



*Tento materiál vznikl jako součást projektu EduCom, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.*

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Plánování a řízení výroby

**František Koblasa**  
**Technická univerzita v Liberci**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Technické univerzity v Liberci a partneři**  
**Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.**



## Používané systémy plánování

- Prodejní prognóza a pojistné zásoby
- Zakázková výroba
- Plánování přes Objednací hladiny
- Oddělené plánování mezioperačních polotovarů
- Automatické plánování rodiny výrobků

## Prodejní prognóza a pojistné zásoby

- Veškeré procesy jsou řízeny prodejním forecastem (prognózou)
- Pojistné zásoby - pokryjí odchylky od prodejní prognózy.



okamžité uspokojení zákazníka, jednodušší plánování



zásoby

## Zakázková výroba

- Veškeré procesy se řídí až závaznou odběratelskou objednávkou.



Nízké zásoby



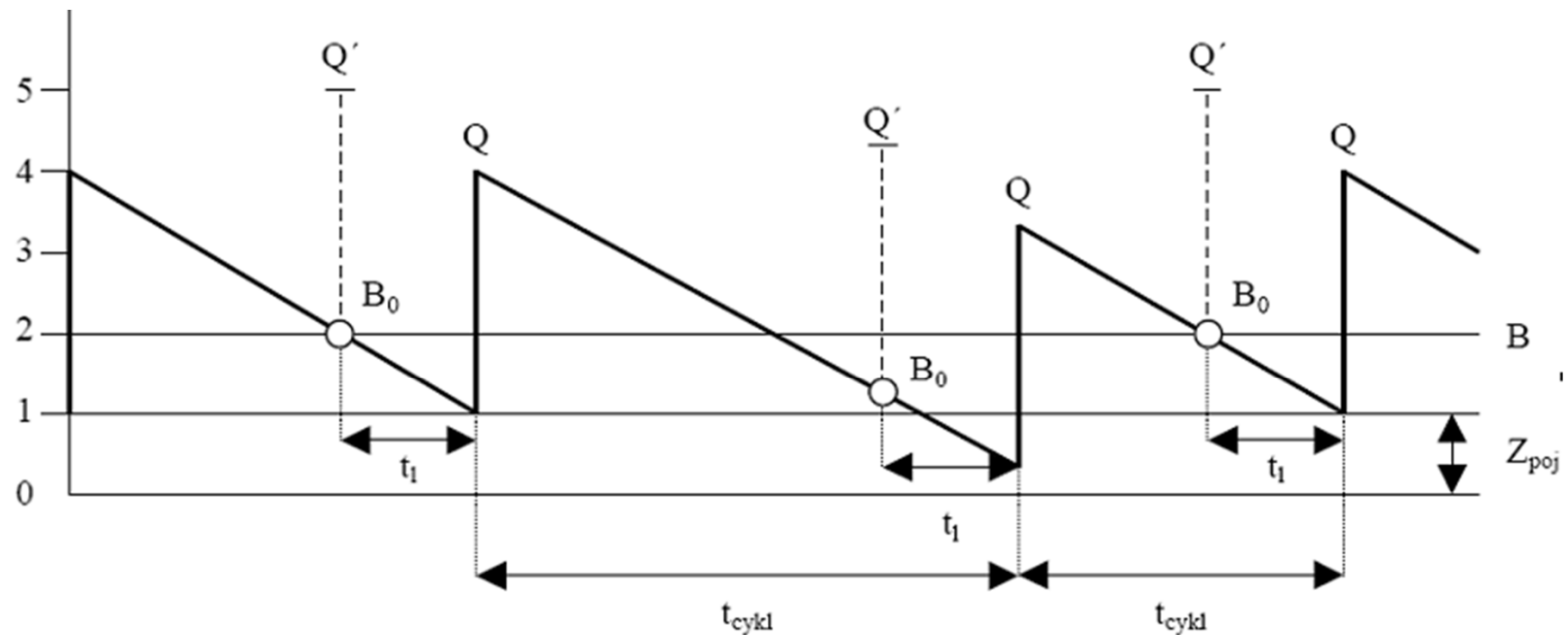
Delší dodací lhůty, složité plánování

## Plánování přes objednací hladiny

- Vychází ze skutečných potřeb.
- Podkročení objednací hladiny automaticky vyvolá výrobní zakázku

Doplnění skladu do nastavené úrovně maximální zásoby  
skladový ERP modul

## Pilový diagram



$Q'$  = objednané množství,  $Q$  = dodané množství,  $Z_{poj}$  = pojistná zásoba

Zdroj: VANĚČEK, D. *Logistika*. 1. vydání České Budějovice: Jihočeská univerzita, Ekonomická fakulta, 2008. 177 stran

## Plánování rodiny výrobků

- Rodina výrobků – výrobky s minimálními odlišnostmi
- Minimalizace výměn např. lisovacích nástrojů

Při zaplánování požadavku na jednu variantu daného výrobku, se provede kontrola stavu disponibilních zásob ostatních členů rodiny výrobků

Popřípadě vytvoří ERP výrobní zakázky na další členy.

## Rodina výrobků



Zdroj: <http://www.fortell.cz>

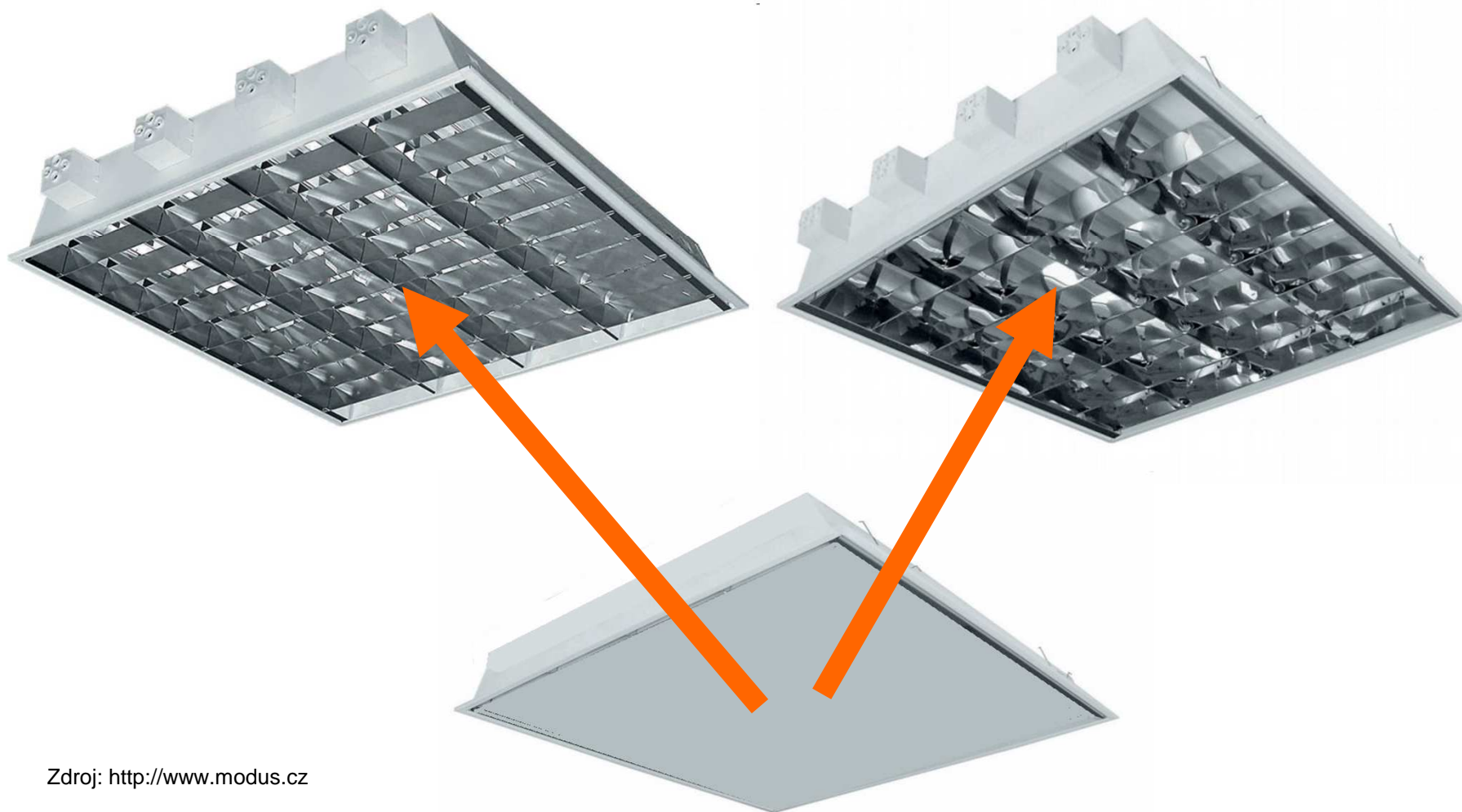


## Oddělené plánování polotovarů

- Plánování vychází z prodejní prognózy
- Plánují se pouze komponenty a podsestavy

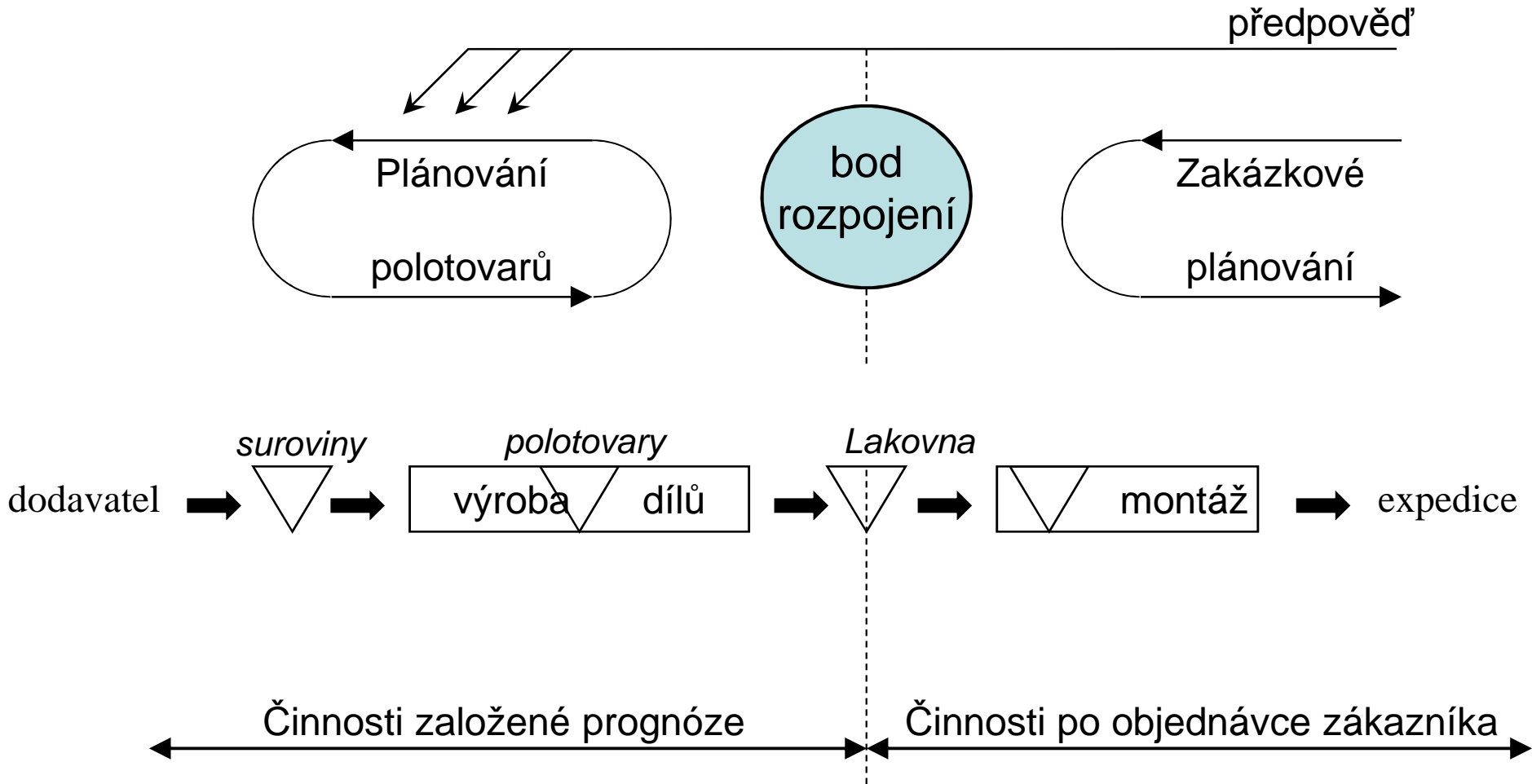
Finální výrobky jsou kompletovány až na základě skutečné objednávky trhu

## Plánování polotovarů



Zdroj: <http://www.modus.cz>

# Bod rozpojení objednávkou



## Otázky

Jakým způsobem budete plánovat množství zásob pro výrobu (prodej):

- Vajec
- Pečiva
- Šroubů
- Lokomotiv

## Dílenské řízení výroby

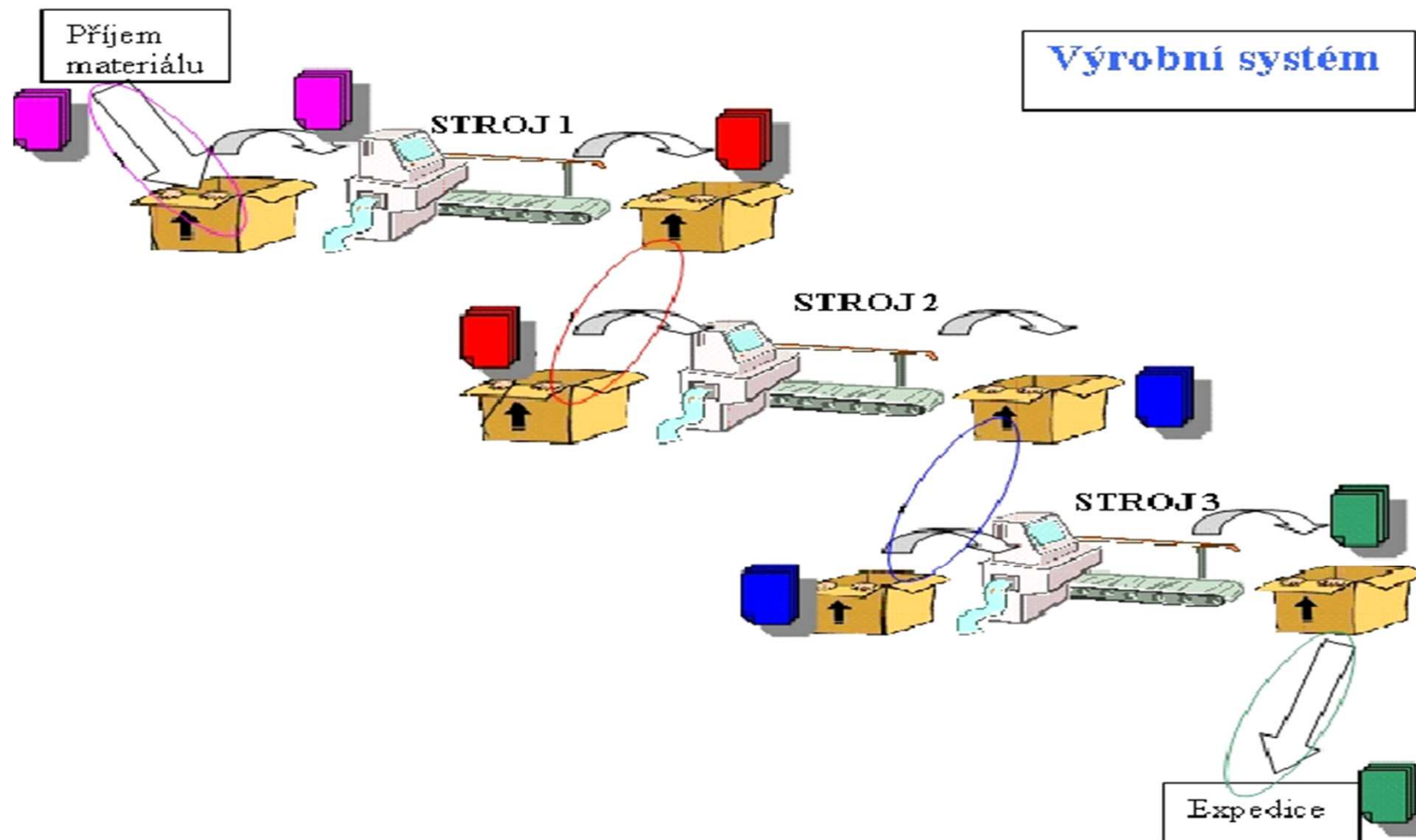
Zaleží na principu řízení:

- Tahem (Kanban)
- Tlakem (systémy v rámci integrace s CIM)
- Pomocí úzkého místa (Metoda DBR)

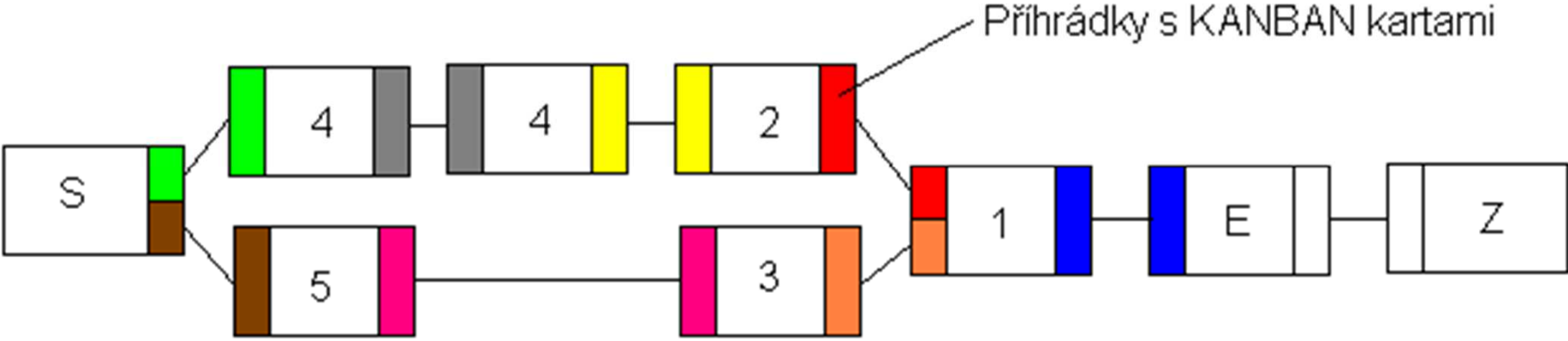
## Řízení tahem

- Pracoviště vyvolávají své aktivity u předcházejícího výrobního stupně přímo - prostřednictvím tzv. kanban karty.
- Vytváří se samořídící regulační - kanbanové okruhy. Tyto okruhy předpokládají decentralizaci řízení zakázek.
- Při určování priority "co vyrábět dříve" se vychází z počtu jednotlivých objednávek, jejich vztahu k požadovaným výrobkům a dalších pravidel.

