

## Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO\_TUL\_MSMT-16598/2022



# Podnikové informační systémy

## MRPII – Plánování kapacit

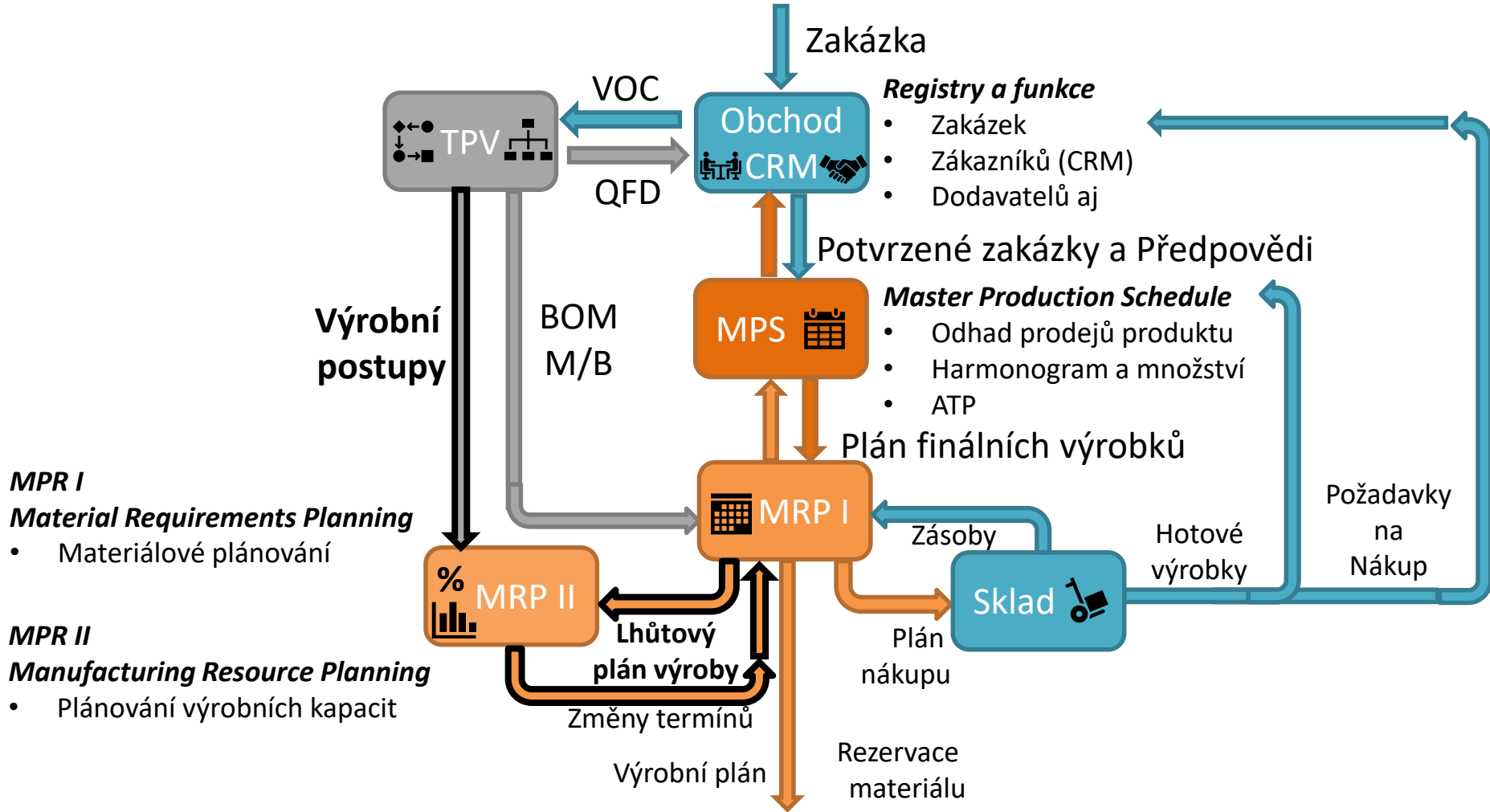
Ing. František Koblasa, Ph.D.

