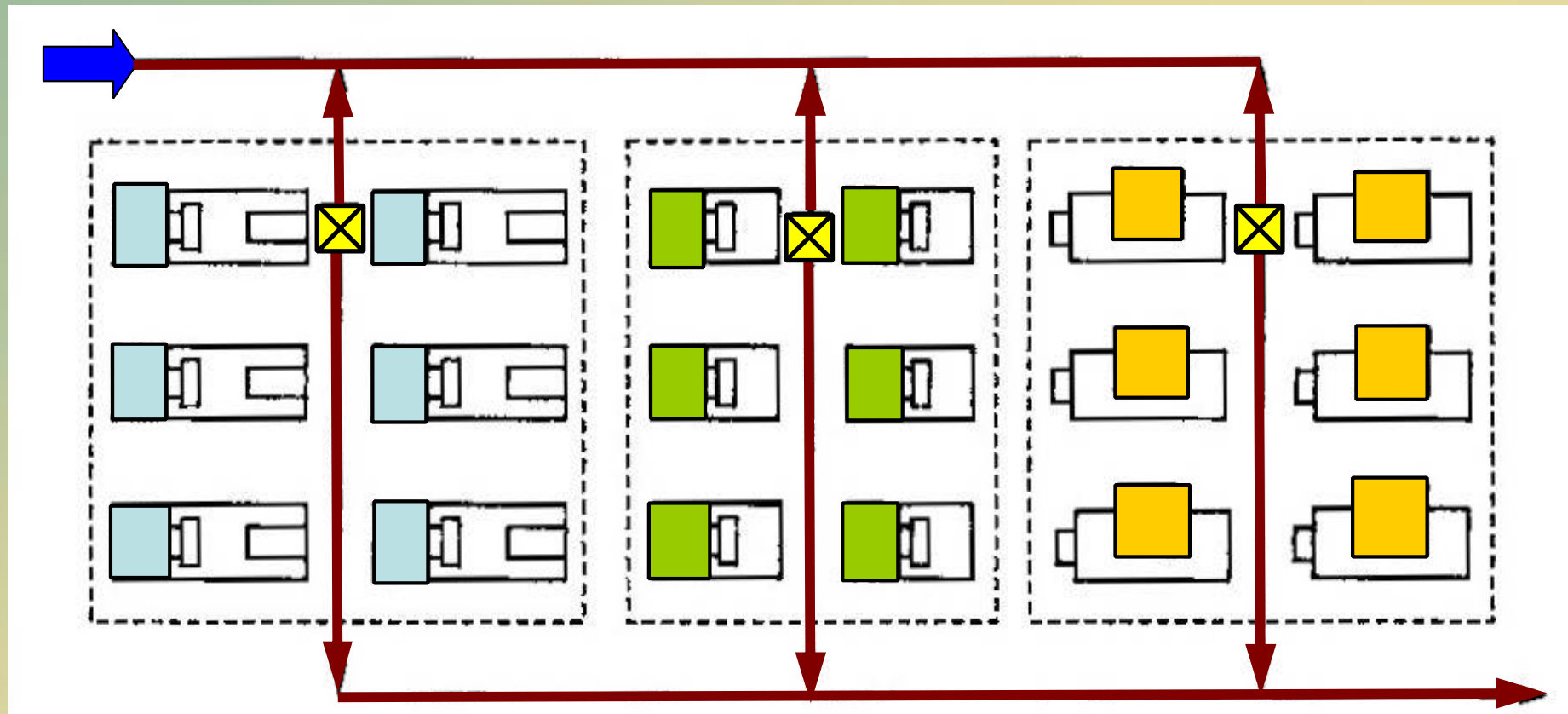
P – zapotrzebowanie na elementy na jednostkę czasu
(godz., zmianę, itp.)

Formy organizacji produkcji

W systemach o strukturze gniazdowej najczęściej są stosowane następujące typy rozmieszczenia stanowisk:

- **funkcjonalny,**
- **modułowy,**
- **komórkowy,**
- **specjalizowany technologicznie (wg faz procesu technologicznego).**

Formy organizacji produkcji



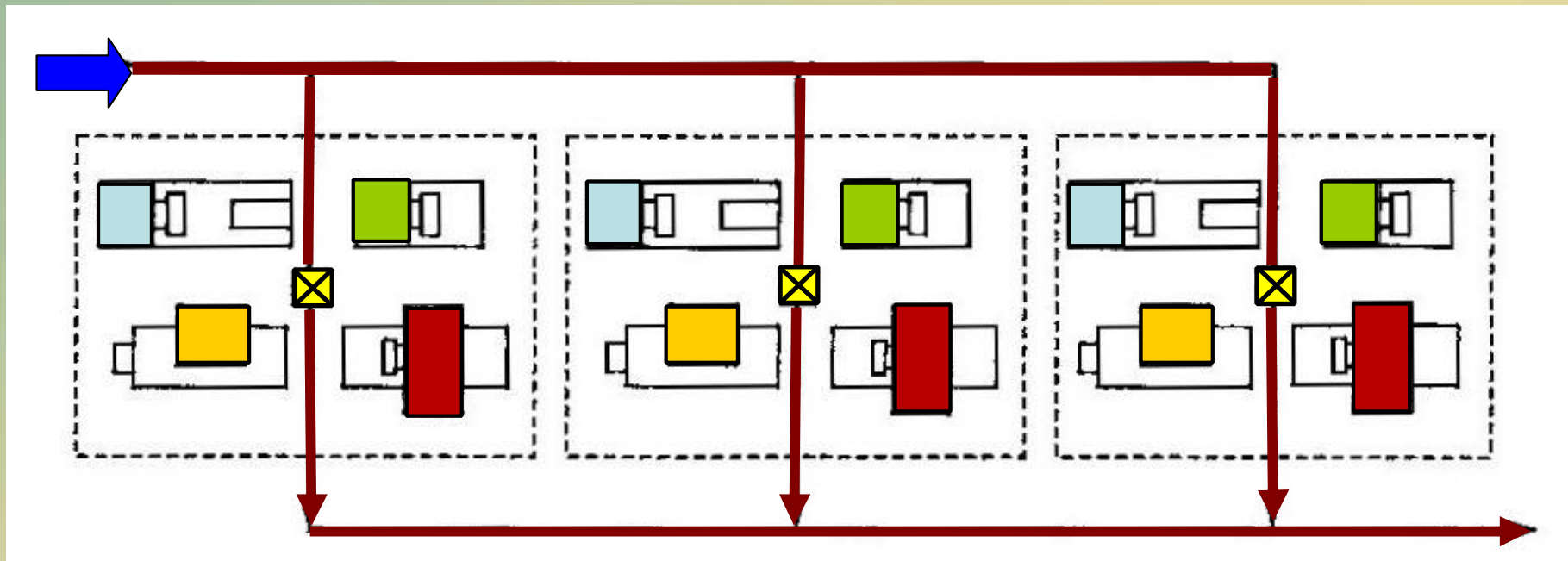
Tokarki

Frezarki

Wiertarki

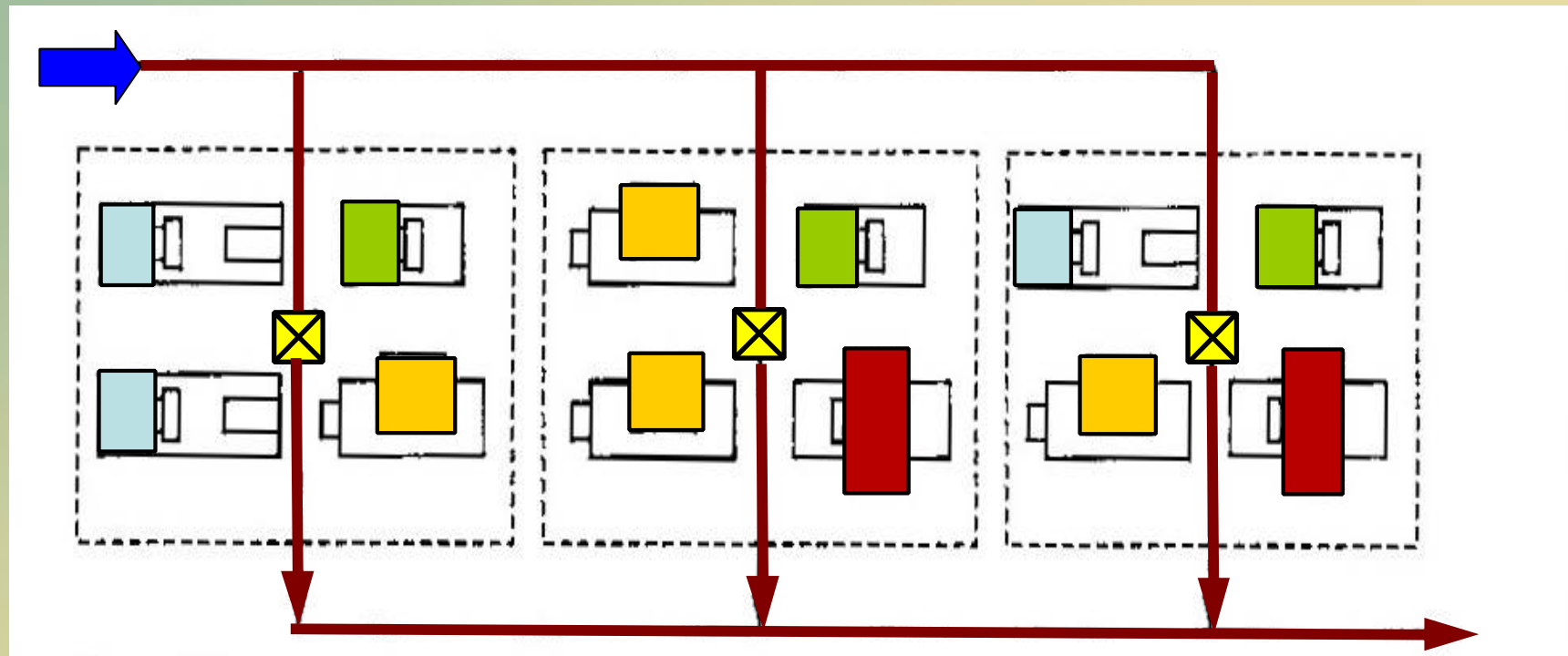
W rozmieszczeniu *f u n k c j o n a l n y m* stanowiska są zgrupowane według rodzajów obróbki (np. toczenie, frezowanie, szlifowanie,)