# Řízení tahem



# Kanban pro dva typy výrobku





## Řízení tlakem

- Obvykle na základě předpovědi
  - Lhůtový plán  
(od – do) na základě průběžných dob výroby
  - Kapacitní plán  
vytížení kapacit na střediscích
  - „plán“ - rozvrh na základě činností  
Ganttův graf

## Ganttův diagram – vizualizace rozvrhu

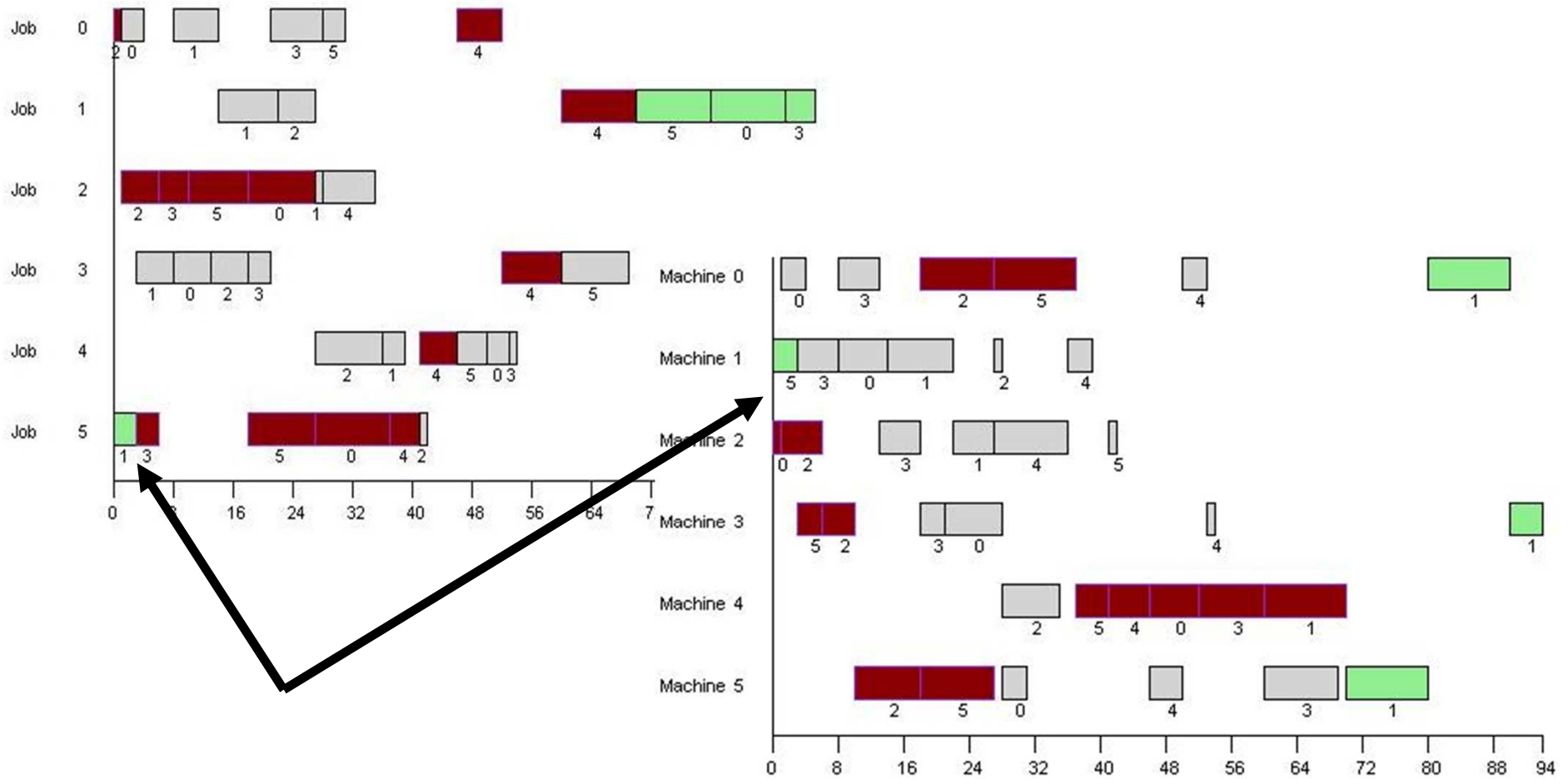
Ganttův diagram (úsečkový diagram) zobrazuje rozvrh po

- operacích (projektové řízení)  
délka trvání operace spolu s jejím začátkem a koncem
- obsazenosti na strojích (rozvrhování výroby)  
počátek a konec obsazenosti na stroji

# Ganttův diagram

## Zakázky

## Stroje



## Ganttův diagram – výhody nevýhody

- Přehled o počátku a konci operací v zakázkách spolu s jejich vzájemnými vztahy
  - Zobrazení čekání, potřeby zdrojů vzájemných konfliktů atd.
- 
- V rámci většího počtu operací (rozsáhlosti projektu) stává se nepřehledným
  - Zobrazuje pouze základní omezení (čas, zdroj/operaci, rozsah)



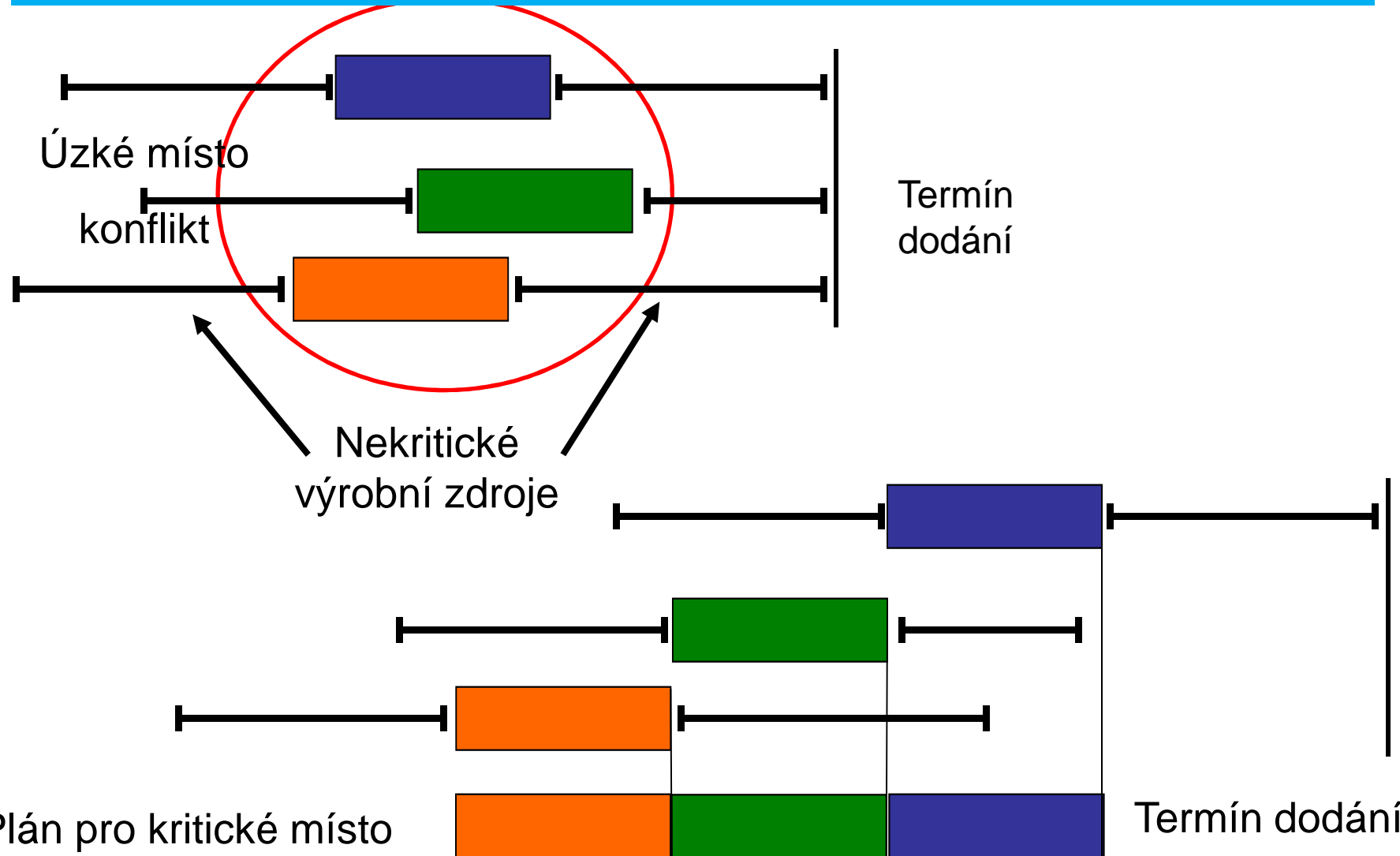
## Řízení tlakem

- Lhůtového, kapacitní a operační plán
- Fronty výrobních dávek před pracovišti
- „Tlačení“ přes dané výrobní zdroje.
  
- Řízeno ručně, pomocí excelu, MES či modulu DŘV v ERP/APS.
  
- Řídí se odchylky od plánu a to posun priorit, nestandardní díly. Dále materiálové a obalové hospodářství, přípravky atd.

## Řízení pomocí úzkého místa

- Řízení dle teorie omezení.
- Tvoří se detailní rozvrh pro ÚM
- Místa před ÚM se řídí pomocí tahu, za ÚM tlakem.
- Řízení ÚM podle časů seřizení, pomocí změny pořadí zakázek, slučováním a rozdělováním výrobních dávek.

## Plán kritického místa



## Plánování do omezených kapacit - Rozvrhování výroby

*První zákon modifikace plánu:*

*Plánovač je uvědoměn o nezbytnosti modifikace plánu přesně  
ve chvíli, kdy je plán hotov.*



## Dílčí cíle

- Co je to Rozvrhování
- Vliv pořadí zakázek a velikosti dávek
- Vliv druhu výroby na rozvrhování
- Příklad
- Rozvrhovací algoritmy a druhy rozvrhů
- Možnosti optimalizace a analýzy rozvrhů

## Plánování a rozvrhování výroby

### Co je plán ?

**Plán** - posloupnost **akcí**, které musíme aplikovat tak, aby se systém podléhající plánování dostal z nějakého svého **počátečního** (výchozího) **stavu** dostal do **stavu koncového** (cílového)

Nalezení odpovědí na otázku:

Jaké akce (operace) jsou potřeba k dosažení cílů,  
rozhodování o výběru operací a určování jejich pořadí

## Plánování a rozvrhování výroby

### Co je rozvrhování?

Nalezení odpovědí na otázku:

Kde a kdy budu zpracovávat zakázky?

- rozhodování o posloupnosti prováděných akcí (plánů)
- umístění na časové ose s ohledem na kapacitní omezení

## Rozvrhování výroby

Rozvrh výroby je nejdetailnějším plánem

Rozvrhování se zabývá přiřazováním pracovních činností jedné po druhé ke zdrojům.

Tj. tvoříme pořadí operací na jednotlivých strojích spolu s určením jejich začátku a konce

## Plán a rozvrh

### Kapacita



Využitá kapacita

### Rozvrh



„Délka“ výroby

### Porovnání

Využitá kapacita

„Délka“ výroby

## Rozvrhovací problém

Základním rozvrhovacím problémem je vybrat správnou operaci z několika možných tak, aby vyhovovala požadavkům výroby

## Druhy rozvrhování

- Statický model – Počet zakázek je předem daný
- Dynamický model – počet zakázek se mění resp. do výrobního systému přicházejí stále nové

## Požadavky na rozvrh

Pomocí rozvrhování se snažíme splnit často protichůdné požadavky

Dodržení zákaznických termínů

X

minimalizace celkového času odvedení všech zakázek (makespan)

Maximální využití výrobních zdrojů

X

Minimalizace zásob a rozpracovanosti

A jiné.....



# Druhy výroby z pohledu materiálového toku

## Modely výroby

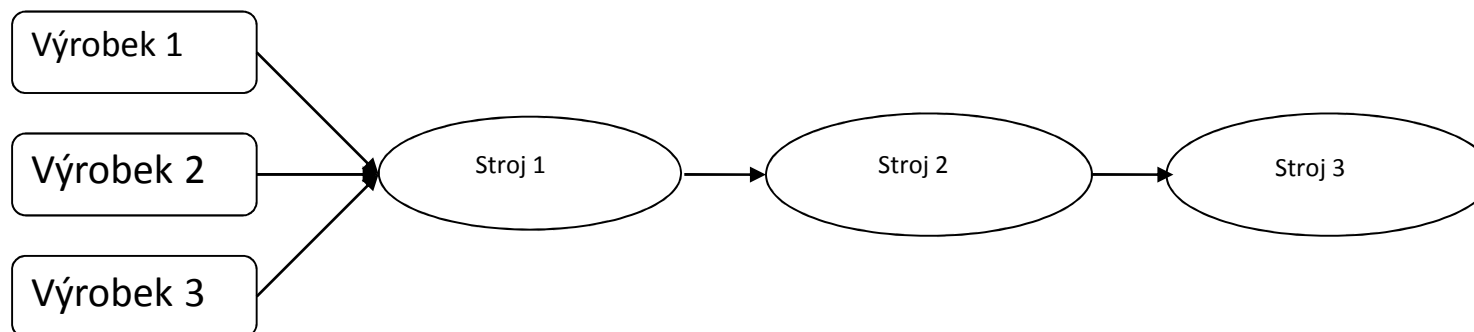
## Aspekty modelu reálné výroby

Omezení :

- Materiálová (dostupnost materiálu)
- Technologická (technologický postup)
- Časová (směnnost)
- Více zdrojová (pracovníci, přípravky, transport)

## Zjednodušené modely

- Proudová výroba



Výrobní a montážní linky v seriové výrobě

## Flow shop v praxi



Potravininy

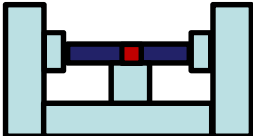
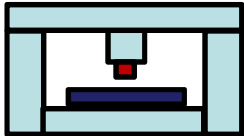
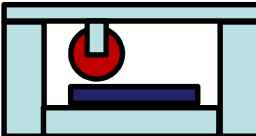


Textil



Automotiv

	Stroj 1	Stroj 2	Stroj 3	Suma
Výrobek A	6	4	3	13
Výrobek B	4	3	2	9
Výrobek C	4	4	3	11
Suma	14	11	8	

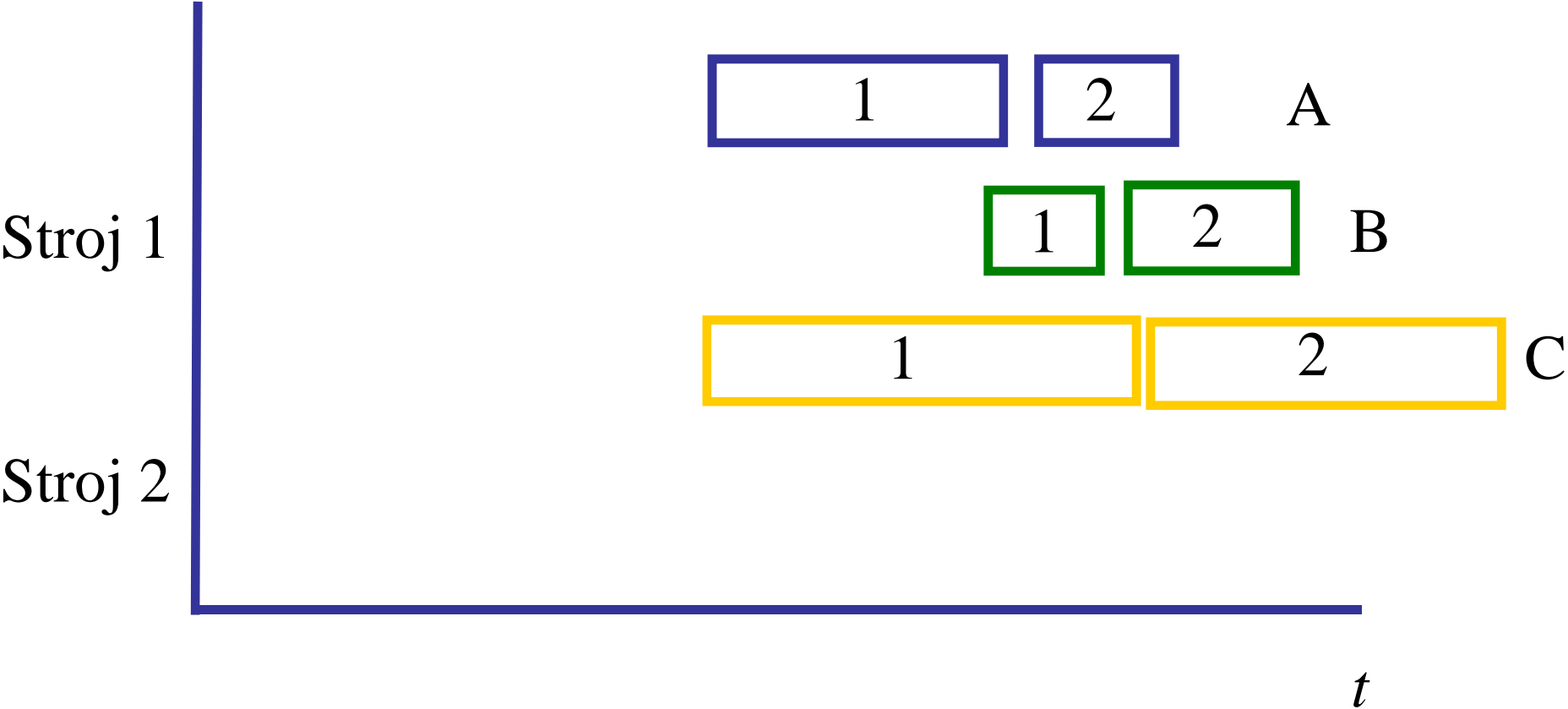


	Stroj 1	Stroj 2	Stroj 3	Suma
Výrobek A	6	4	3	13
Výrobek B	4	3	2	9
Výrobek C	4	4	3	11
Suma	14	11	8	

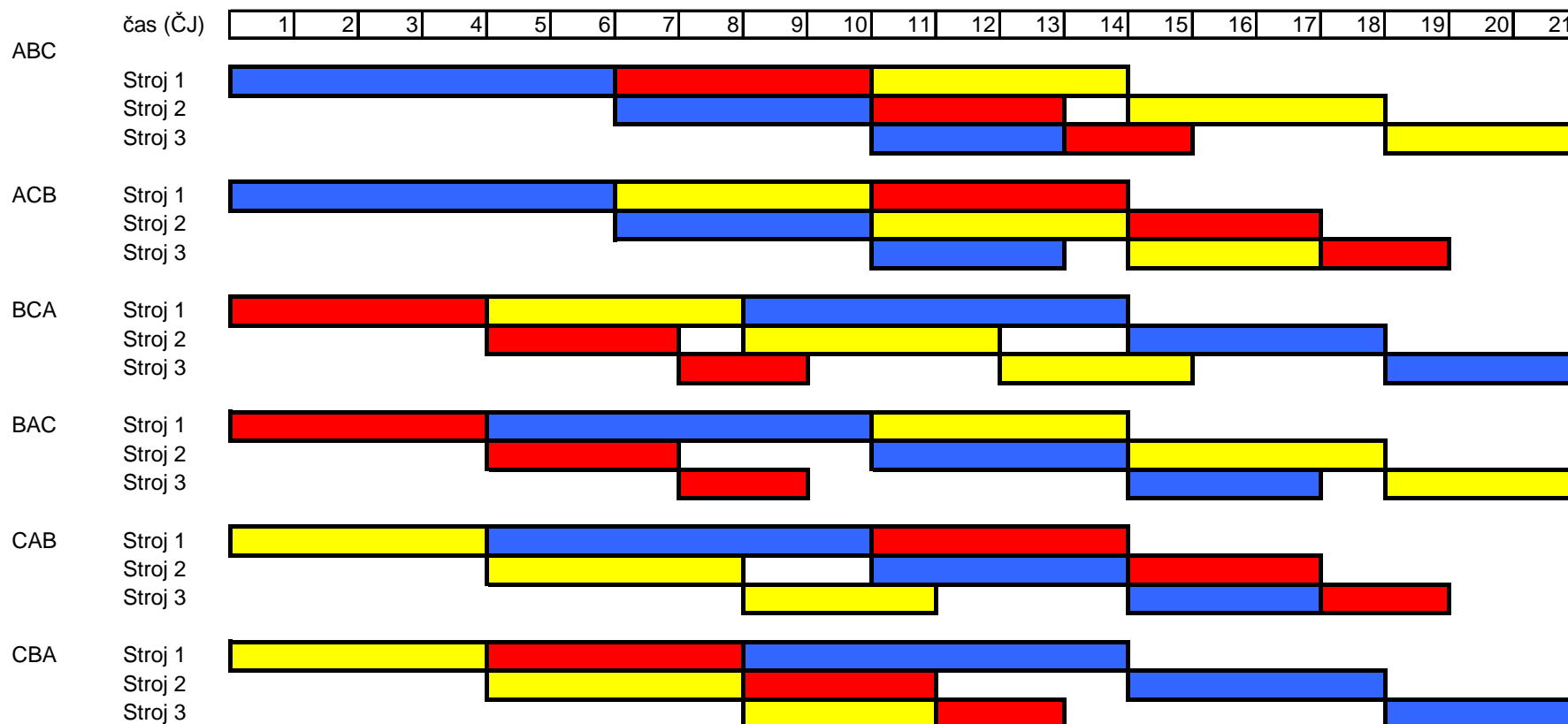
Za jak dlouho lze z kapacitního hlediska uskutečnit plán ?

Jaký bude rozvrh výroby ? (pořadí výrobků na vstupu do linky + začátek operací a jejich konec)

# Malý návod – dopředný rozvrh



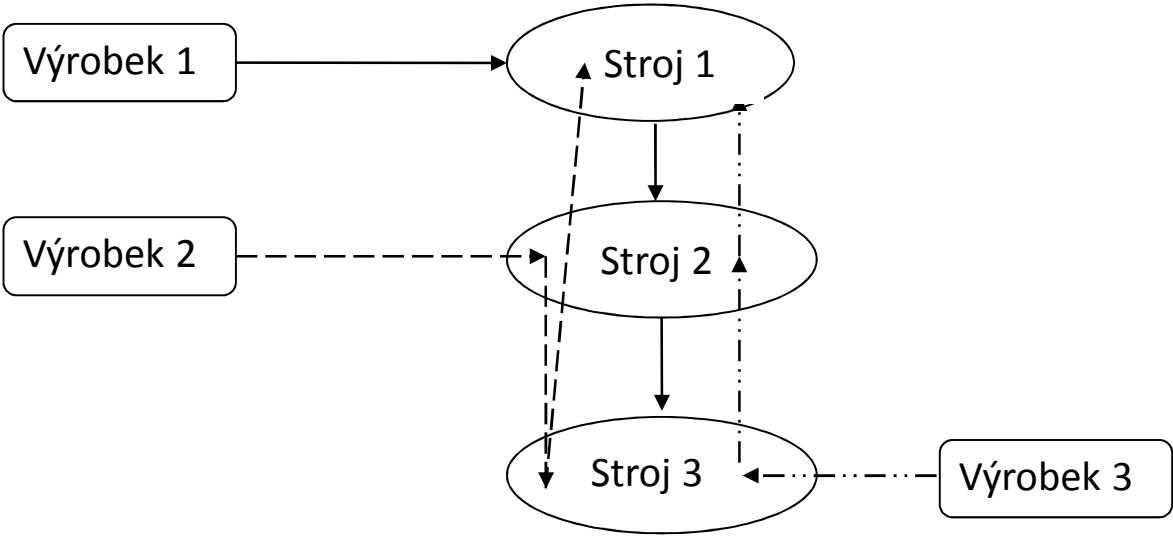




Optimální sekvence pořadí zakázek je na vstupu  
A-C-B, C-A-B s časem dokončení 19

## Zjednodušené modely

- Zakázková - kusová výroba (Job schop)