Formy organizacji produkcji



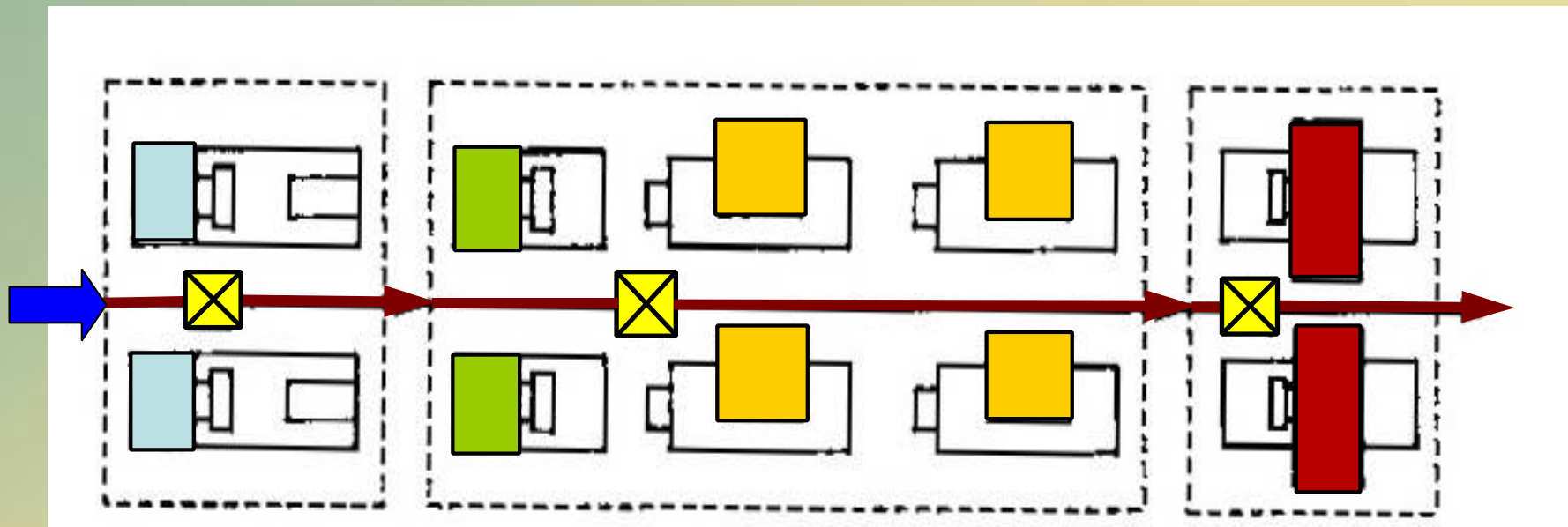
W rozmieszczeniu modułowym identyczne stanowiska robocze (moduły) mogą wykonywać ten sam zakres prac. Są to obrabiarki tego samego typu lub też grupy obrabiarek tego samego typu.

Formy organizacji produkcji



Rozmieszczenie k o m ó r k o w e charakteryzuje się utworzeniem wydzielonych grup stanowisk przeznaczonych do obróbki określonego asortymentu przedmiotów

Formy organizacji produkcji



Rozmieszczenie stanowisk według faz procesu technologicznego charakteryzuje się tym, że w systemie wytwarzania są wykonywane zbiory podobnych operacji technologicznych różnych wyrobów. Asortyment wyrobów jest duży i podlega częstym zmianom, a stanowiska robocze grupuje się i rozmieszcza wg podobieństwa technologiczno-organizacyjnego

Formy organizacji produkcji

Liniowa forma organizacji produkcji odpowiada przedmiotowej specjalizacji systemu wytwarzania. Produkowane wyroby wykazują podobieństwo w odniesieniu do wszystkich lub większości operacji technologicznych, a także ich kolejności. W liniowej formie organizacji produkcji powiązania między elementami systemu wytwarzania, a także sposób ich rozmieszczenia, są zgodne z kolejnością wykonywanych operacji technologicznych.

Formy organizacji produkcji

Przy liniowej formie organizacji produkcji:

- występuje jednokierunkowy przepływ strumienia materiałów, który jest realizowany bezpośrednio między kolejnymi stanowiskami (*zasada następstwa operacji*),
- w liniach produkcyjnych wykonywana jest zawsze wielozabiegowa obróbka przedmiotów i najczęściej są stosowane specjalizowane maszyny technologiczne (obrabiarki),
- dla danej partii produkowanych wyrobów takt linii jest stały. Wymaga to przynajmniej częściowej synchronizacji czasów obróbki na poszczególnych stanowiskach, co gwarantuje równomierne ich obciążenie

Formy organizacji produkcji

Projektowanie i organizacja linii potokowej wymaga ustalenia określonych parametrów, do których zalicza się ponadto:

a) tempo produkcji potokowej (V),

$$V = \frac{P_i}{T}$$

P_i – roczny program produkcyjny danej części

T – efektywny czas pracy linii

b) takt średni linii potokowej (t_s), tj. czas jaki upływa między wytworzeniem dwóch jednostek produkcji, kolejno, jedna za drugą spływających z linii potokowej:

$$t_s = \frac{1}{V} = \frac{T}{P_i}$$

c) mikropauza (μ), tj. różnica bezwzględna między taktem roboczym a taktem średnim linii potokowej:

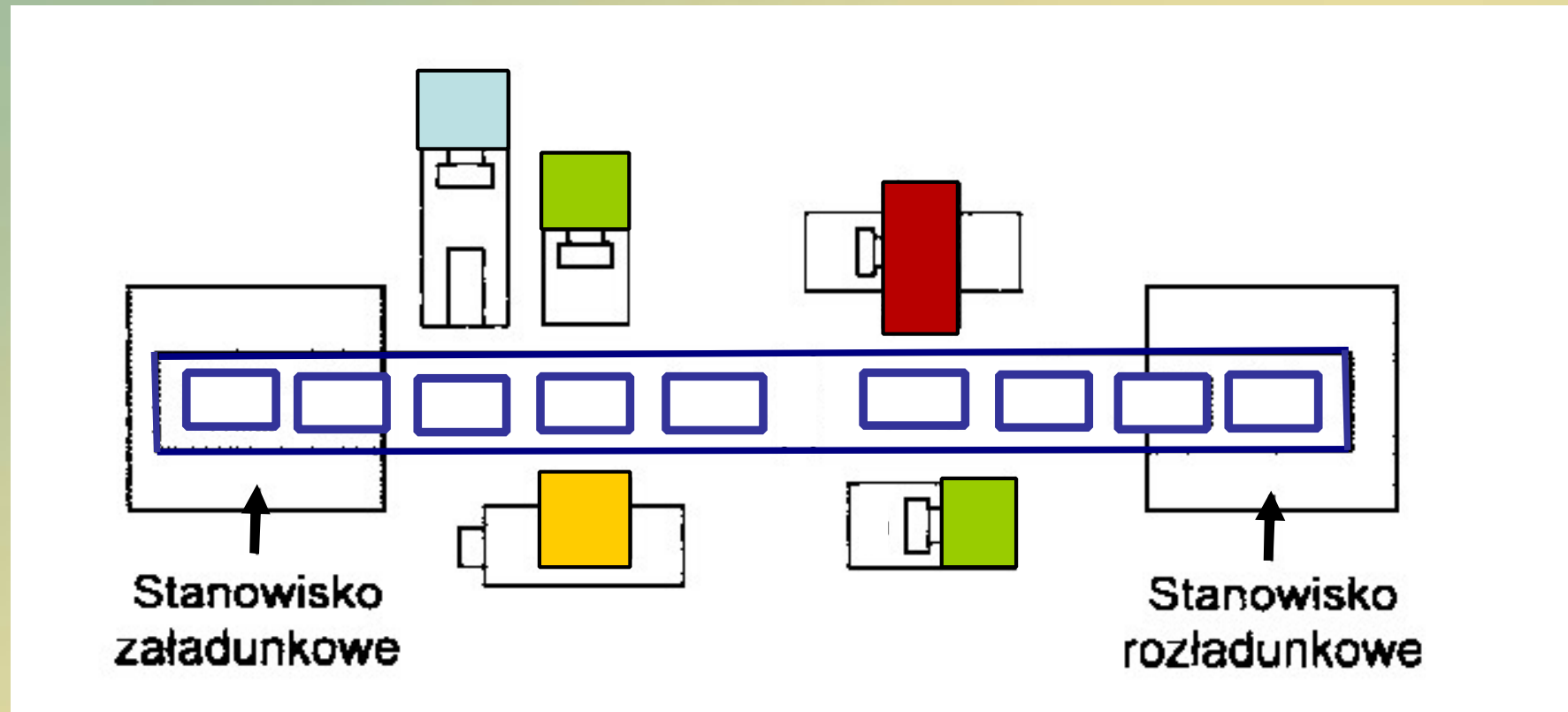
$$\mu = t - t_s$$

Formy organizacji produkcji

Linie produkcyjne są budowane jako

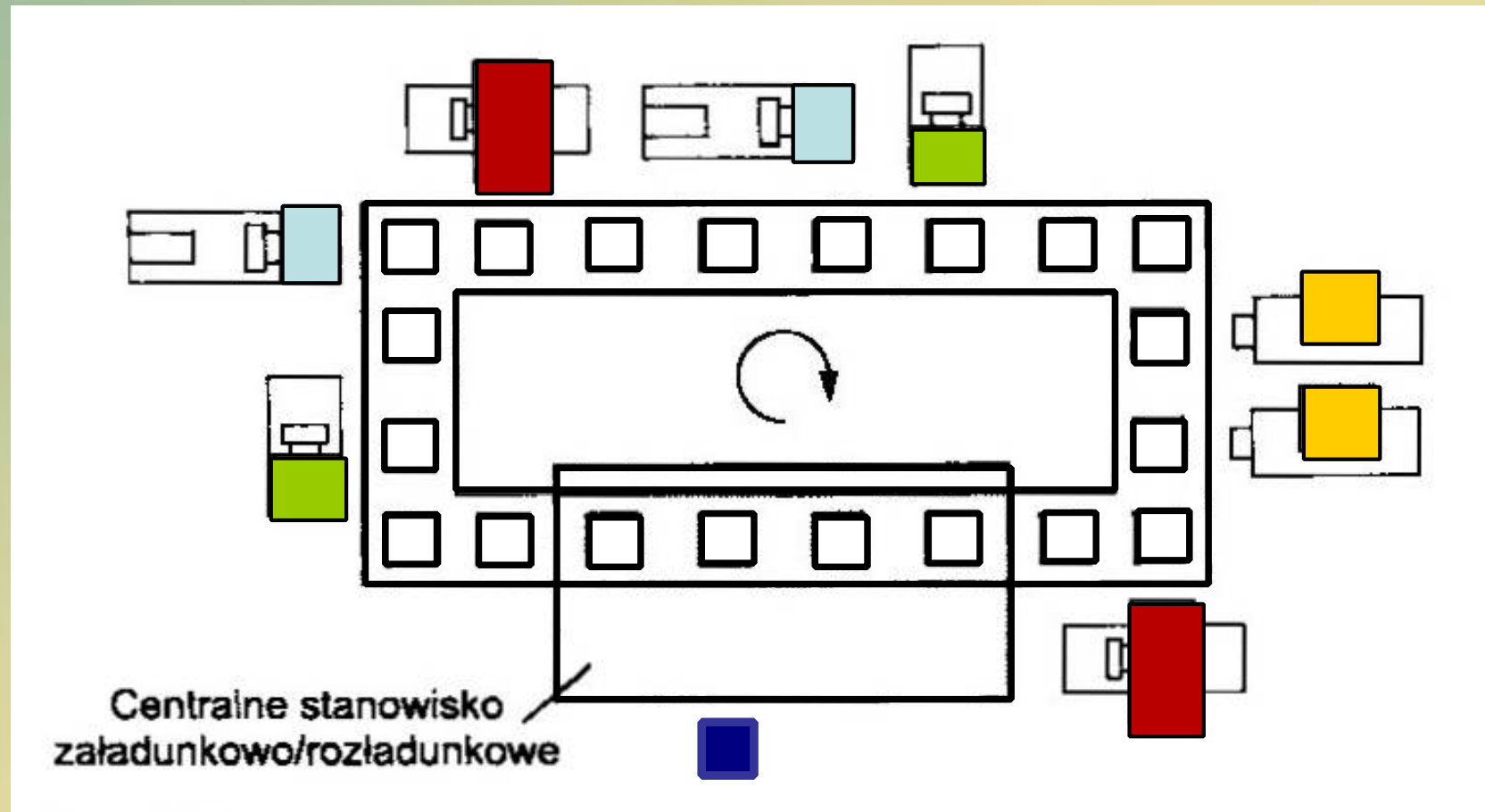
- *jednorzędowe z wydzielonymi stacjami załadunku i rozładunku,*
- *liniowo-kołowe z centralną stacją załadunkowo-rozładunkową,*
- *segmentowe z magazynami kompensacyjnymi,*

Formy organizacji produkcji



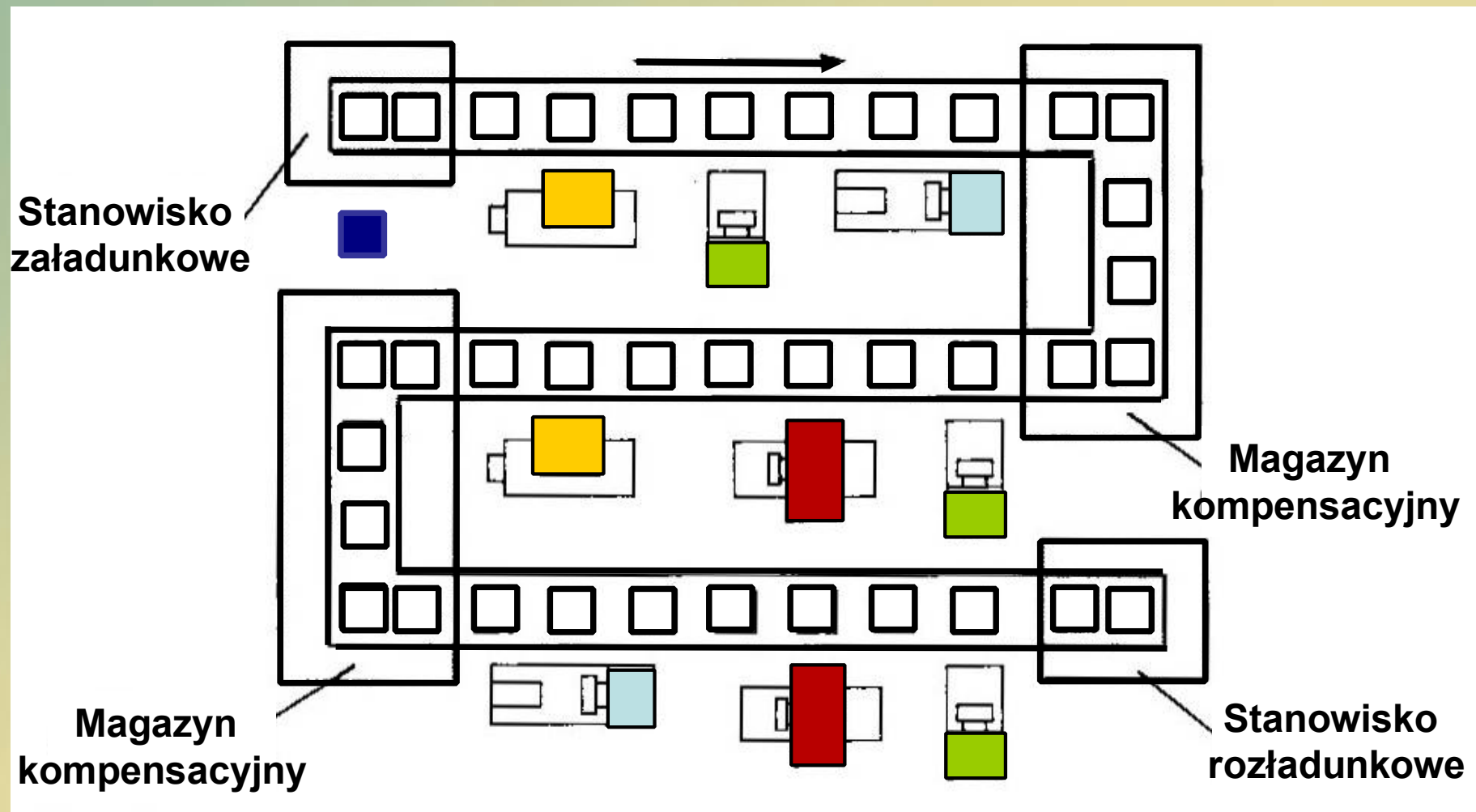
Rys. 10. Linia produkcyjna jednorzędowa z wydzielonymi stacjami załadunku i rozładunku

Formy organizacji produkcji



Rys. 11. Linia produkcyjna liniowo kołowa z centralną stacją załadunkowo - rozładunkową

Formy organizacji produkcji



Rys. 12. Linia produkcyjna segmentowa z magazynami kompensacyjnymi

Formy organizacji produkcji

W elastycznych liniach produkcyjnych stanowiska robocze są powiązane z podsystemem transportu w różny sposób:

- Przedmioty są dostarczane przez podsystem transportu bezpośrednio do przestrzeni roboczej stanowisk z pominięciem elementów pośredniczących.
- Przedmioty ze środka transportu trafiają do magazynu buforowego, skąd następnie są pobierane i podawane na stanowisko.
- Przedmioty są podawane ze środka transportu do przestrzeni roboczej stanowiska za pomocą urządzenia manipulacyjnego, np. robota przemysłowego, zmieniacza palet

Formy organizacji produkcji

W systemach wytwarzania **z centralnym magazynem produkcyjnym** stanowiska robocze są powiązane w sposób pośredni - przez centralny magazyn produkcyjny. Stanowiska są usytuowane w węzłach siatki ortogonalnej.