Výrobní a montážní linky v kusové výrobě s velkým počtem odlišných výrobků

## Job Shop v praxi



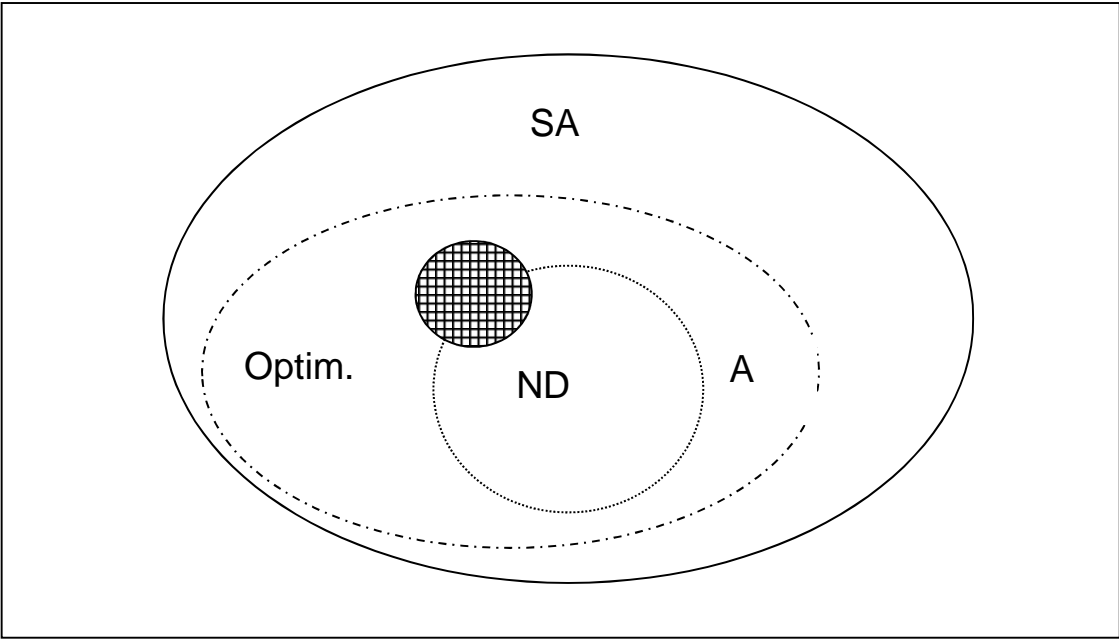
Výroba obráběcích strojů



Výroba motorek na zakázku

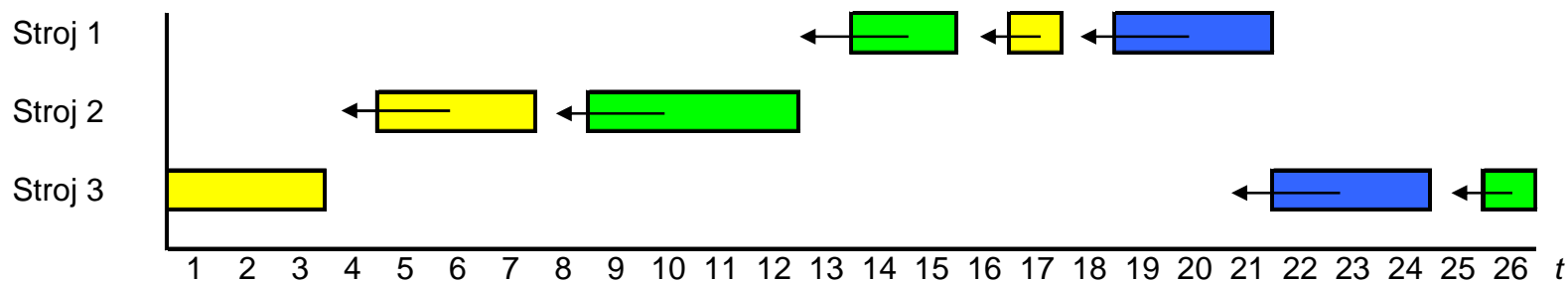
# Druhy rozvrhů

- Neaktivní
- Semiaktivní
- Aktivní
- Bez zpoždění

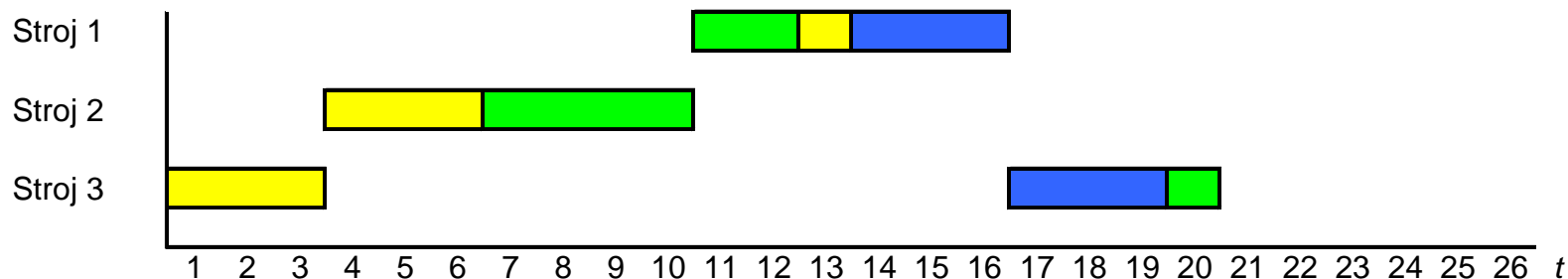


# Neaktivní a Semi-aktivní rozvrh

Neaktivní rozvrh

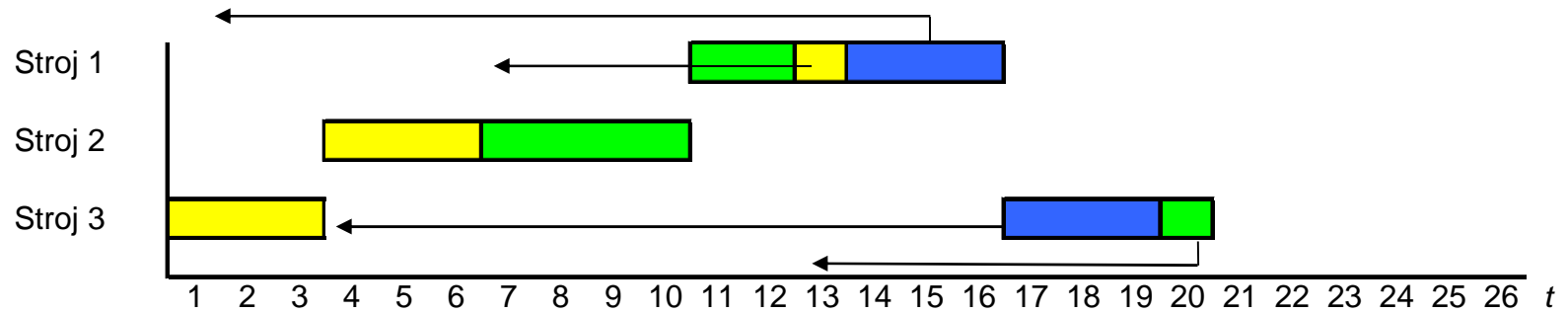


Semi-aktivní rozvrh

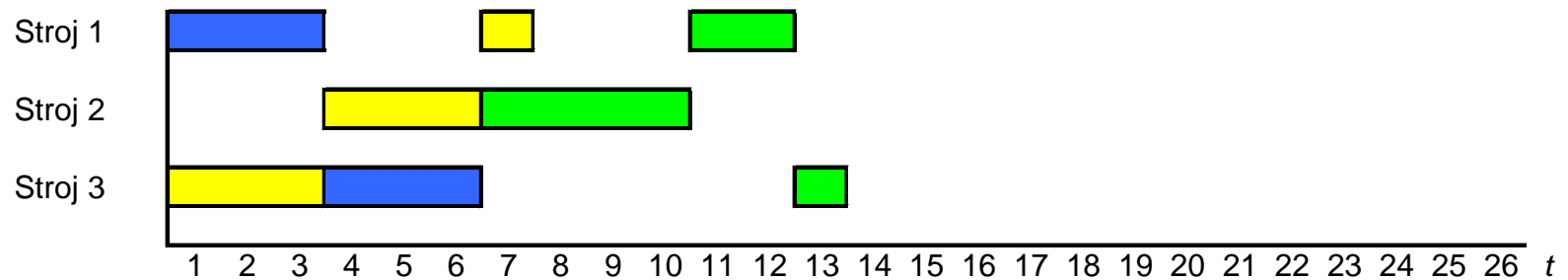


## Semiaktivní a aktivní rozvrh

Semi-aktivní rozvrh



Aktivní rozvrh



**Aktivní rozvrh**

Dostupná v tomto okamžiku

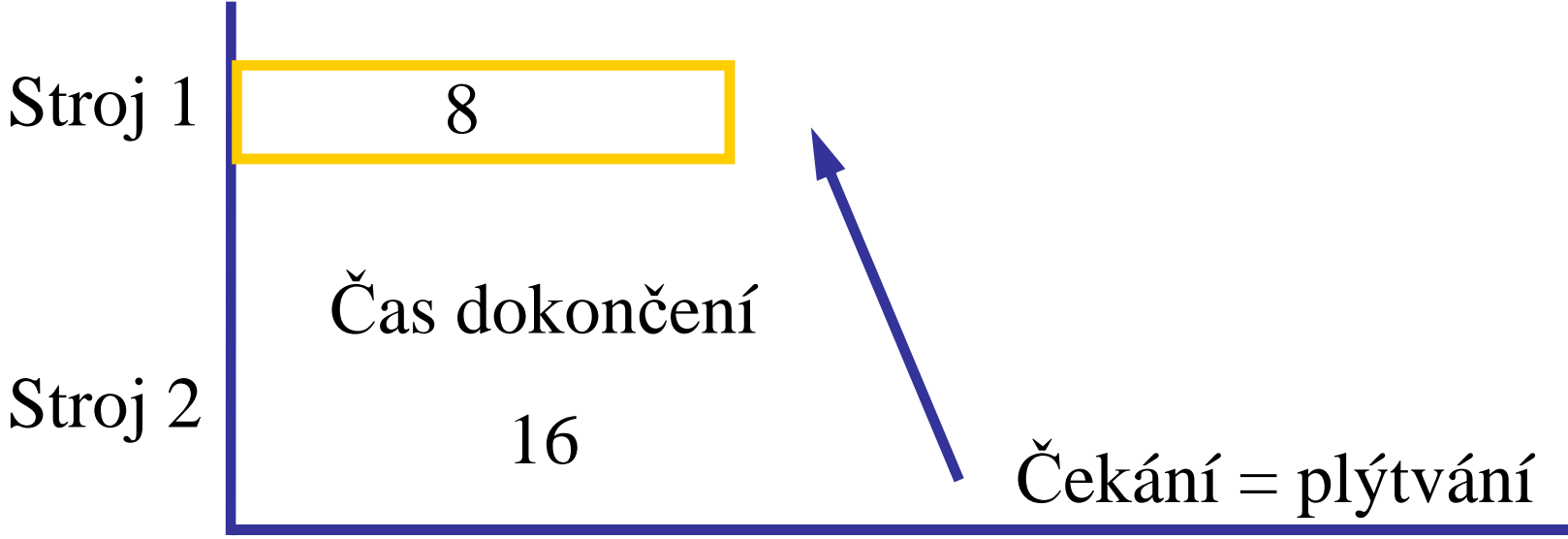
Dostupná za hodinu

Následující na stroji 2

5

2

4



# Rozvrh bez zpoždění

Dostupná v tomto okamžiku

5

Dostupná za hodinu

2

Následující na stroji 2

4

Stroj 1

8

Stroj 2

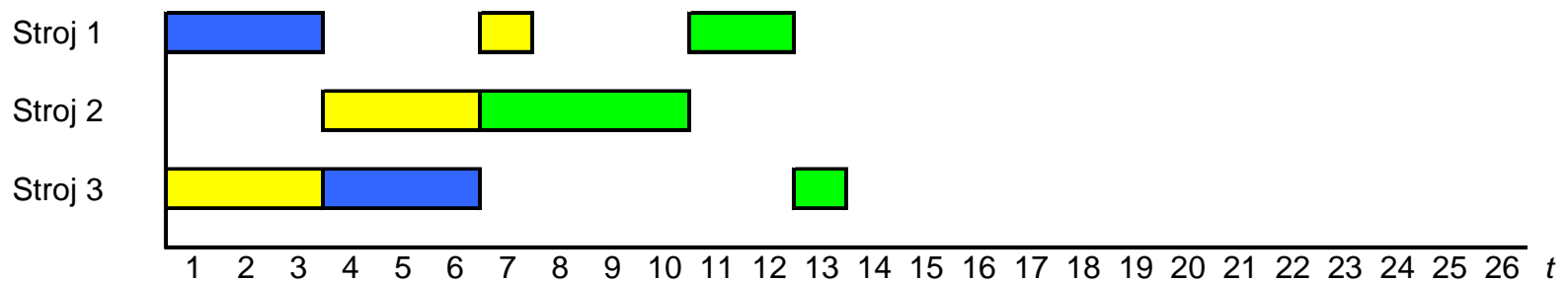
Čas dokončení

19

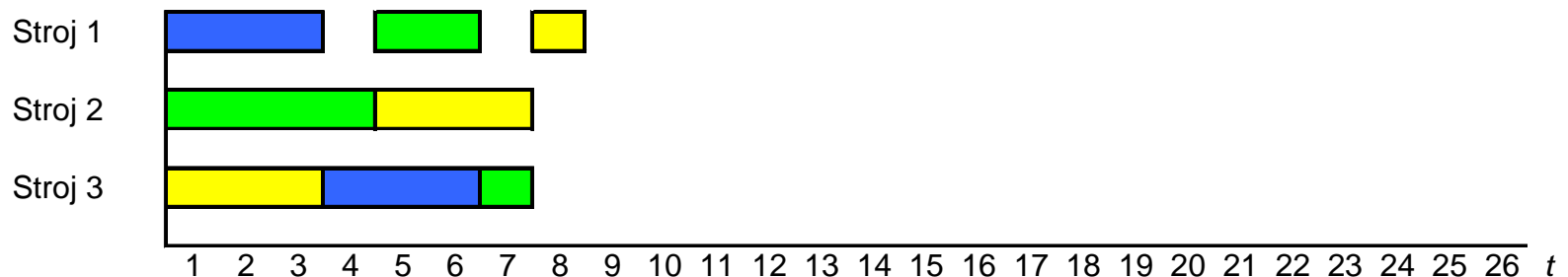


## Aktivní rozvrh a rozvrh bez zpoždění

Aktivní rozvrh



Rozvrh bez zpoždění



## Metody řešení

- GT – Giffler a Thomson (1965) – Aktivní (A)
- Vyber všechny operace, které lze v tomto okamžiku rozvrhovat v závislosti na omezení
  - o Vyber z nich operaci na stroji ( $M_x$ ) s nejkratším plánovaným časem dokončení ( $F_t$ )
  - o Na tomto stroji ( $M_x$ ) vyber všechny operace, které mají dřívější začátek operace než je ( $F_t$ )
- Z nich vyber operaci, která je nejvhodnější...

.... a která to je ??? – které dám  
přednost ???



Prioritní  
pravidla

## Metody řešení

- Plány bez zpoždění (Non delay – ND)
- Vyber všechny operace, které lze v tomto okamžiku rozvrhovat v závislosti na omezení
  - o Vyber z nich operaci na stroji ( $M_x$ ) s nejkratším plánovaným časem začátku ( $E_t$ )
  - o Na tomto stroji ( $M_x$ ) vyber všechny operace, které mají stejný začátek jako ( $E_t$ )
- Z nich vyber operaci, která je nejvhodnější...

.... a která to je ??? – které dám  
přednost ???



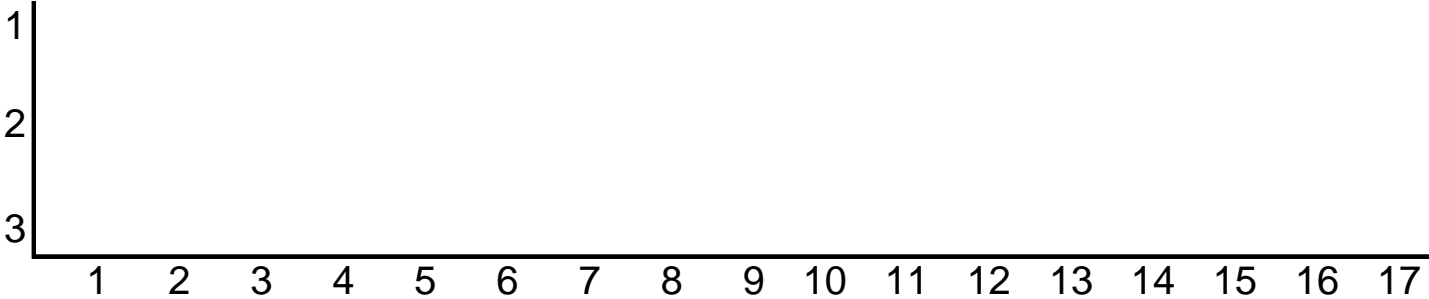
Prioritní  
pravidla

## Prioritní pravidla

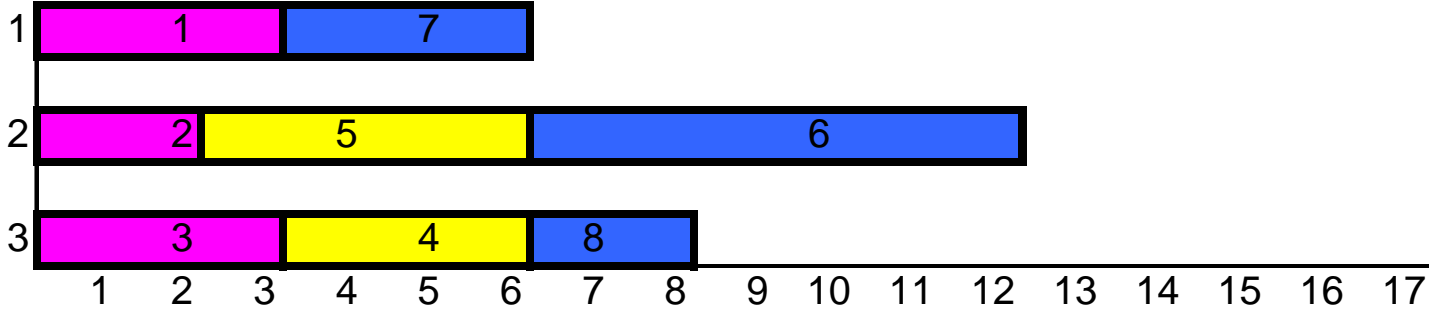
- Podle priority termínu odvedení, zákazníka, penále atd.
- Podle vlastností zakázek (tech. postupu, rozvrhu atd.)
- Panvalkar a Isklander jich popsali více než sto (1977)
- SPT (shorter processing time) neboli nejkratší procesní čas - používá se při strategii odvést nejkratší operace jako první).
- MWKR (most work remaining) neboli nejvíce práce zbývá – v případech kdy se chceme postupně zpracovávat na co největší spektrum výrobků najednou.
- LWKR (least work remaining) neboli nejméně práce zbývá - v případech kdy chceme zakázky (úlohy) co nejdříve odvést z úzkého místa pro ostatní úlohy.
- FCFS (First Come First Served) resp. First-in first-out (FIFO) pro plynulejší průtok výrobním systémem je nejčastěji používán při řízení linek
- Random (náhodné)

# Konstruktivní algoritmy

Stroj

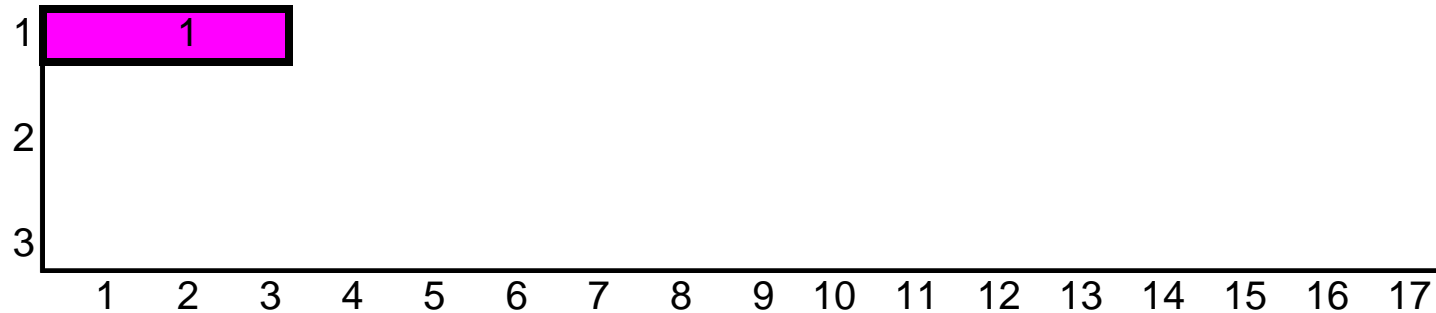


Zásobník práce

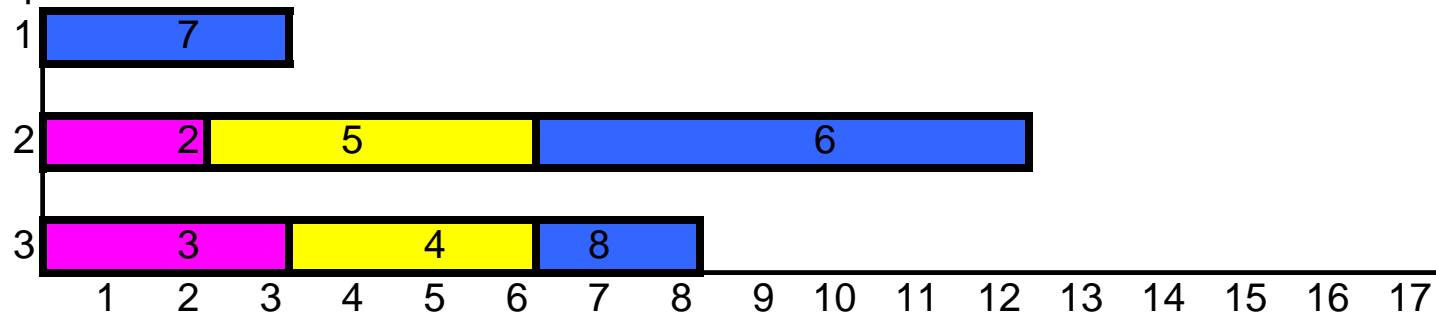


## Konstruktivní algoritmy

Stroj

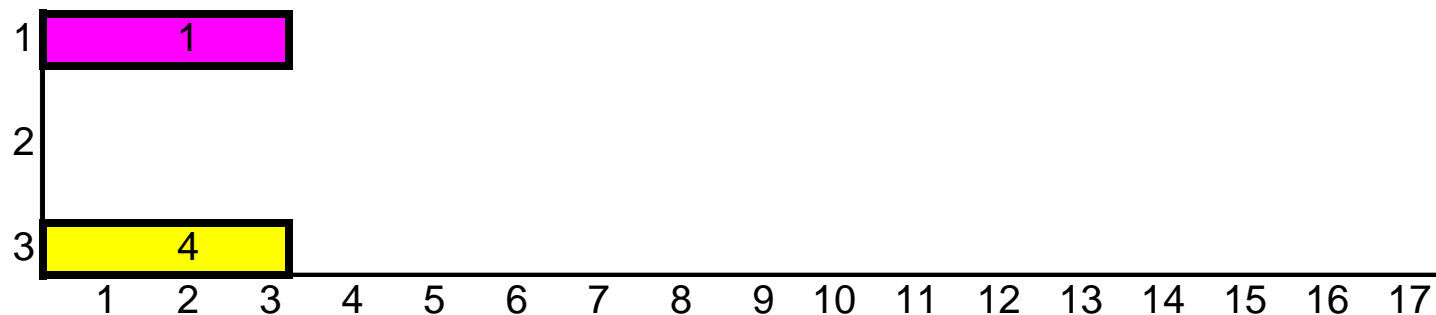


Zásobník práce

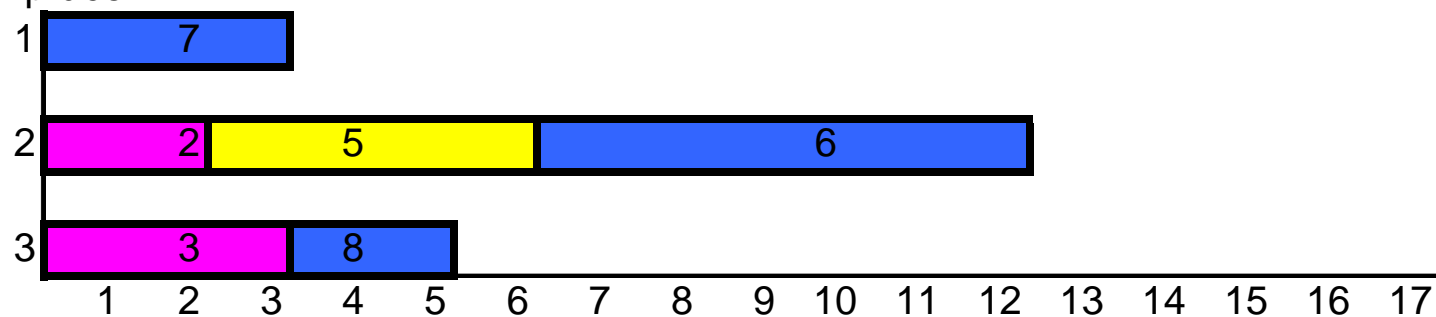


## Konstruktivní algoritmy

Stroj

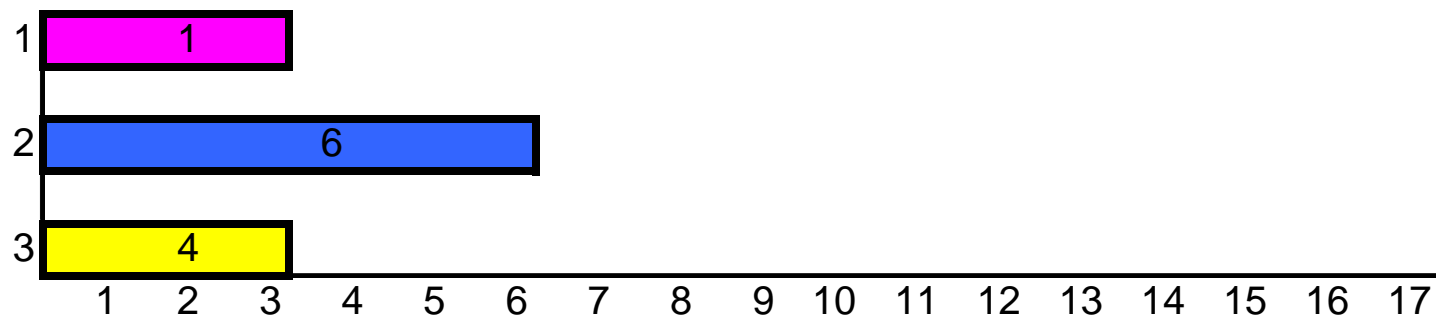


Zásobník práce

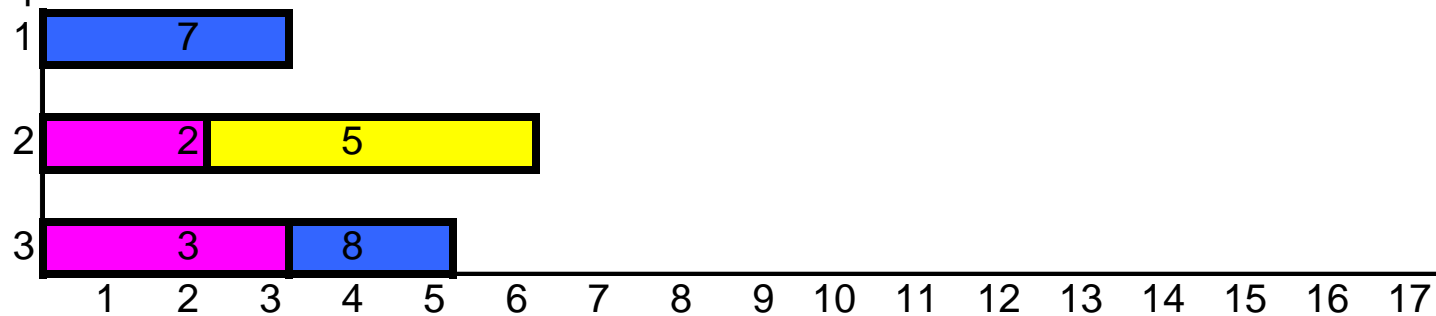


## Konstruktivní algoritmy

Stroj



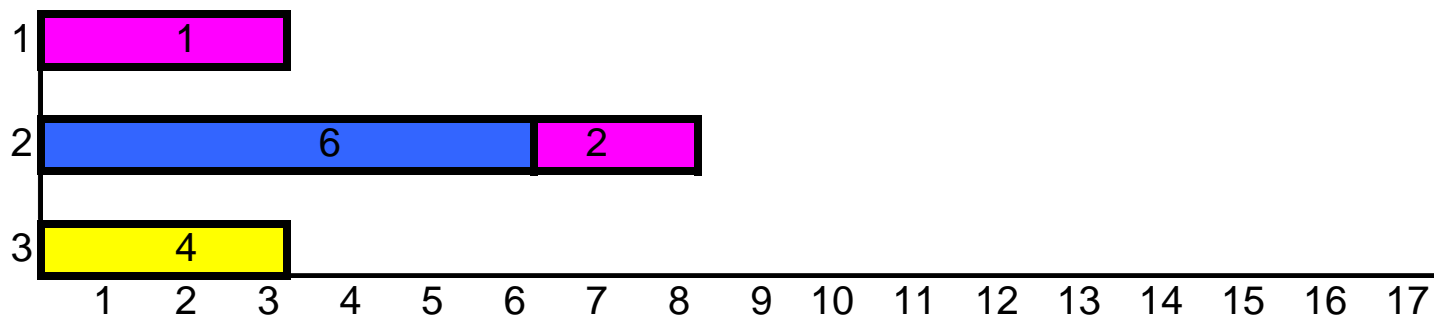
Zásobník práce



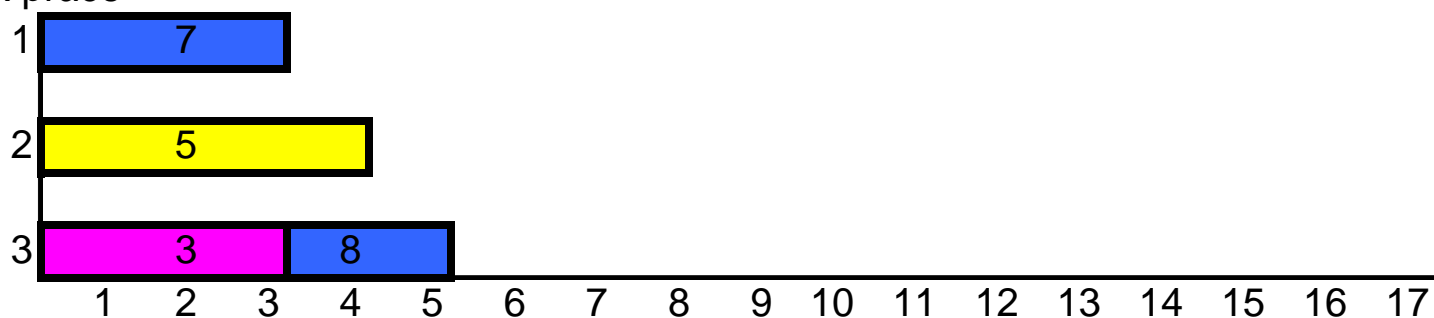


## Konstruktivní algoritmy

Stroj

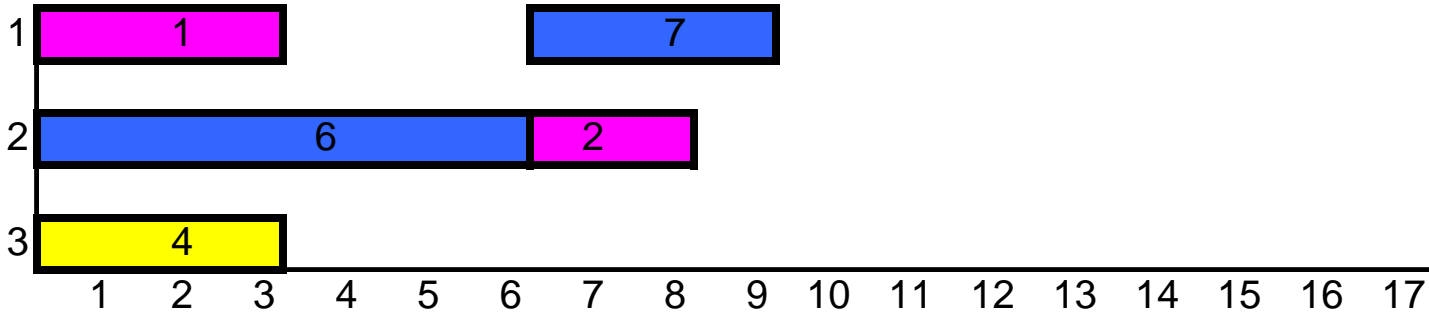


Zásobník práce

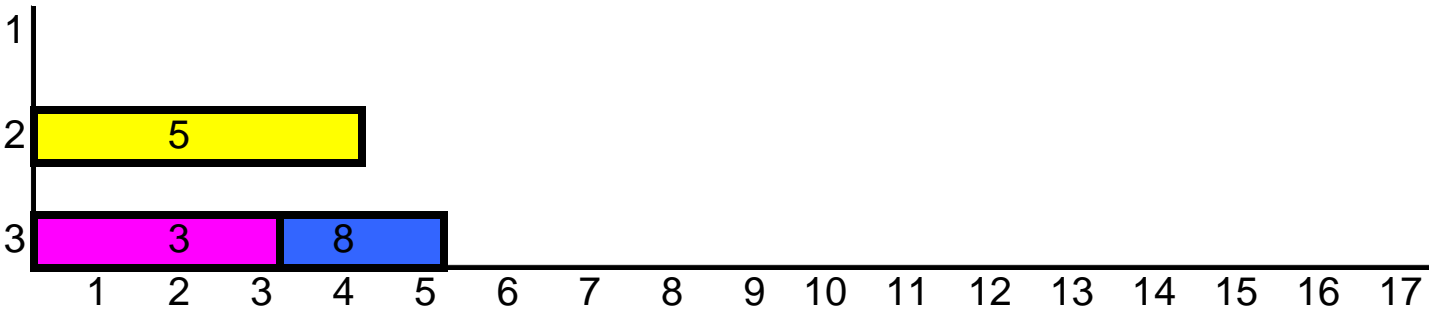


# Konstruktivní algoritmy

Stroj

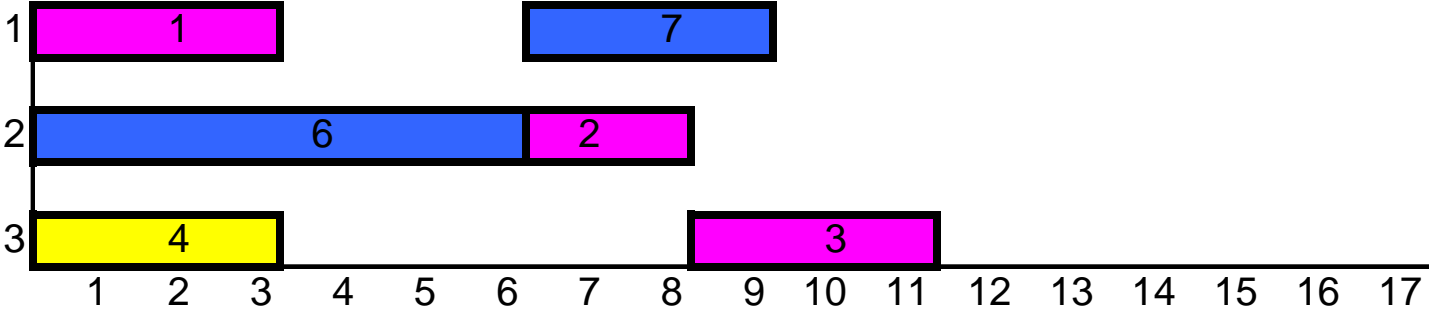


Zásobník práce

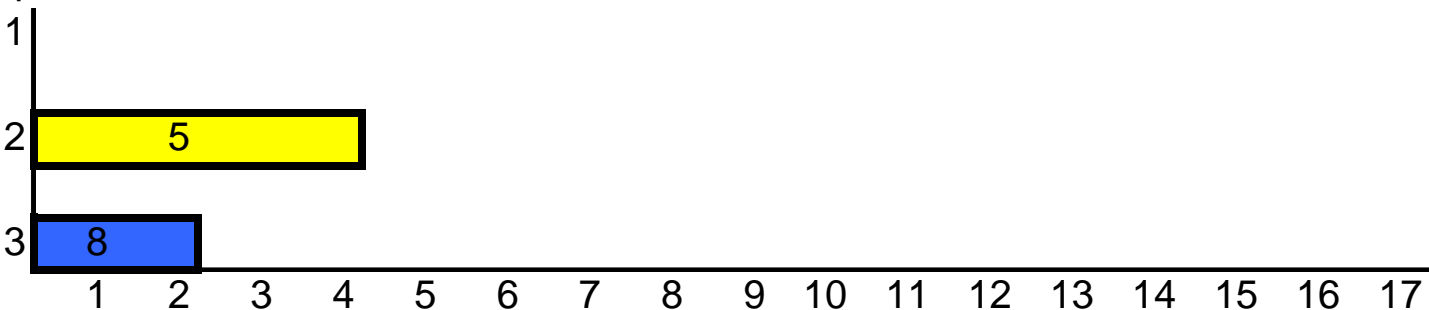


# Konstruktivní algoritmy

Stroj

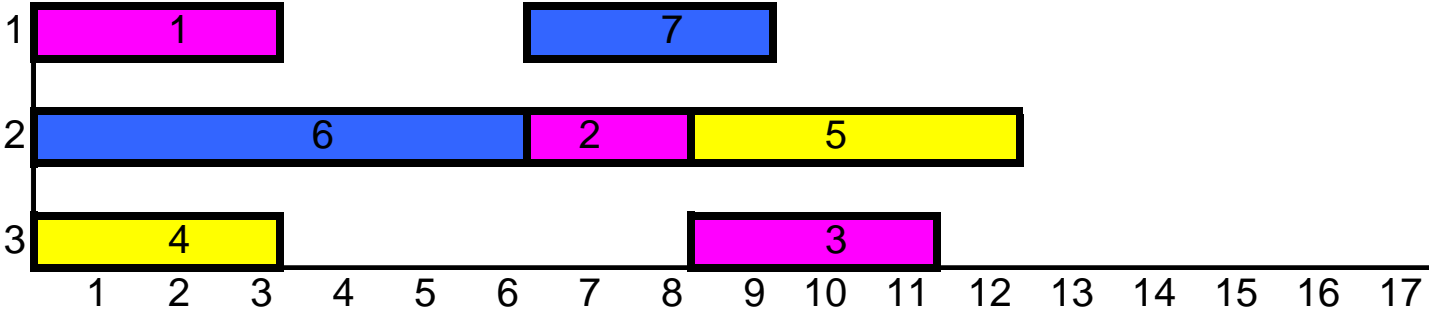


Zásobník práce