Formy organizacji produkcji

W systemach tych:

- ➔ elementy są transportowane na ogół na paletach, na których mogą znajdować się pojedyncze przedmioty (gdy są duże) lub partie przedmiotów
- ➔ palety są dostarczane z centralnego magazynu produkcyjnego za pomocą środków transportowych do określonego stanowiska roboczego a po obróbce wyroby są przekazywane w analogiczny sposób z powrotem do magazynu
- ➔ nie występują bezpośrednie powiązania transportowe stanowisk
- ➔ występuje duża liczba stanowisk a drogi transportowe są skomplikowaniu i wydłużone

Formy organizacji produkcji

Centralny magazyn produkcyjny może być wykonany jako :

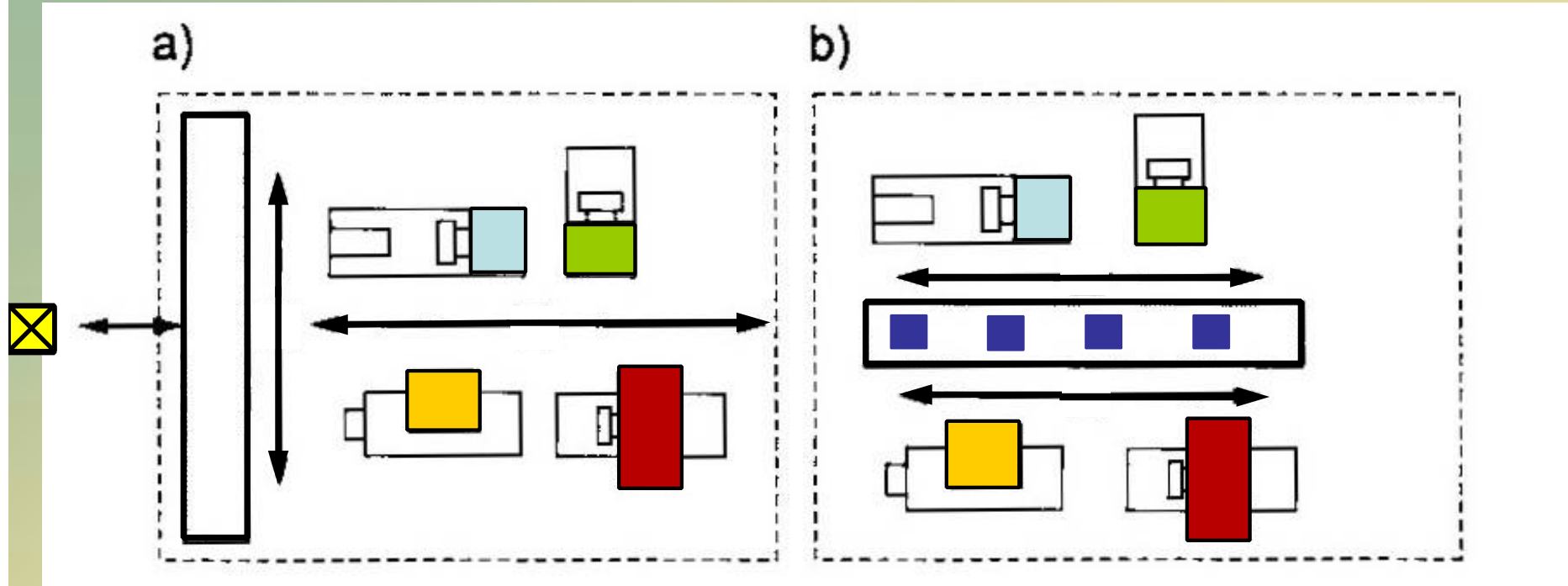
■ **statyczny** – zwykle regał wysokiego składowania obsługiwany przez układarkę regałową.

- zewnętrzny
- wewnętrzny

■ **dynamiczny** – najczęściej przenośnik (podwieszany, podłogowy), na którym są składowane wyroby przed i po obróbce.

- zewnętrzny
- wewnętrzny

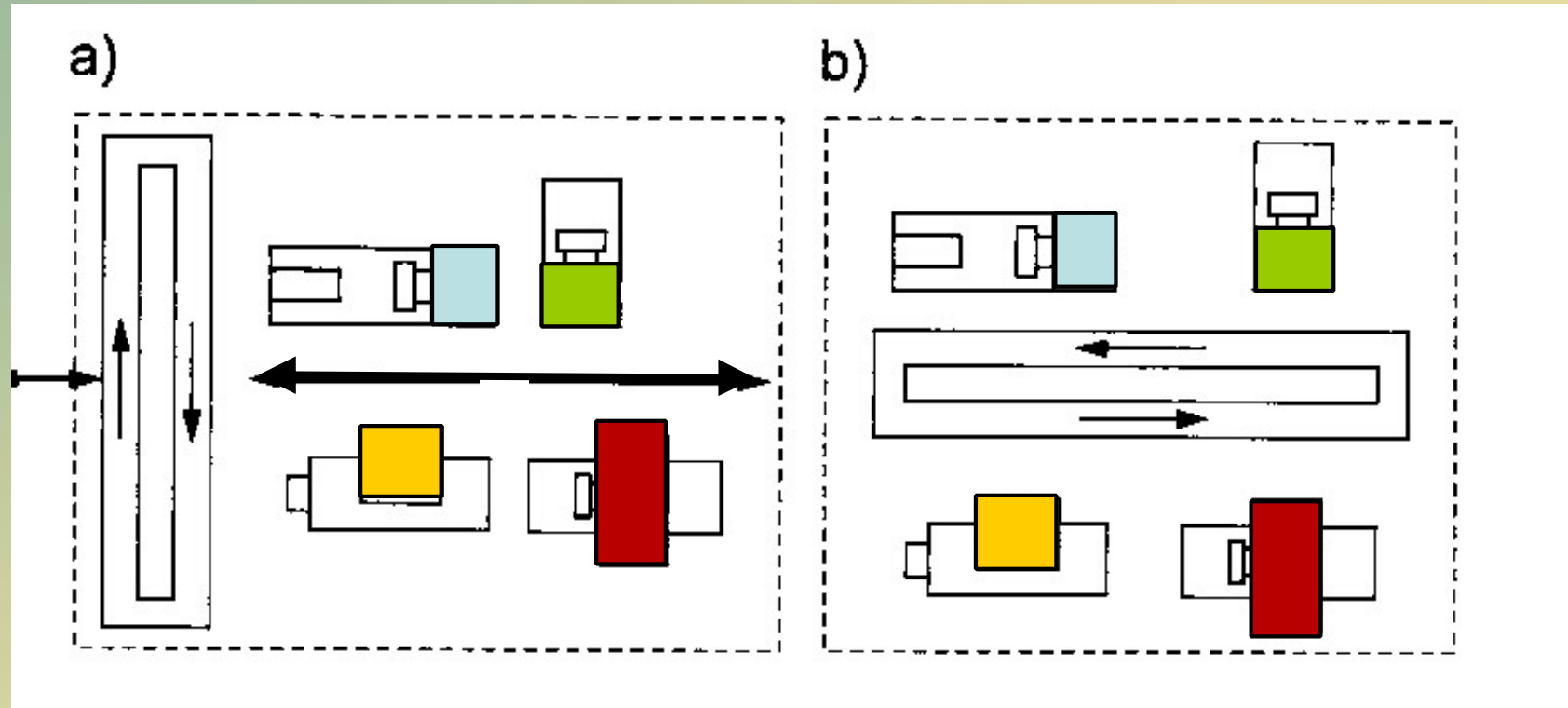
Formy organizacji produkcji



Systemy zintegrowane z zewnętrznym magazynem statycznym są określane też jako systemy z punktowym rozdziałem zadań. Rozdział zadań jest wykonywany przez umowny punkt. Jest nim wydzielony jeden fragment magazynu statycznego (stacja załadunku/rozładunku).

*Rys. 13. System wytwarzania z magazynem statycznym:
a) zewnętrznym, b) wewnętrznym*

Formy organizacji produkcji



Systemy z *magazynem dynamicznym* są określane też jako systemy z liniowym rozdziałem zadań. Magazynem dynamicznym jest zwykle przenośnik, który oprócz podstawowej funkcji transportu pełni również funkcję magazynu międzyoperacyjnego.

Rys. 14. System wytwarzania z magazynem dynamicznym:
a) zewnętrznym, b) wewnętrznym

Formy organizacji produkcji

Podstawowym celem organizacji produkcji jest dążenie do:

- ◆ **skrócenia** czasu realizacji zlecenia klienta,
- ◆ **zmniejszenia** zaangażowania kapitału,
- ◆ **zwiększenia** szybkości obrotu kapitałem.