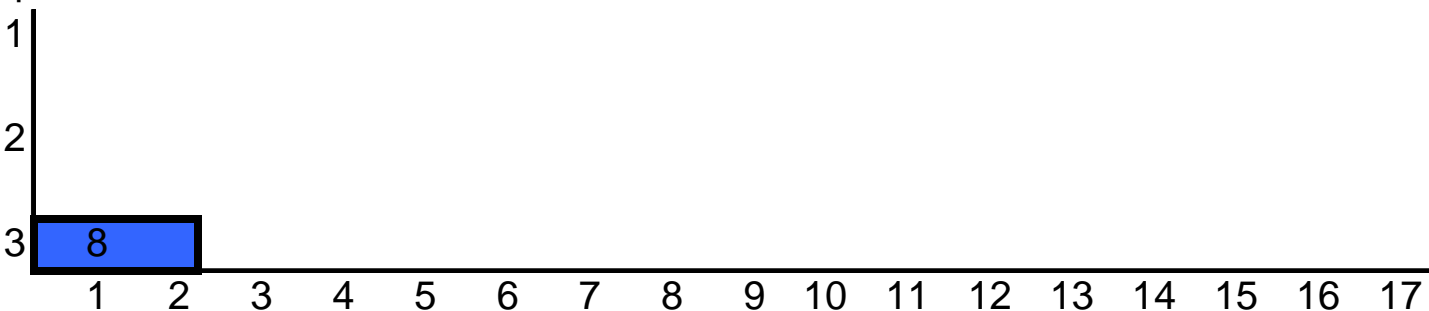


# Konstruktivní algoritmy

Stroj

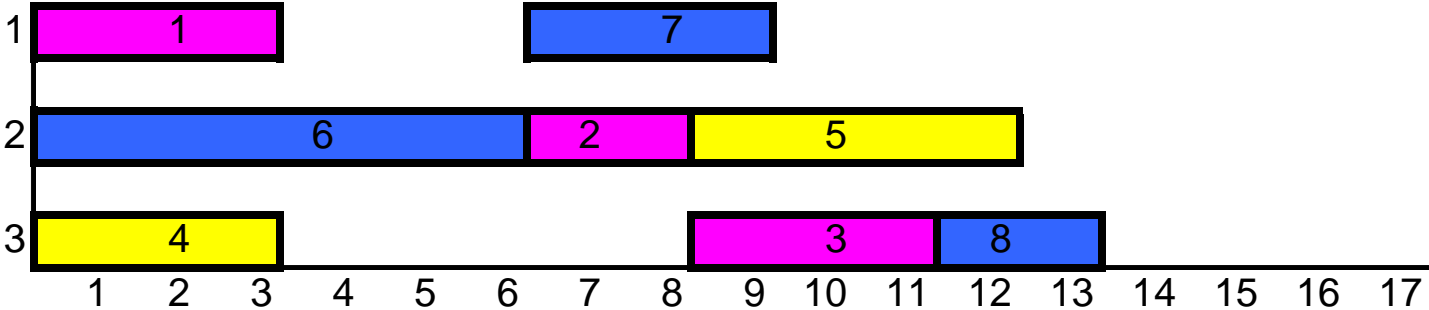


Zásobník práce

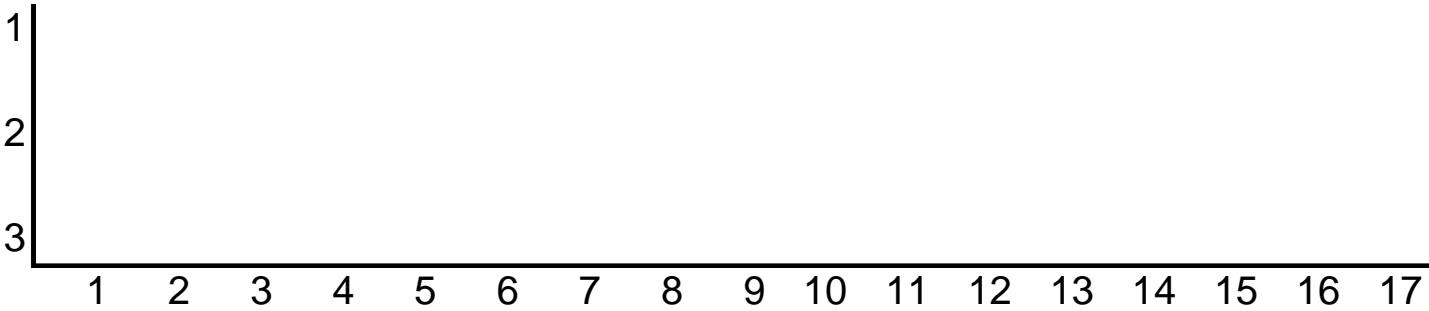


# Konstruktivní algoritmy

Stroj



Zásobník práce



## Příklad – tech. pracoviště

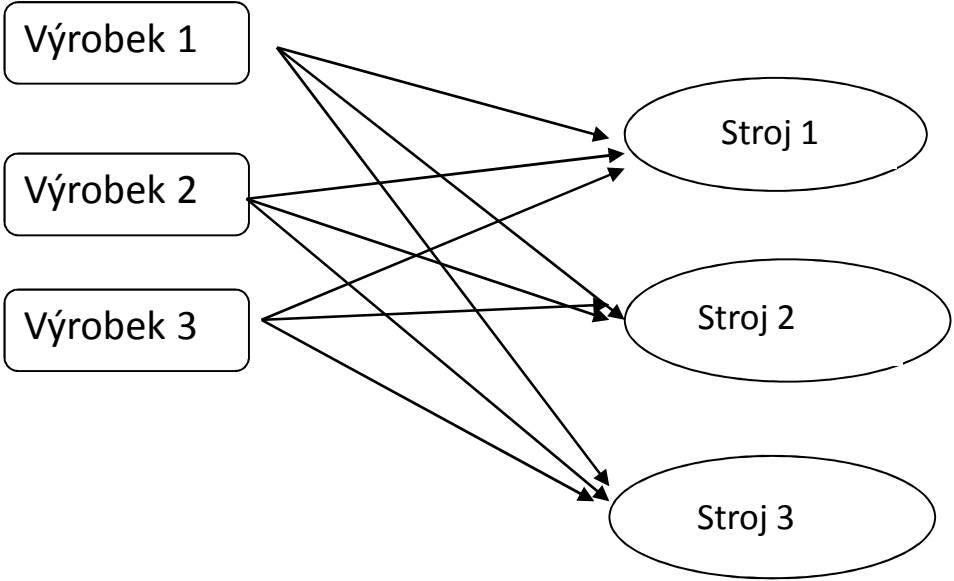
	Operace 1	Operace 2	Operace 3
Výrobek	stroj/čas	stroj/čas	stroj/čas
A	1/3	2/2	3/3
B	3/3	2/4	-
C	2/6	1/3	3/2

Naším cílem je odvést všechny výrobky z výroby za co nejkratší čas

## Pomněnky a zapomněnky

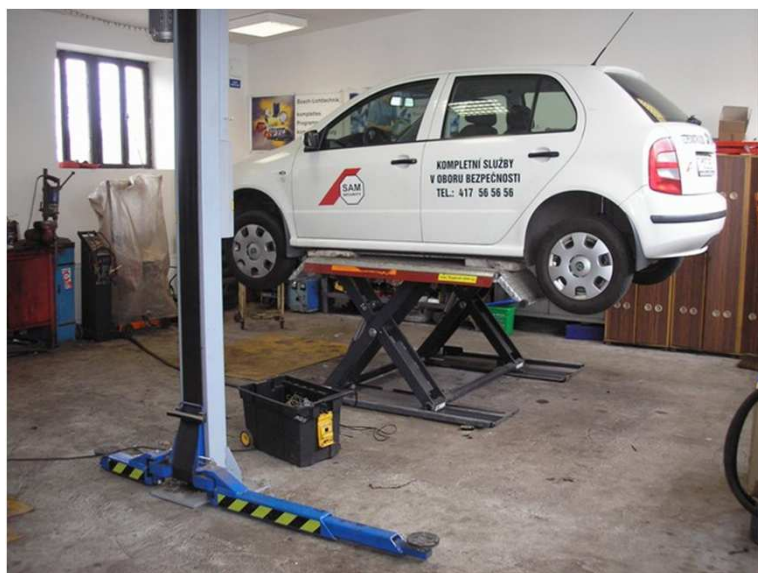
- Jaký druh rozvrhu používáme v simulaci ?
- K čemu jsou prioritní pravidla?
- Jaké se automaticky používá v simulaci (Witness) ?

# Open schop





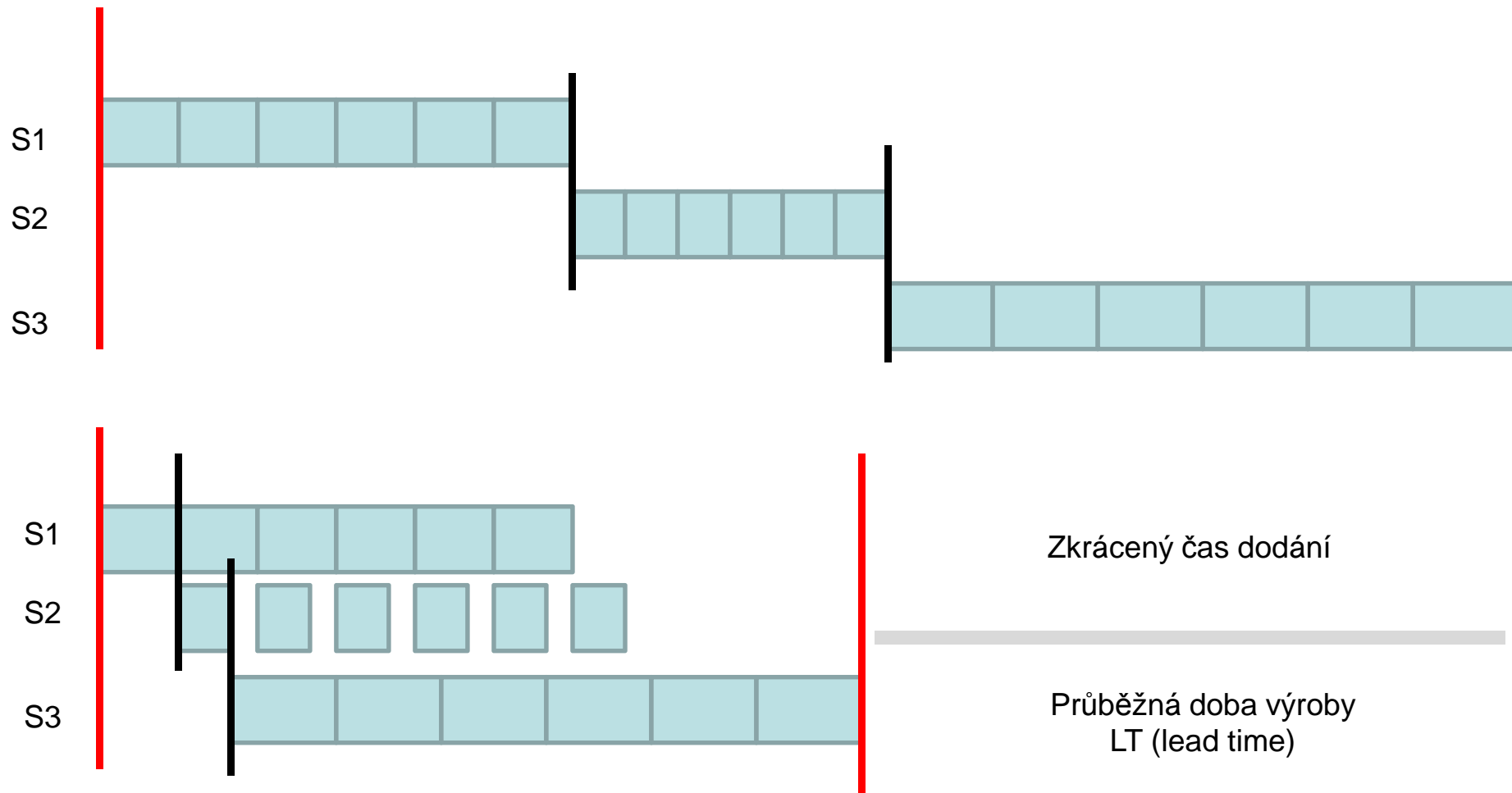
## Open schop v praxi



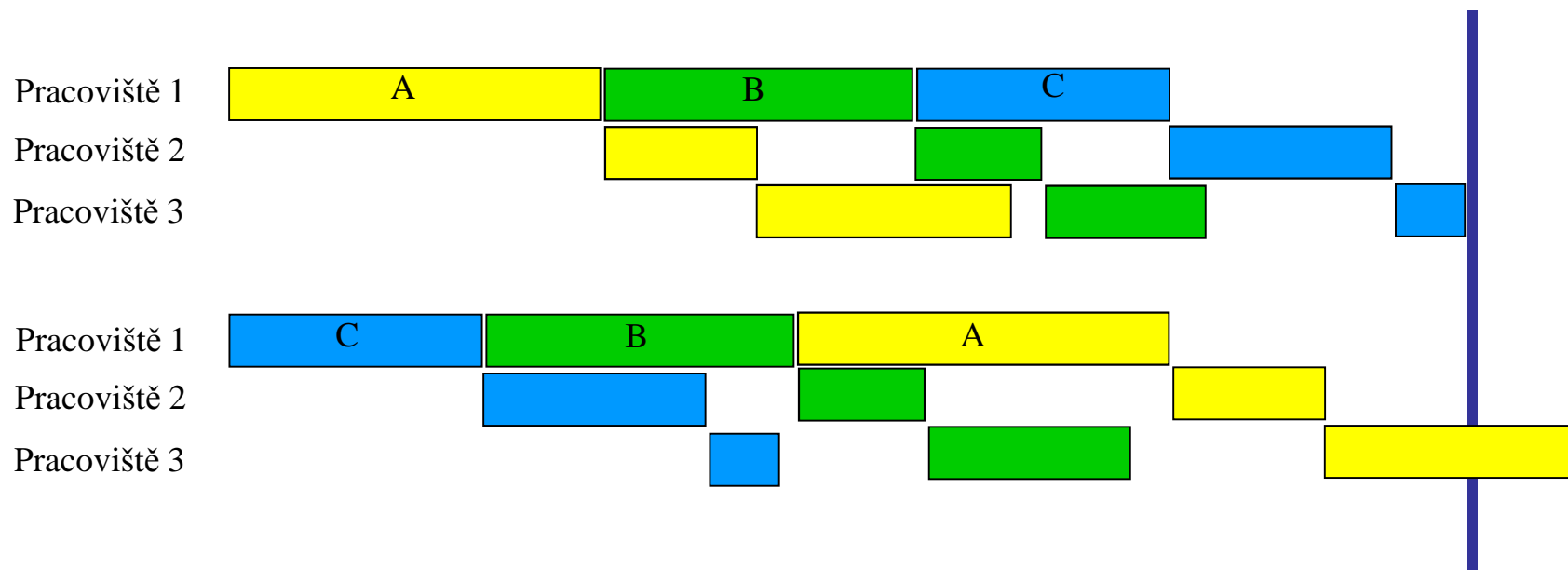
## Optimalizace rozvrhu

- Velikost výrobní a manipulační dávky
- Pořadí zakázek
- Optimalizace pomocí kritické cesty