Cele te osiąga się przez podejmowanie właściwych działań w całym łańcuchu logistycznym przepływu produkcji, czyli dąży się do:

- **zmniejszenia** zapasów, skrócenia cykli produkcyjnych,
- **optymalnego** wykorzystania zdolności produkcyjnych,
- **najkorzystniejszego** ukształtowania dostaw od dostawców i do odbiorców

Formy organizacji produkcji

Zadanie, jakim jest realizacja zlecenia produkcyjnego, jest określone głównie przez następujące trzy parametry:

- ✿ ***czas (termin realizacji),***
- ✿ ***koszt,***
- ✿ ***będące do dyspozycji zdolności produkcyjne***

Można wyróżnić różne strategie organizacji produkcji mogące prowadzić do rozwiązania tak postawionego problemu.

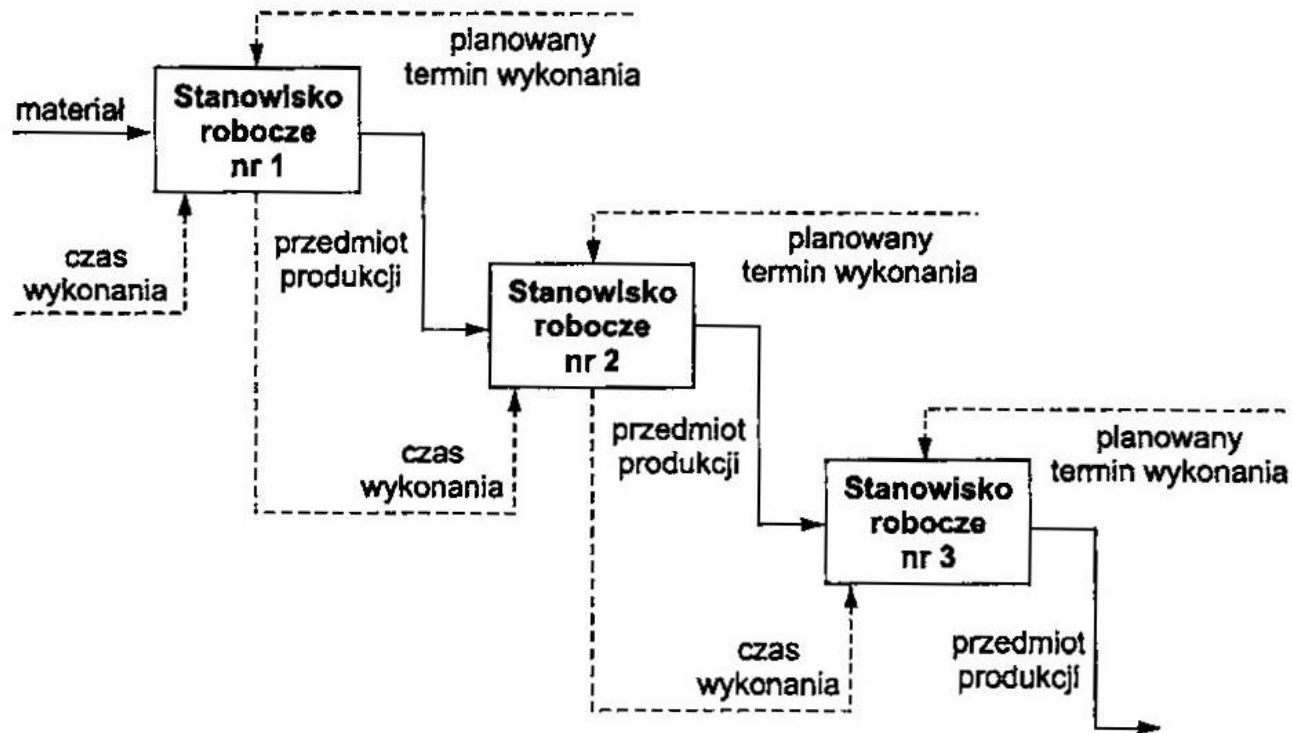
Formy organizacji produkcji

STRATEGIA 1. Istniejąca oferta zdolności produkcyjnych i termin dostawy są rozważane jako nieprzekraczalne. Krótkoterminowe wykorzystanie obcych zdolności produkcyjnych lub zwiększanie własnej wydajności prowadzi nieuchronnie do zwiększenia kosztów.

STRATEGIA 2. Koszty i zdolności produkcyjne są traktowane jako wielkości stałe. Jedynym możliwym do podjęcia krokiem są przesunięcia terminów, które mogą dotyczyć wielu zleceń.

STRATEGIA 3. Termin i koszt są przyjmowane jako wielkości stałe. Istnieje możliwość krótkoterminowego uruchomienia rezerw zdolności produkcyjnych, które muszą wykazywać neutralny charakter w sferze kosztów.

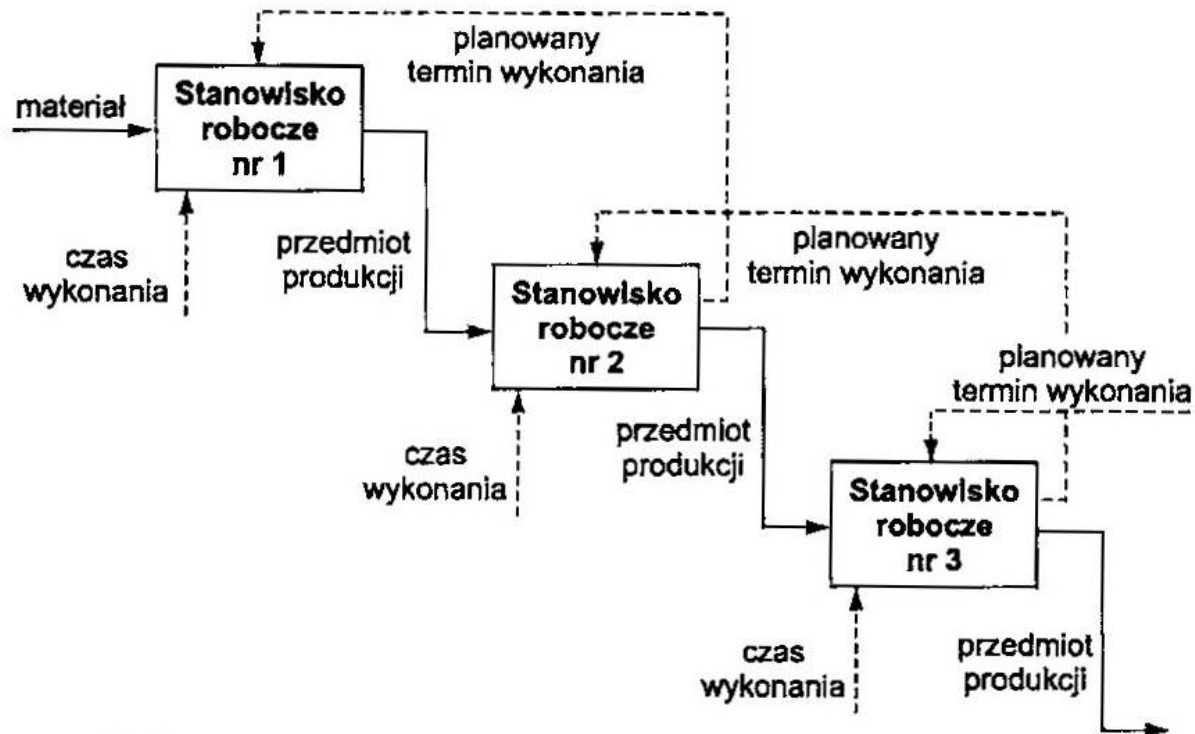
Formy organizacji produkcji



Rys. 15. Schemat ideowy systemu typu push-tłoczący

Systemy **typu push** działają na podstawie danych wejściowych pochodzących z operatywnego planu produkcji (OPP), zawierającego potwierdzone do wykonania zamówienia. W systemach opartych na metodzie *push* proces produkcyjny jest realizowany zgodnie z harmonogramem opracowanym kolejno, w kierunku od pierwszej do ostatniej operacji

Formy organizacji produkcji



Rys. 16. Schemat ideowy systemu typu push - ssący

W systemach sterowania przepływem produkcji opartych na **metodzie pull** proces produkcyjny jest określany z perspektywy jego ostatniej operacji, na podstawie której są wyznaczone czasy wykonania kolejnych, poprzednich operacji, w kierunku od końca do początku procesu

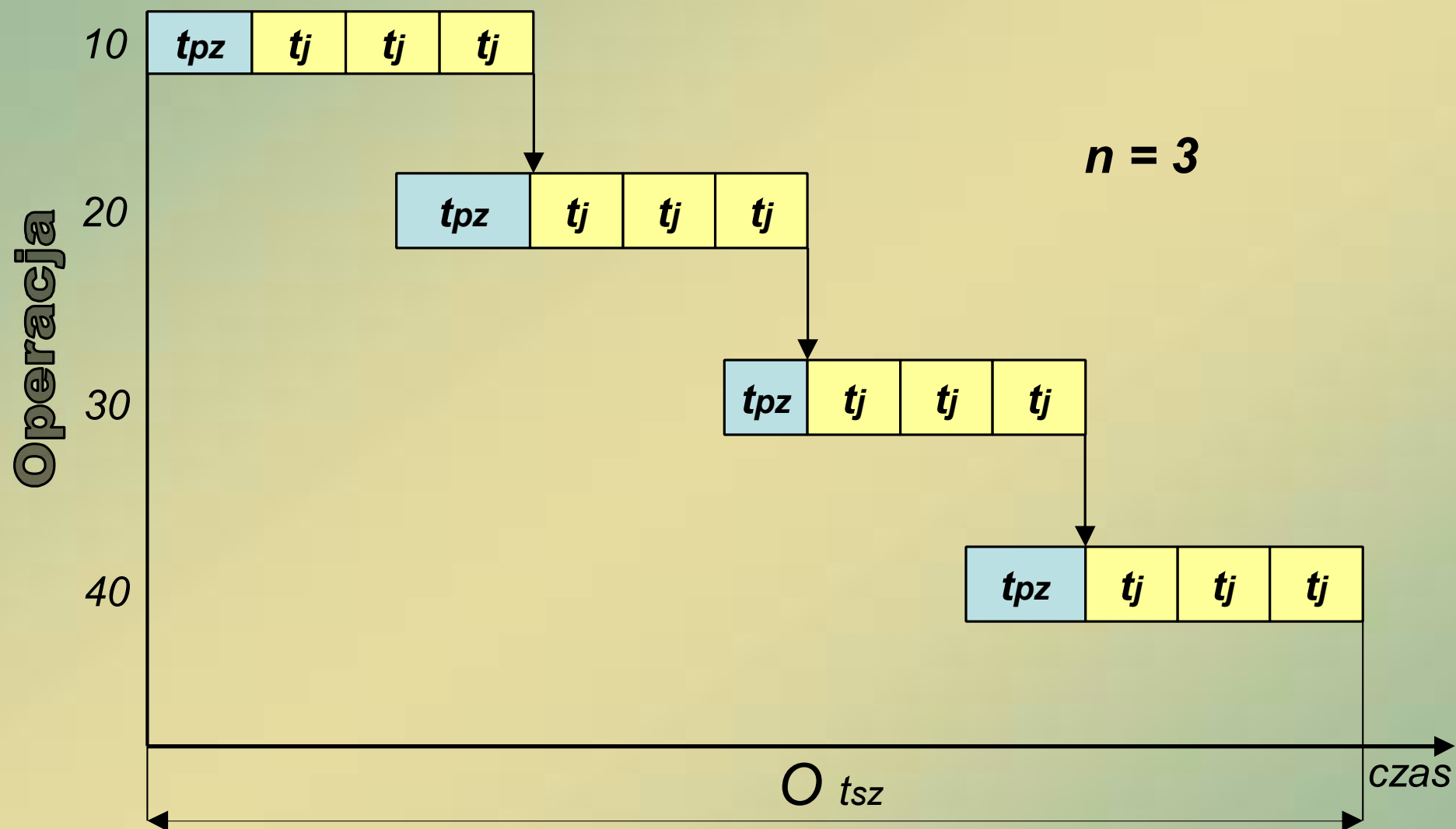
Cykl produkcyjny

Przedmioty obrabiane w toku procesu produkcyjnego przechodzą przez wiele stanowisk roboczych. Ruch każdej partii wyrobów można zorganizować w różny sposób, osiągając odmienne wyniki w zakresie obciążenia stanowisk roboczych oraz czasu obróbki całej partii, tj. cyklu technologicznego i cyklu produkcyjnego.

Rozróżnia się trzy podstawowe sposoby organizacji przebiegu partii obrabianych przedmiotów:

- ✿ **Przebieg szeregowy**
- ✿ **Przebieg szeregowo - równoległy**
- ✿ **Przebieg równoległy**

Cykl produkcyjny



Rys. 1. Schemat szeregowego przepływu partii produkcyjnej wyrobu

Cykl produkcyjny

$$C_{P_{sz}} = \sum_1^i \frac{n \cdot t_j}{S \cdot W} + i \cdot t_{mo} + \frac{t_{pz}}{W} \quad [h]$$

n – liczba sztuk w serii,

t_j – jednostkowy czas trwania operacji technologicznej,

s – współczynnik wielostrumieniowości tzn. liczba stanowisk roboczych wykonujących jednocześnie tę samą operację,

w – wskaźnik wydajności,

i – liczba operacji technologicznych wchodzących w skład danego cyklu,

t_{mo} – czas przerw międzyoperacyjnych przeznaczonych na kontrolę, transport,

t_{pz} – czas przygotowawczo – zakończyeniowy.

Cykl produkcyjny

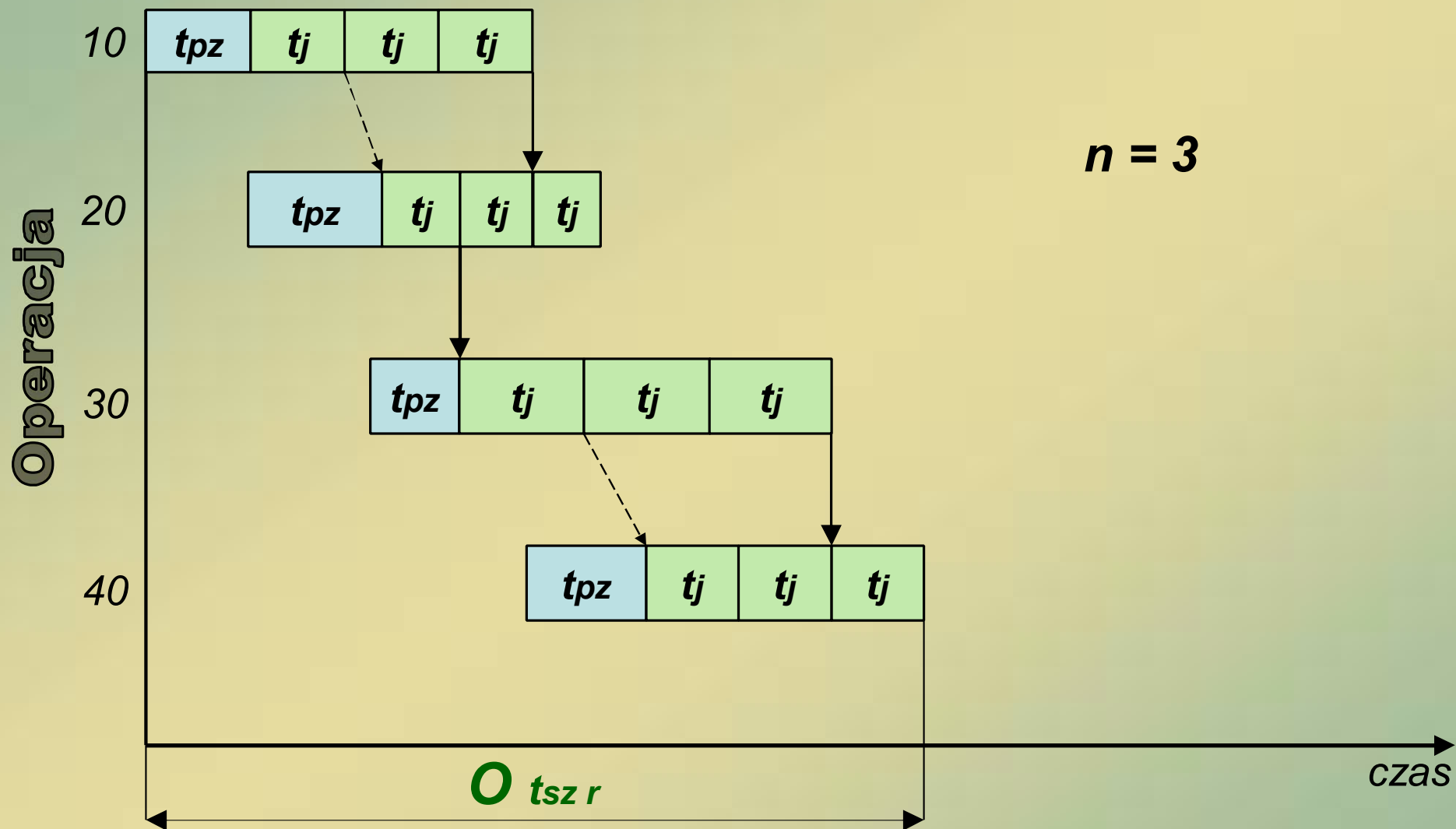
Przebieg szeregowy charakteryzuje się:

- najdłuższym okresem technologicznym,
- najmniejszą liczbą operacji transportowych,
- dużym stopniem wykorzystania stanowisk roboczych i ciągłości produkcji.

Stosowany przede wszystkim przy:

- ✿ krótkich czasach trwania operacji,
- ✿ małej wielkości partii produkcyjnej,
- ✿ niższym stopniu zorganizowania procesu produkcyjnego (specjalizacja technologiczna).

Cykl produkcyjny



Rys. 1. Schemat szeregowo - równoległego przepływu partii produkcyjnej wyrobu

Cykl produkcyjny

$$C_{P_{sz-r}} = \sum_1^i \frac{n \cdot t_j}{s \cdot w} - (n - p) \cdot \sum_{j=1, \dots, z}^{i-1} \left(\frac{t_j}{s \cdot w} \right) \cdot m_n + i \cdot t_{mo} + \frac{t_{pz}}{w} \quad [h]$$

p – wielkość partii transportowej

n – liczba sztuk w serii,

t_j – jednostkowy czas trwania operacji technologicznej,

s – współczynnik wielostrumieniowości tzn. liczba stanowisk roboczych wykonujących jednocześnie tę samą operację,

w – wskaźnik wydajności,

t_{mo} – czas przerw międzyoperacyjnych przeznaczonych na kontrolę, transport,

t_{pz} – czas przygotowawczo – zakończeniowy.