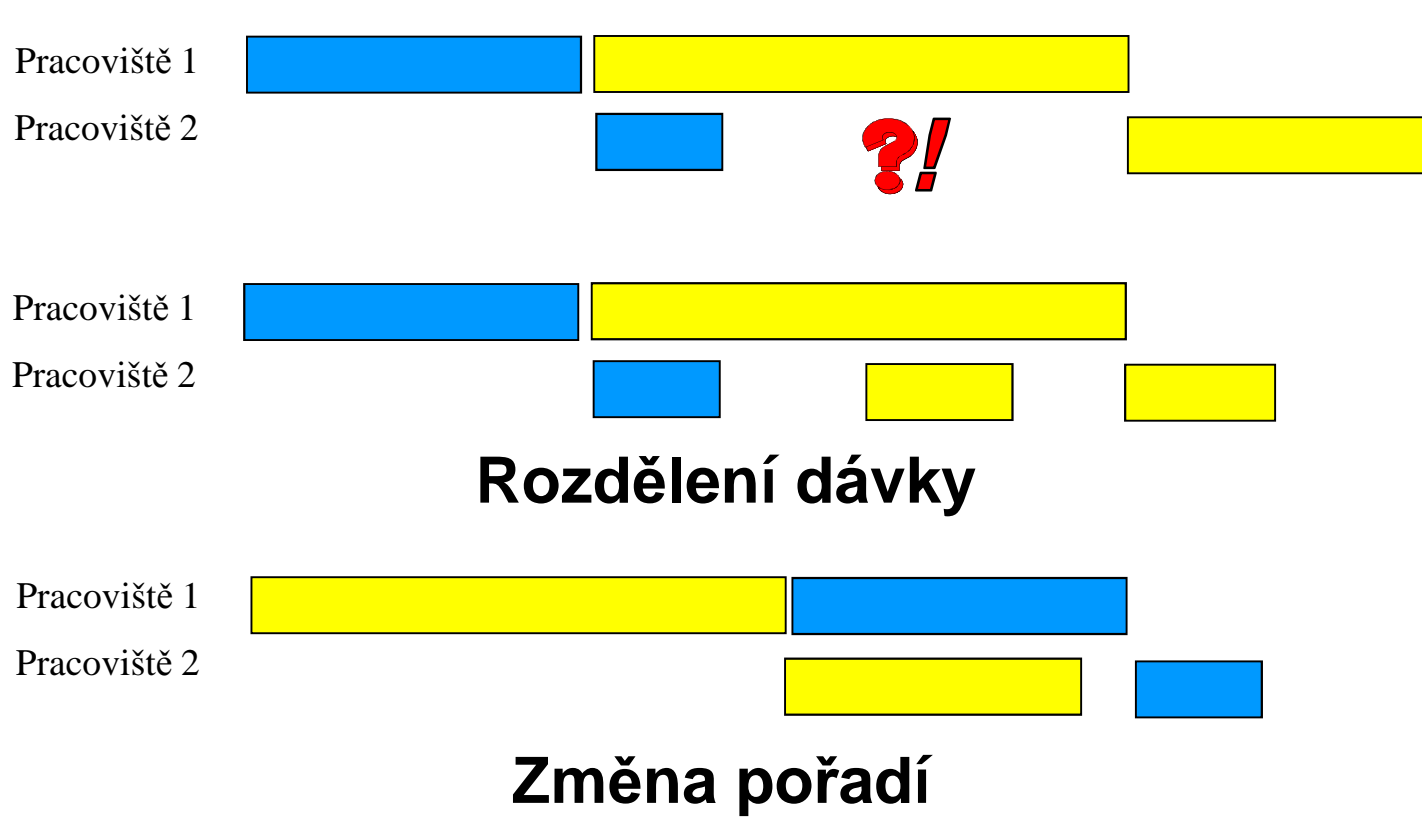
## Výrobní vs. Transportní dávka



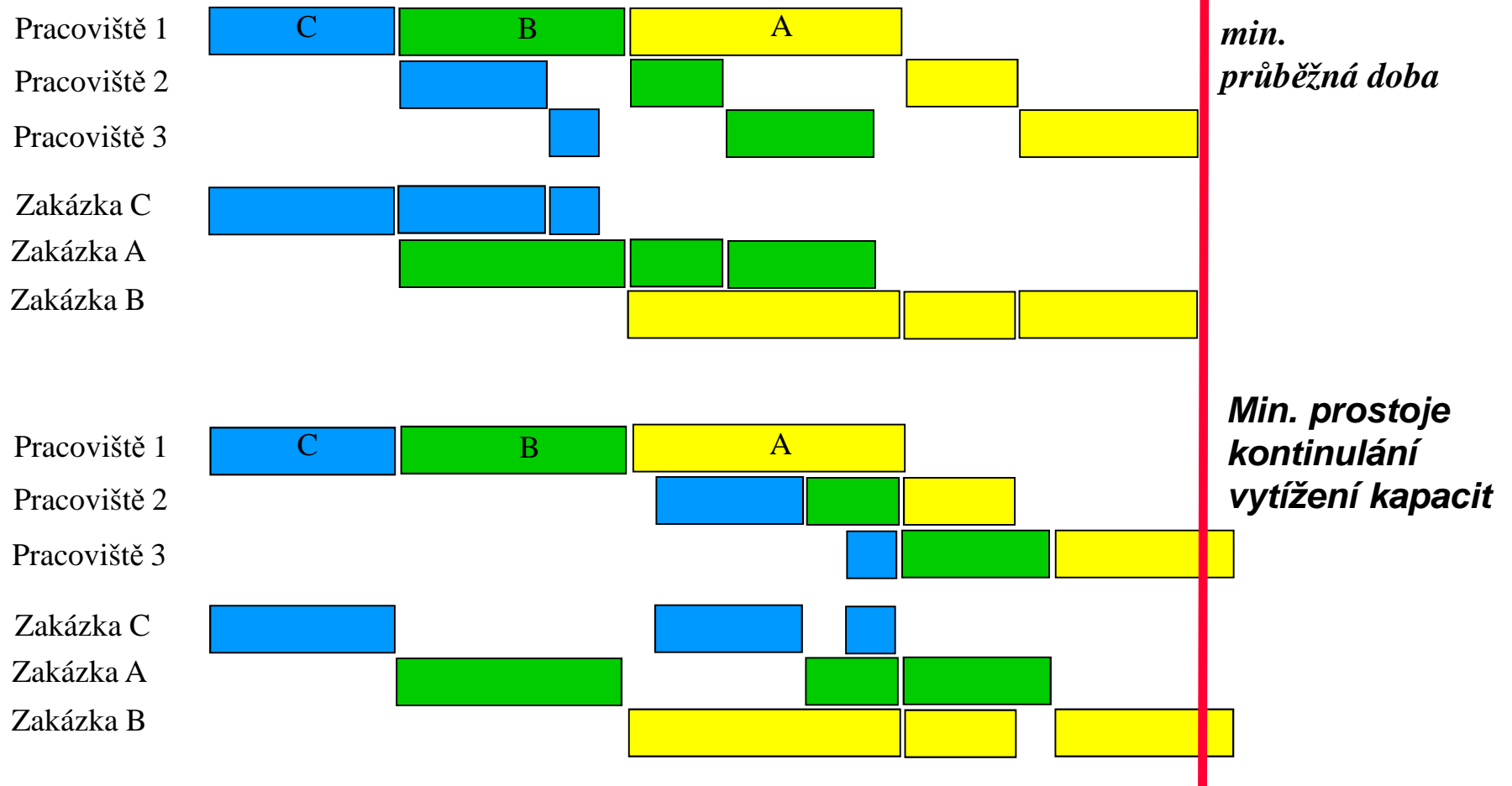
## Vliv pořadí zakázek na celkový čas odvedení



## Vliv pořadí zakázek a velikosti dávky

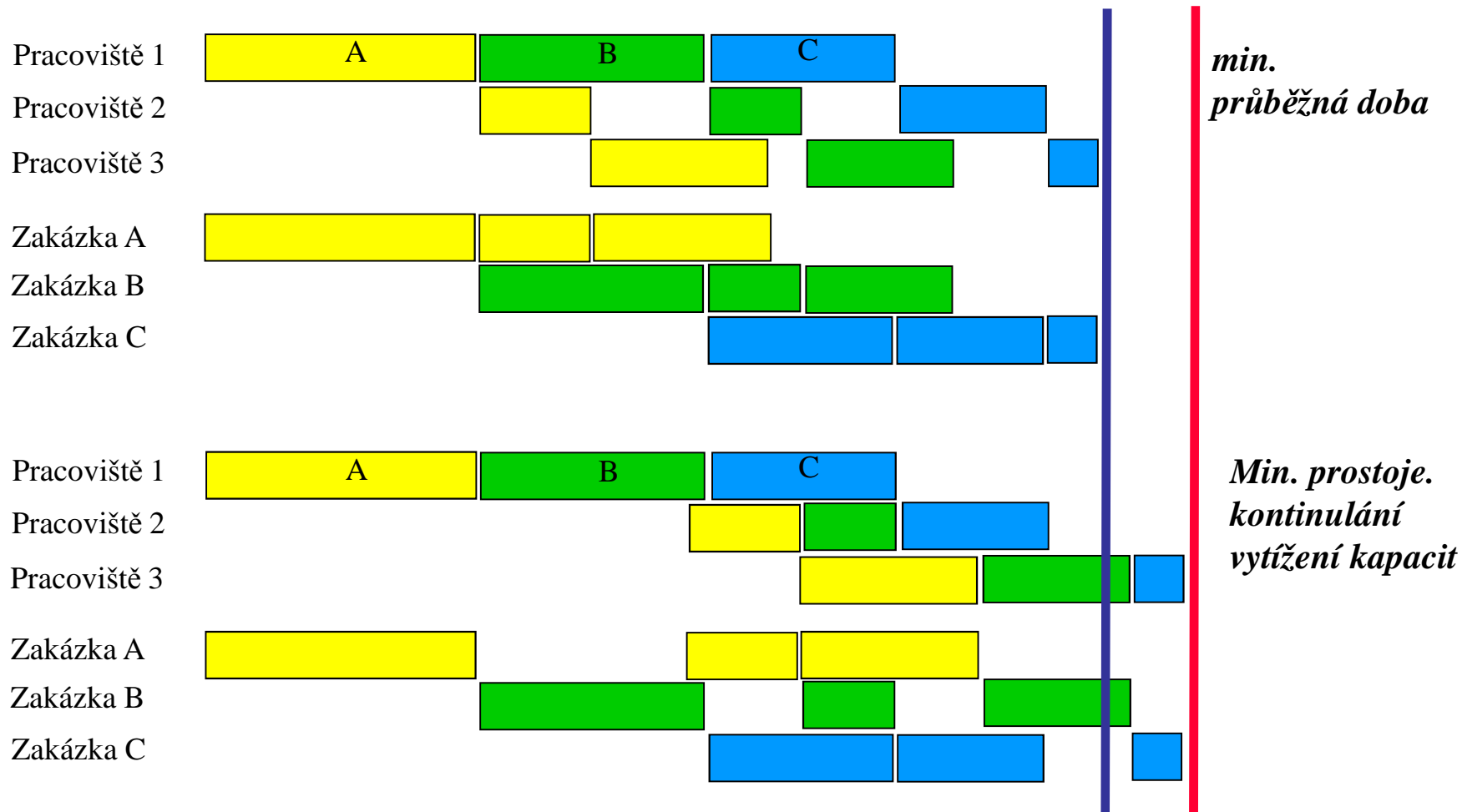


## Vliv pořadí zakázek na prostoje

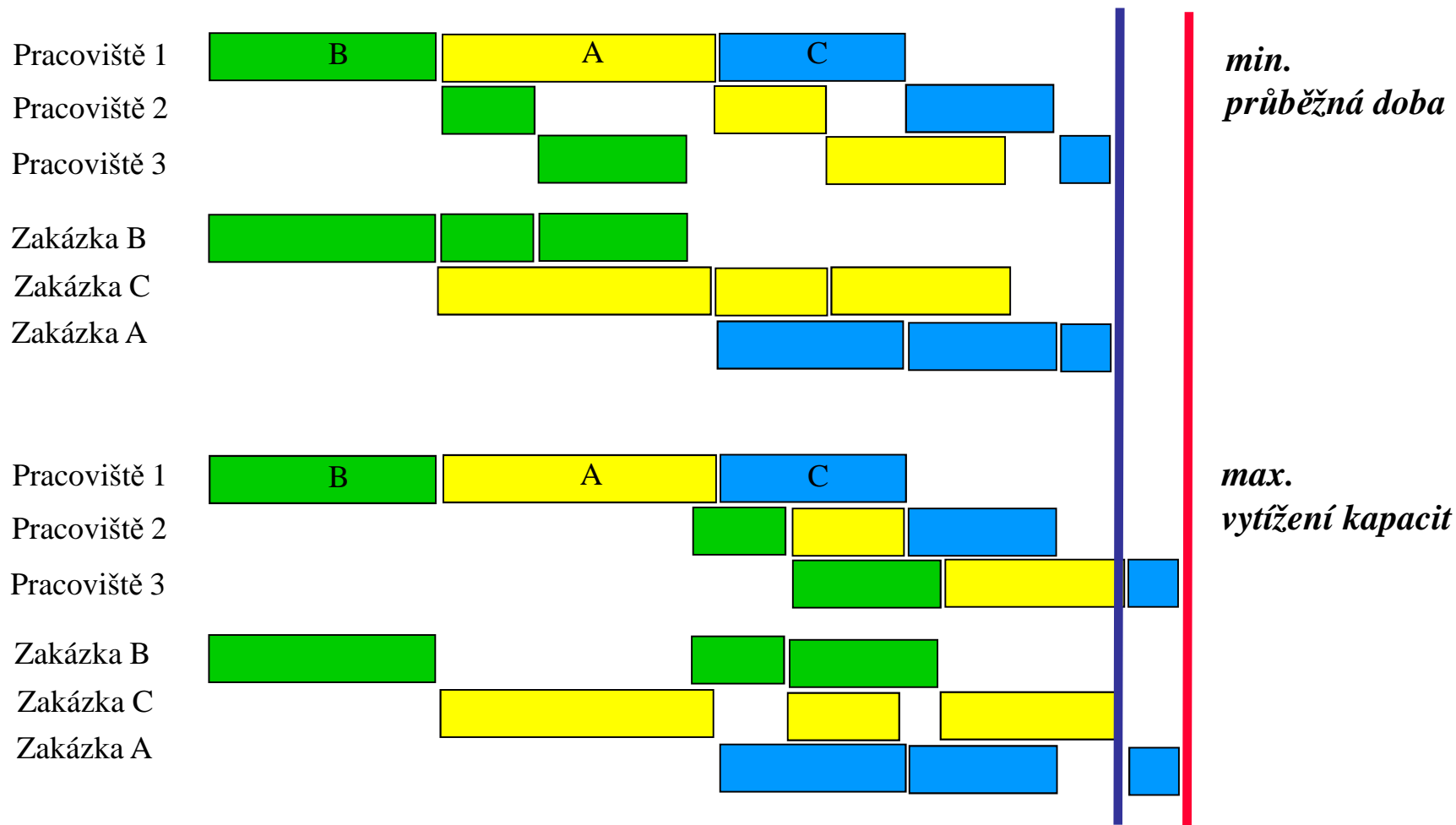


## Vliv začátku a konce operací

## Vliv pořadí zakázek na prostoje



## Vliv pořadí zakázek na prostoje



***Různá sekvence zakázek může mít stejnou průběžnou dobu***



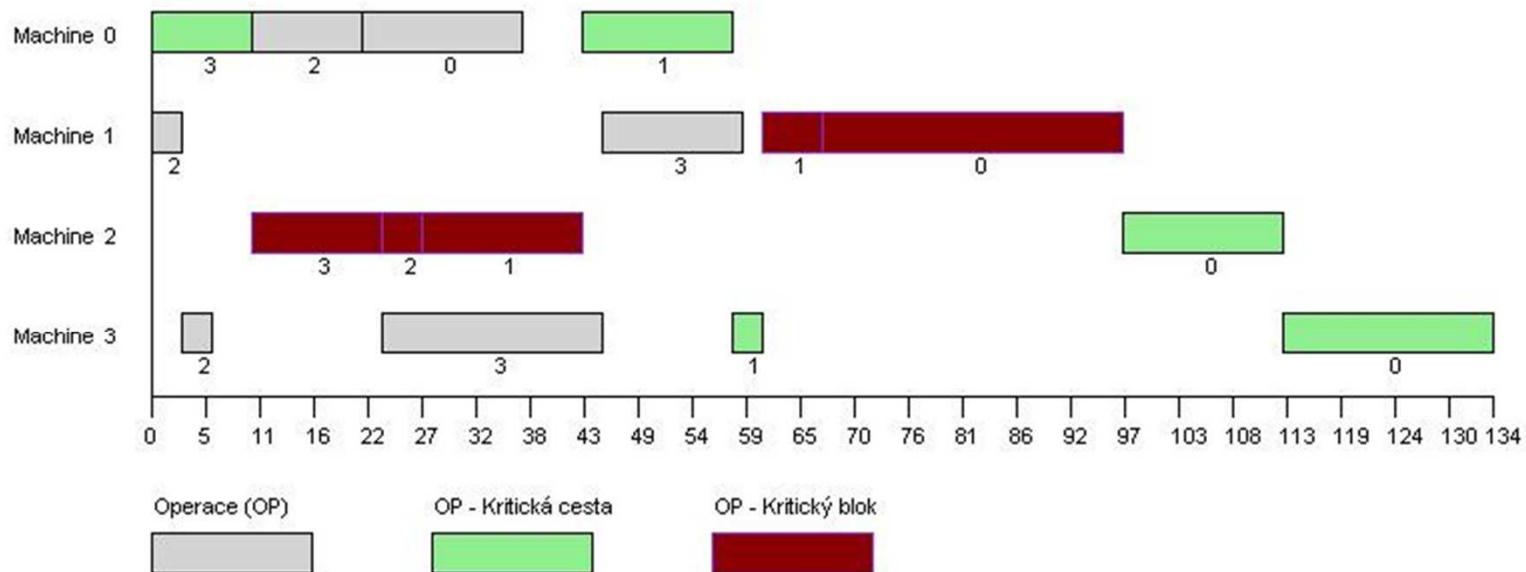
## Řízení a Optimalizace

- Kritická cesta
- Operace jejichž zpožděním zpozdíme celý plán
- Dopředný a zpětný plán
- Operace, které se „nepohly“ jsou kritické

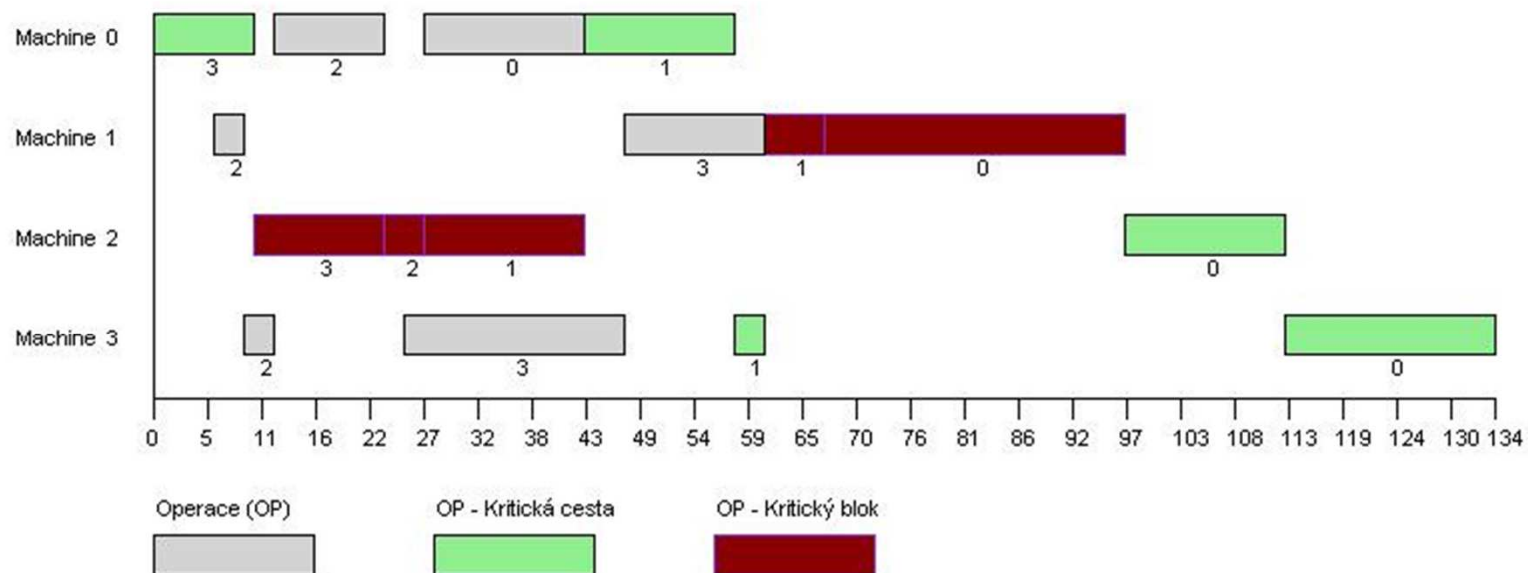
## Optimalizace rozvrhu – Kritická cesta

- CPM (critical path method)
- Projektové řízení
- Taková posloupnost operací, kde operace, která se opozdí, zpozdí celý plán (rozvrh)
- Dopředný a zpětný rozvrh

# Dopředný rozvrh

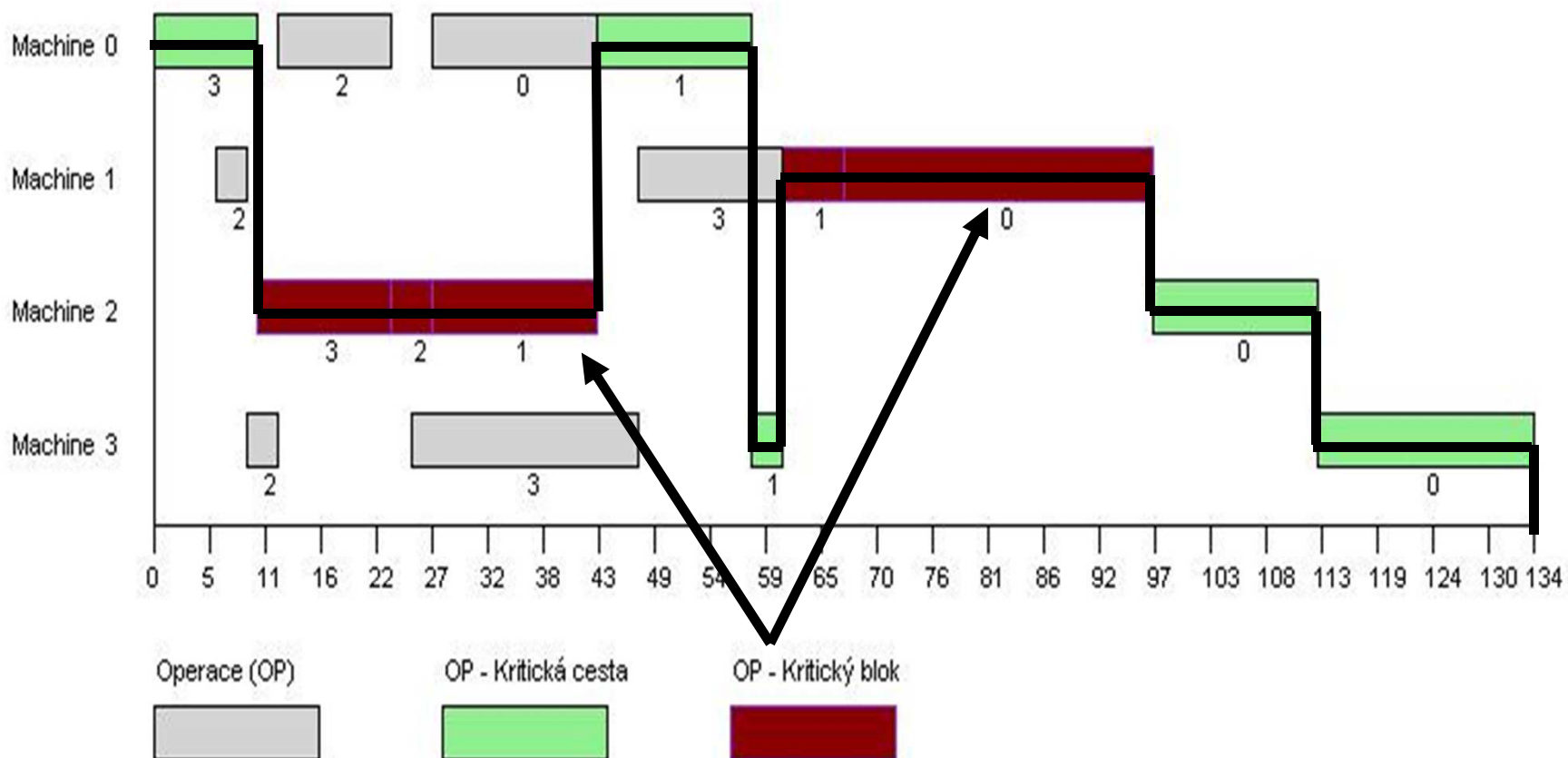


## Zpětný rozvrh

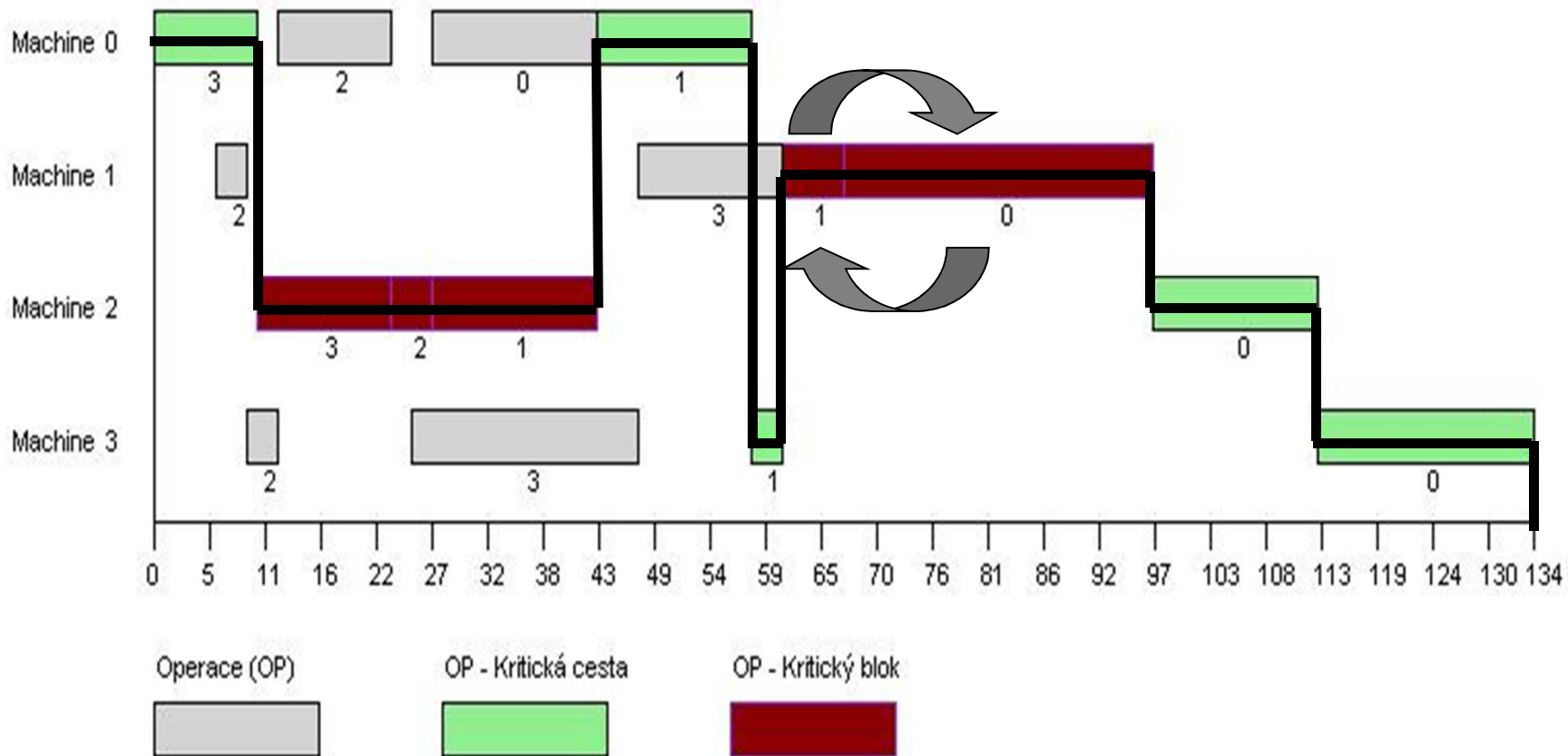


## Optimalizace rozvrhu – kritický blok

- Kritický blok je množina operací na kritické cestě, na jenom zdroji, jdoucí bezprostředně za sebou

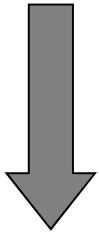
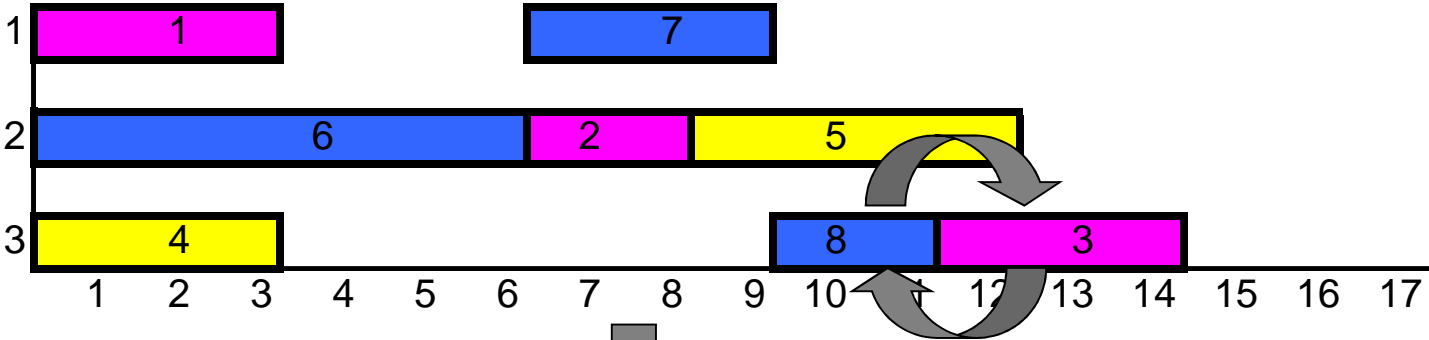


## Optimalizace rozvrhu – Nowicky a Smutnický

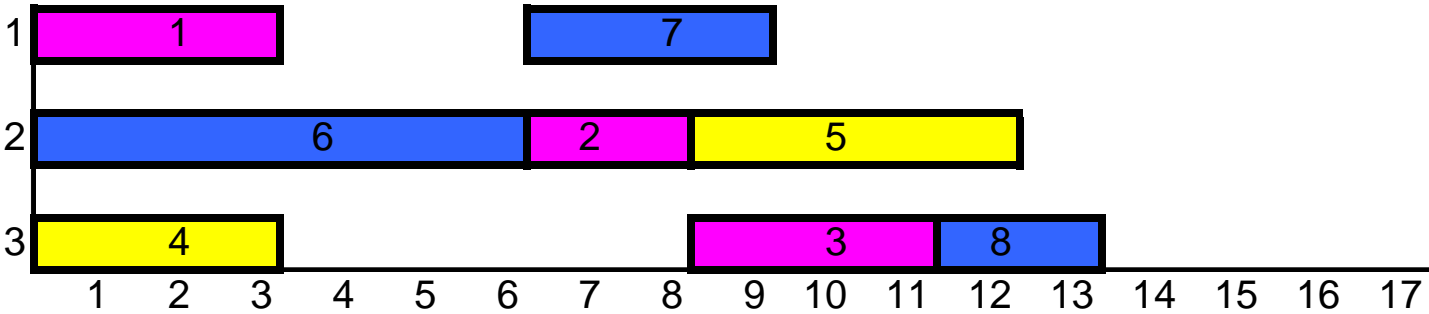


# Optimalizace rozvrhu – Lokální prohledávání

Stroj

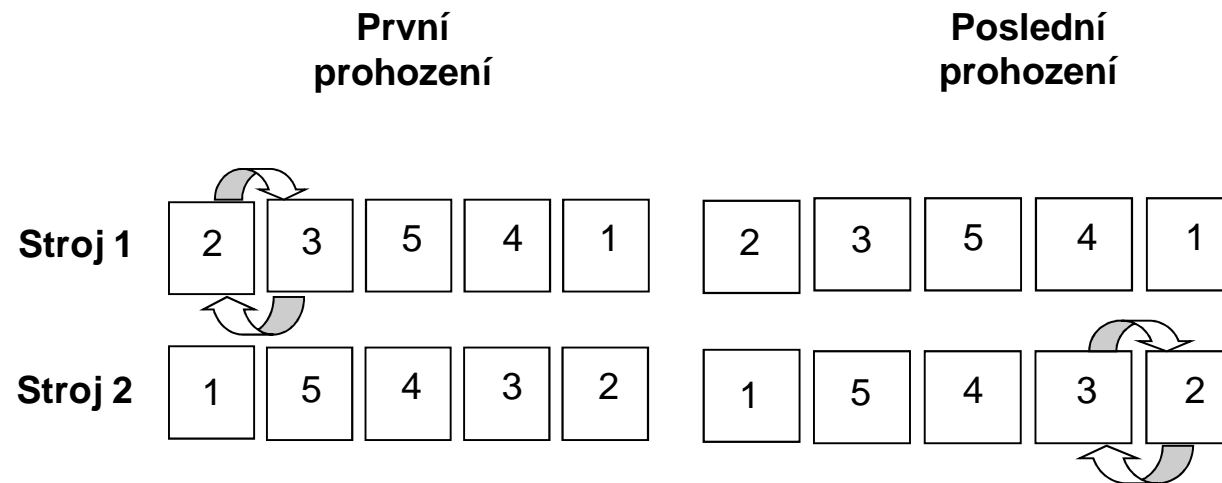


Stroj



## Možnosti optimalizace

- Lokální prohledávání



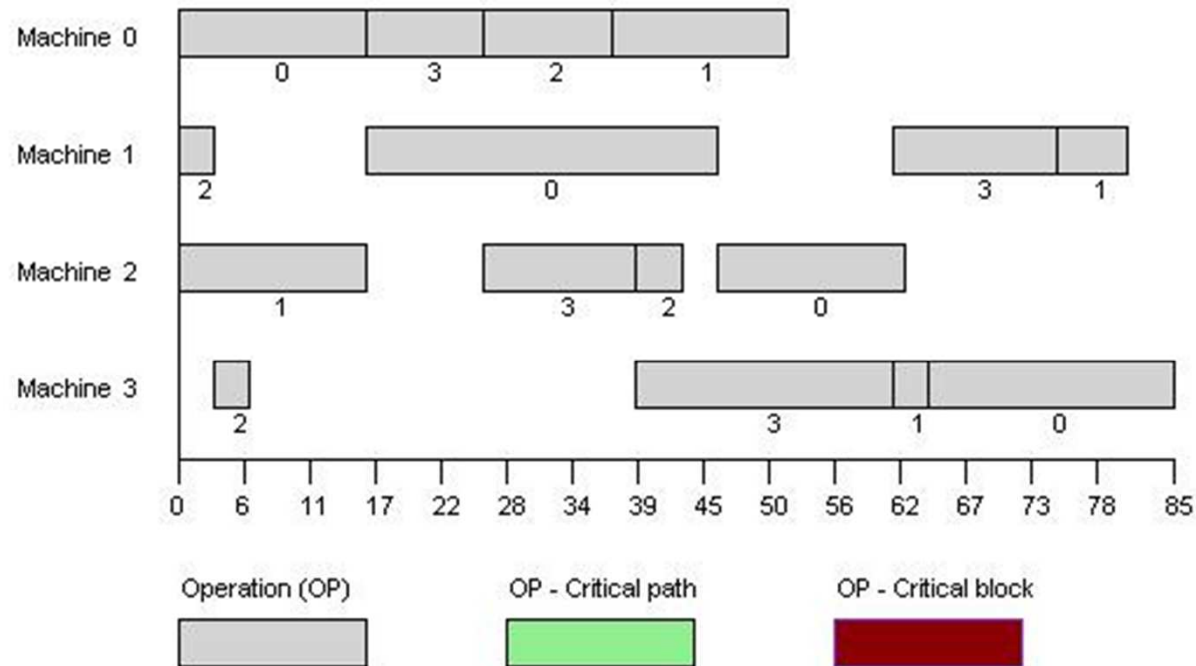
- Evoluční algoritmy aj.



## Optimalizace rozvrhu – další

- Rozvrhování pracovníků
- Určování technologických alternativ
- Seřizování bez prvního kusu výrobní dávky
- Volba transportní dávky
- AJ.

# Optimální plán



## Pomněnky a zapomněnky

- Jaké známe druhy rozvrhů s ohledem na čas ?
- Jaká mohou být kritéria výroby na rozvrh ?
- Jak ovlivňuje sekvence a velikost dávek rozvrh ?

# Děkuji za pozornost