Cykl produkcyjny

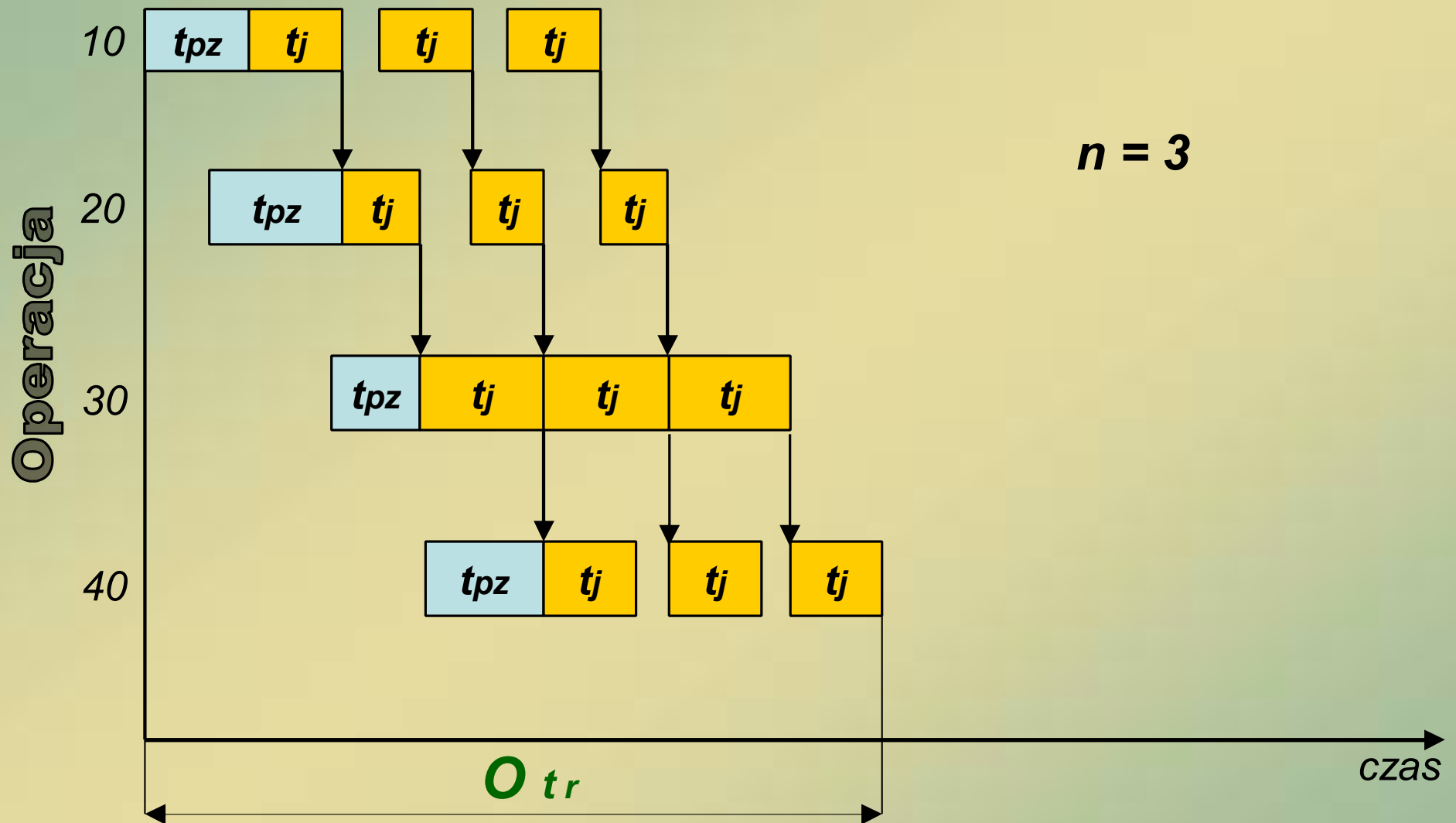
Przebieg szeregowo-równoległy cechuje:

- skrócenie długości okresu technologicznego (w porównaniu z układem szeregowym),
- zwiększona częstotliwość operacji transportowych,
- duży stopień wykorzystania stanowisk roboczych i ciągłość produkcji

Stosowany najczęściej w produkcji seryjnej przy:

- ✿ dużych programach produkcyjnych,
- ✿ długich czasach obróbki i bardzo zróżnicowanych (asynchroniczne procesy produkcyjne).

Cykl produkcyjny



Rys. 1. Schemat równoległego przepływu partii produkcyjnej wyrobu

Cykl produkcyjny

$$C_{Pr} = \frac{p \cdot t_j}{s \cdot W} + (n - p) \cdot \left[\frac{t_j}{s \cdot W} \right]_{\max} + i \cdot t_{mo} + \frac{t_{pz}}{W} \quad [h]$$

p – liczba sztuk w partii

$\left[\frac{t_j}{s \cdot W} \right]_{\max}$ – największa z wartości występujących przy różnych operacjach w cyklu produkcyjnym.

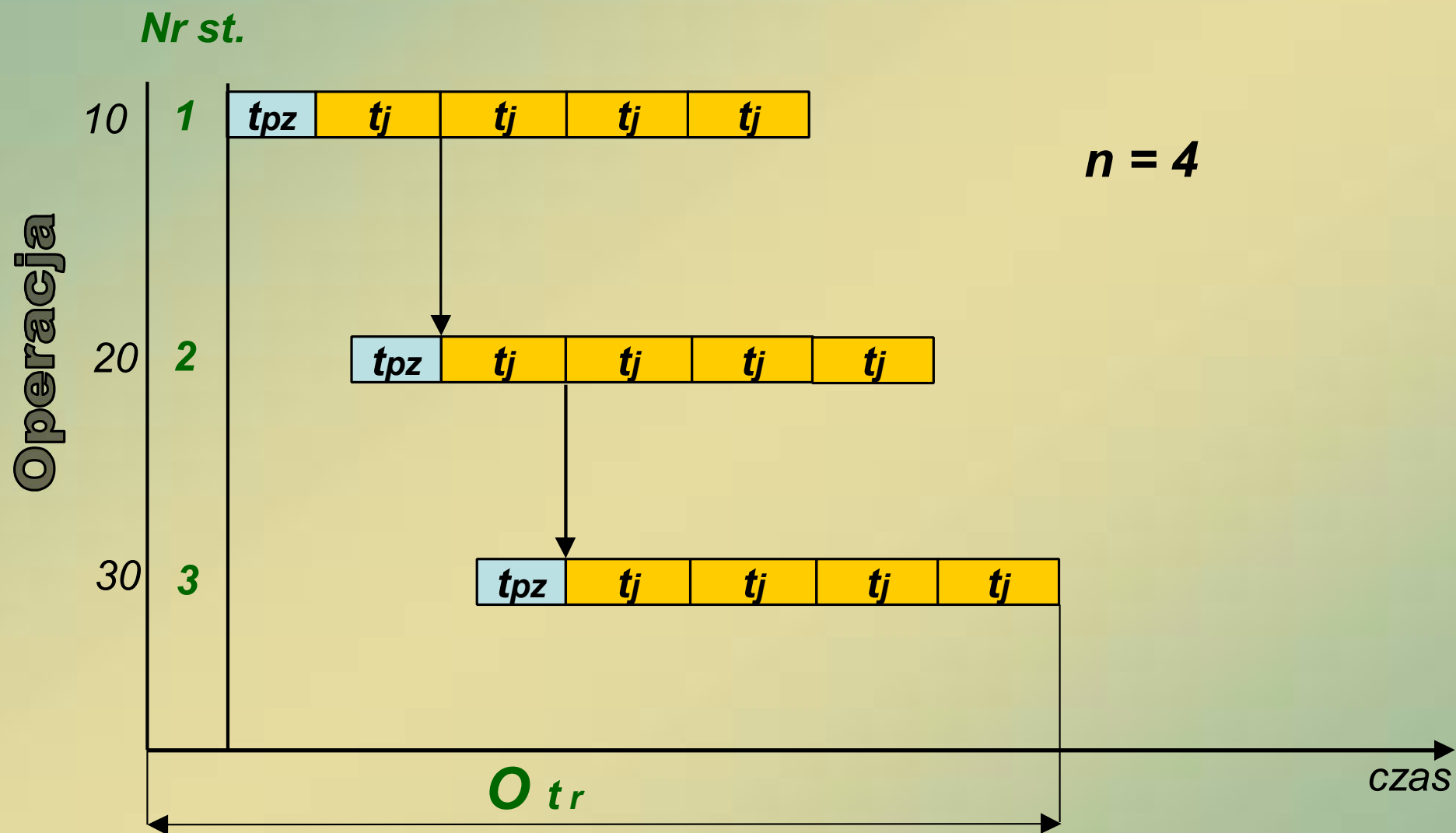
Cykl produkcyjny

Równoległy układ przebiegu partii części powoduje:

- skrócenie długości okresu technologicznego,
- zwiększenie liczby operacji transportowych,
- zwiększenie liczby przezbrojeń.

Jest stosowany w najlepiej zorganizowanych procesach produkcyjnych, w których istnieje możliwość zsynchronizowania zadań cząstkowych

Synchronizacja czasów operacji



Rys. 4. Schemat równoległego przepływu partii produkcyjnej wyrobu

Układ równoległy z wielostrumieniowością

Wariant I

Przekazywanie partii produkcyjnej $n = 12$ szt. Odbywa się sztuka po sztuce. Czasy operacji wynoszą kolejno:

10 – 3 min

20 – 1 min

30 – 2 min

Liczba stanowisk:

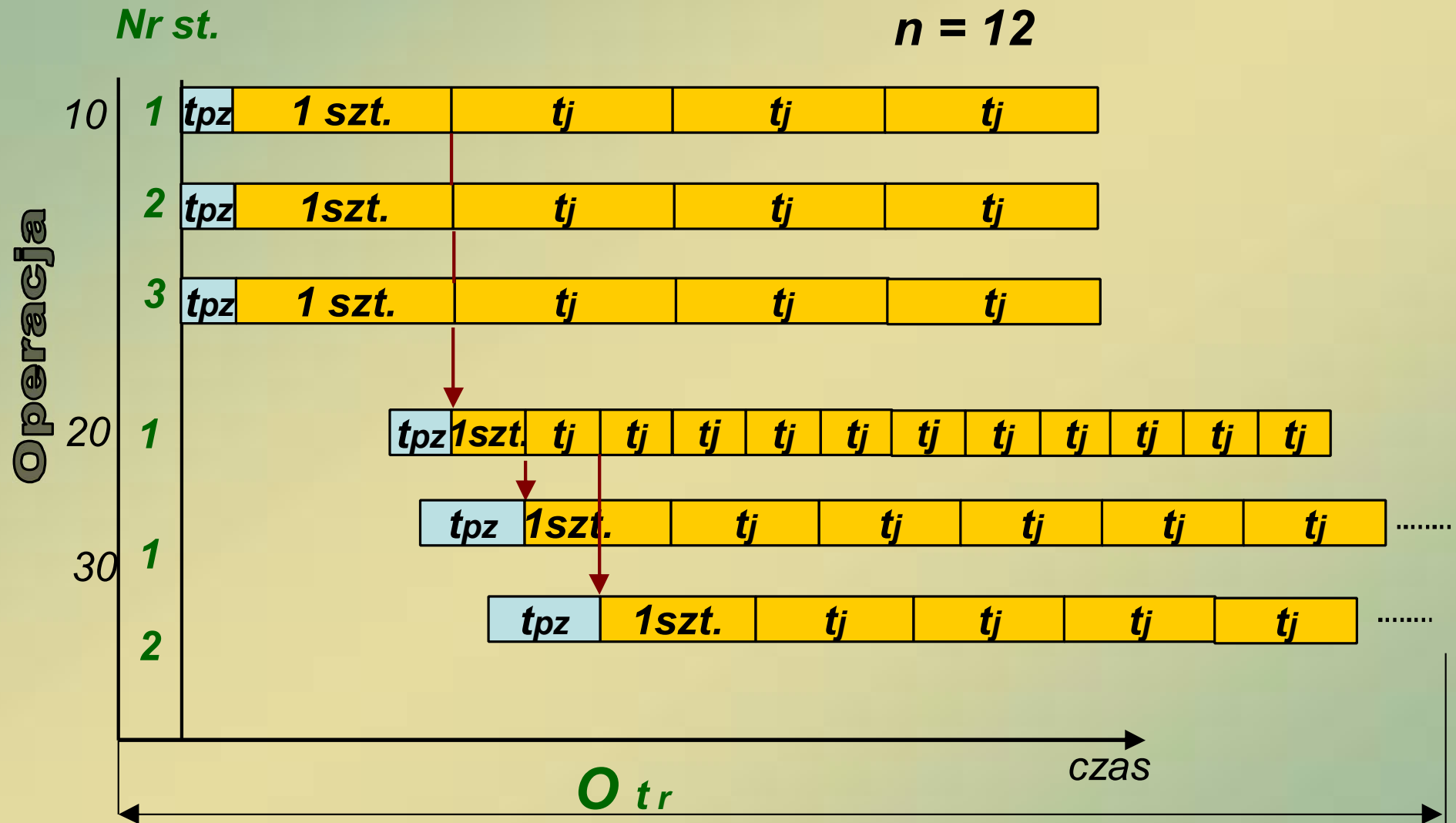
$$L_i = \frac{t_{j_i}}{t_{j_{min}}}$$

t_{ji} – czas jednostkowy i – tej operacji

$t_{j_{min}}$ – czas jednostkowy najkrótszej operacji

$$L_{10} = \frac{3}{1} = 3, \quad L_{20} = \frac{1}{1} = 1, \quad L_{30} = \frac{2}{1} = 2$$

Synchronizacja czasów operacji



Rys. 4. Schemat równoległego przepływu partii produkcyjnej wyrobu

Układ równoległy z wielostrumieniowością

Wariant II

Przekazywanie partii produkcyjnej $n = 120$ szt. odbywa się w partiach transportowych $p = 30$ szt. Załóżmy że:

10 – 12 min

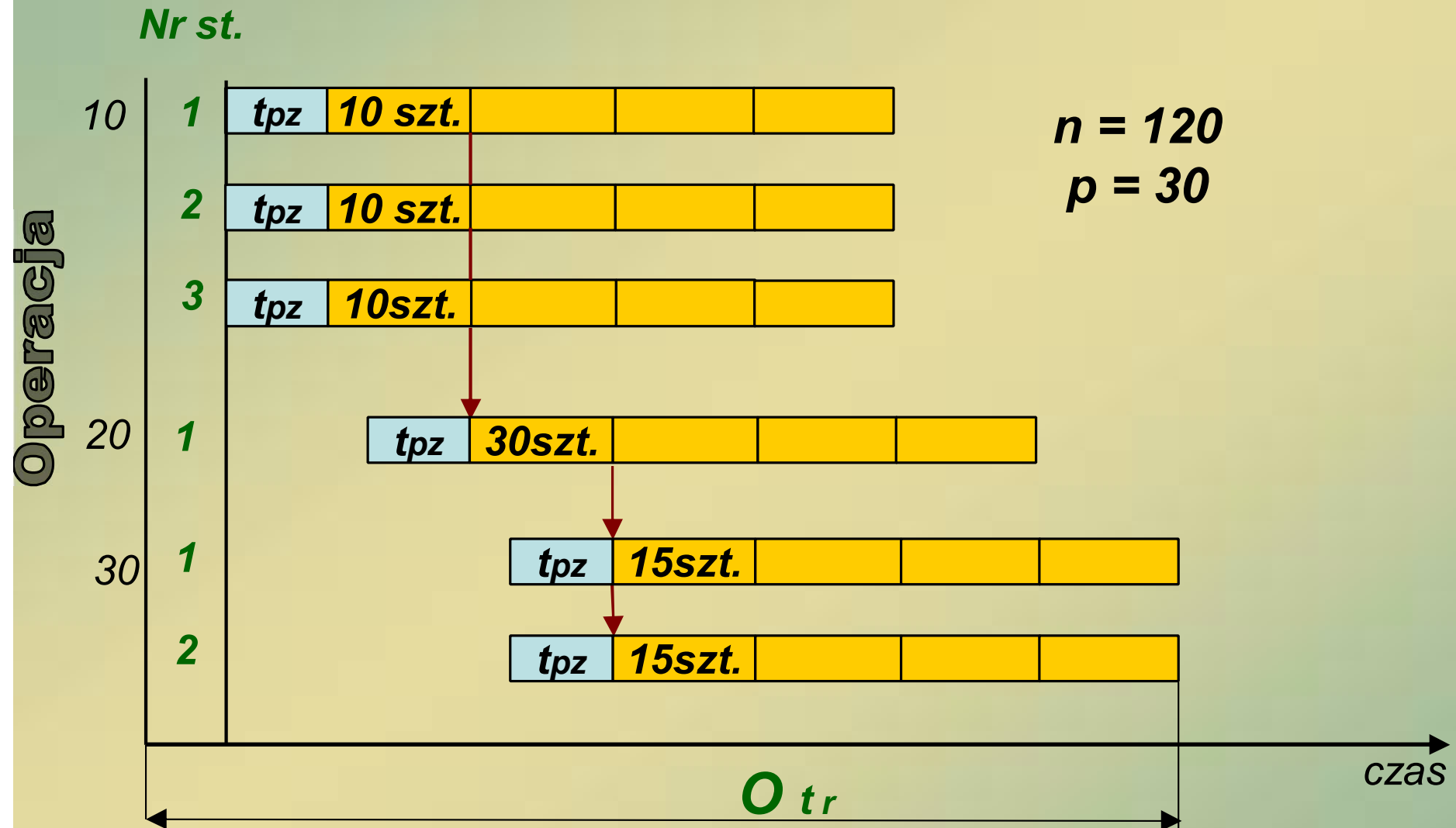
20 – 4 min

30 – 8 min

Liczba stanowisk roboczych:

$$L_{10} = \frac{12}{4} = 3, \quad L_{20} = \frac{4}{4} = 1, \quad L_{30} = \frac{8}{4} = 2$$

Synchronizacja czasów operacji



Rys. 4. Schemat równoległego przepływu partii produkcyjnej wyrobu