# Obsah

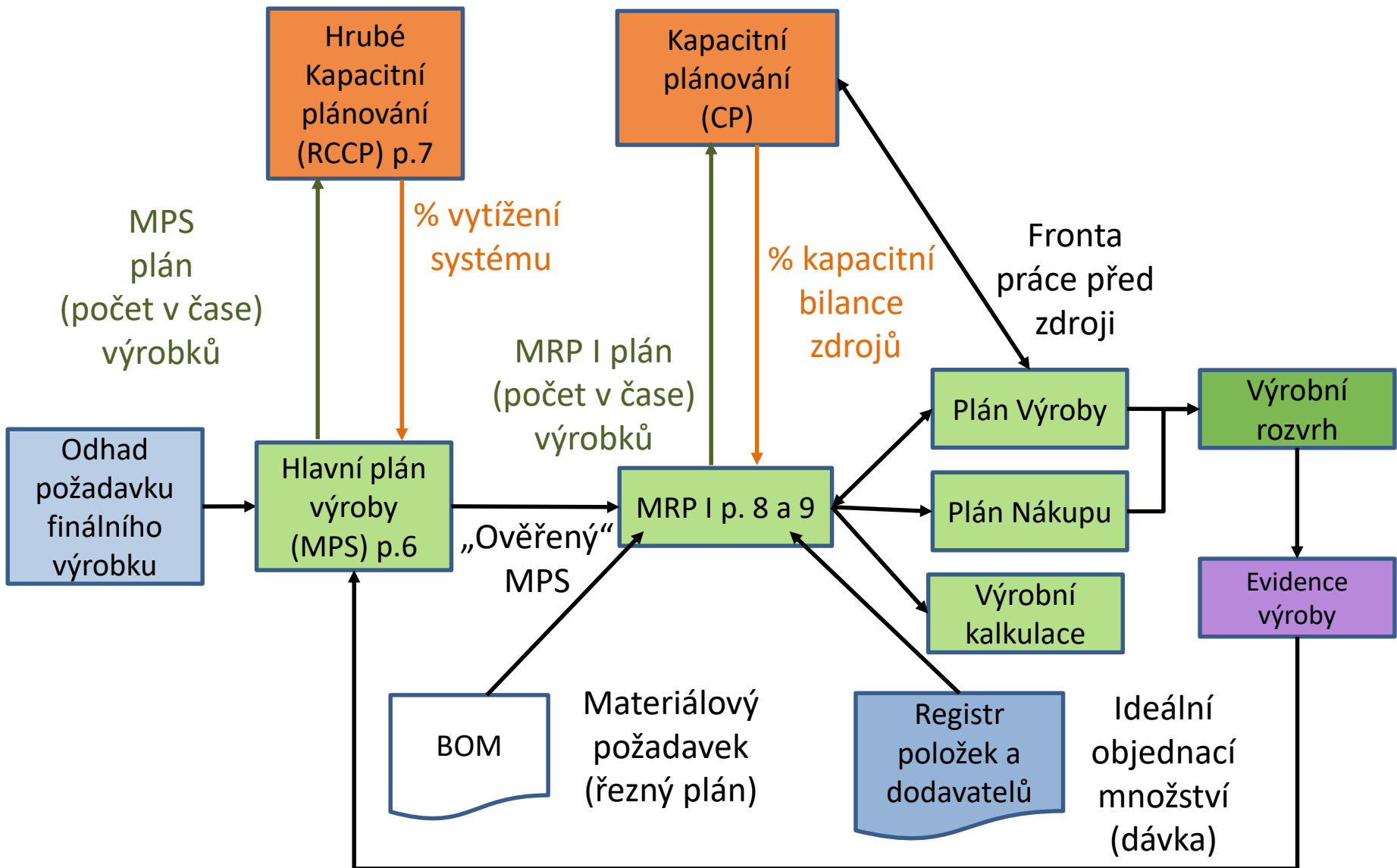
- Funkce MPR II – datový model a definice
- Schéma spotřeby času.
- Výpočet délky trvání výrobní dávky
- Vlivy na volbu velikosti výrobní dávky
- Výpočet kapacit
- Kapacitní bilance pracovišť

## Manufacturing resource planning

- Rozšiřuje funkci MRP I o plánování zdrojů
- Zpřesňuje odhad potřeby materiálu díky plánování spotřeby (adresné a neadresné výrobě).
- Nebere v potaz pouze průběžnou dobu výroby – počítá vytížení výrobních zdrojů:
  - Strojů
  - Přípravků
  - Lidí



# MPR I Vstupy a výstupy



# MPR II Vstupy, výstupy a proces

## Vstupy

- MRP I – výrobní dávky
- Registr dílů – minimální výrobní dávky
- Technologické postupy – Kusové a seřizovací časy
- Registr strojů – kapacity, směnnost, hodinové sazby aj.

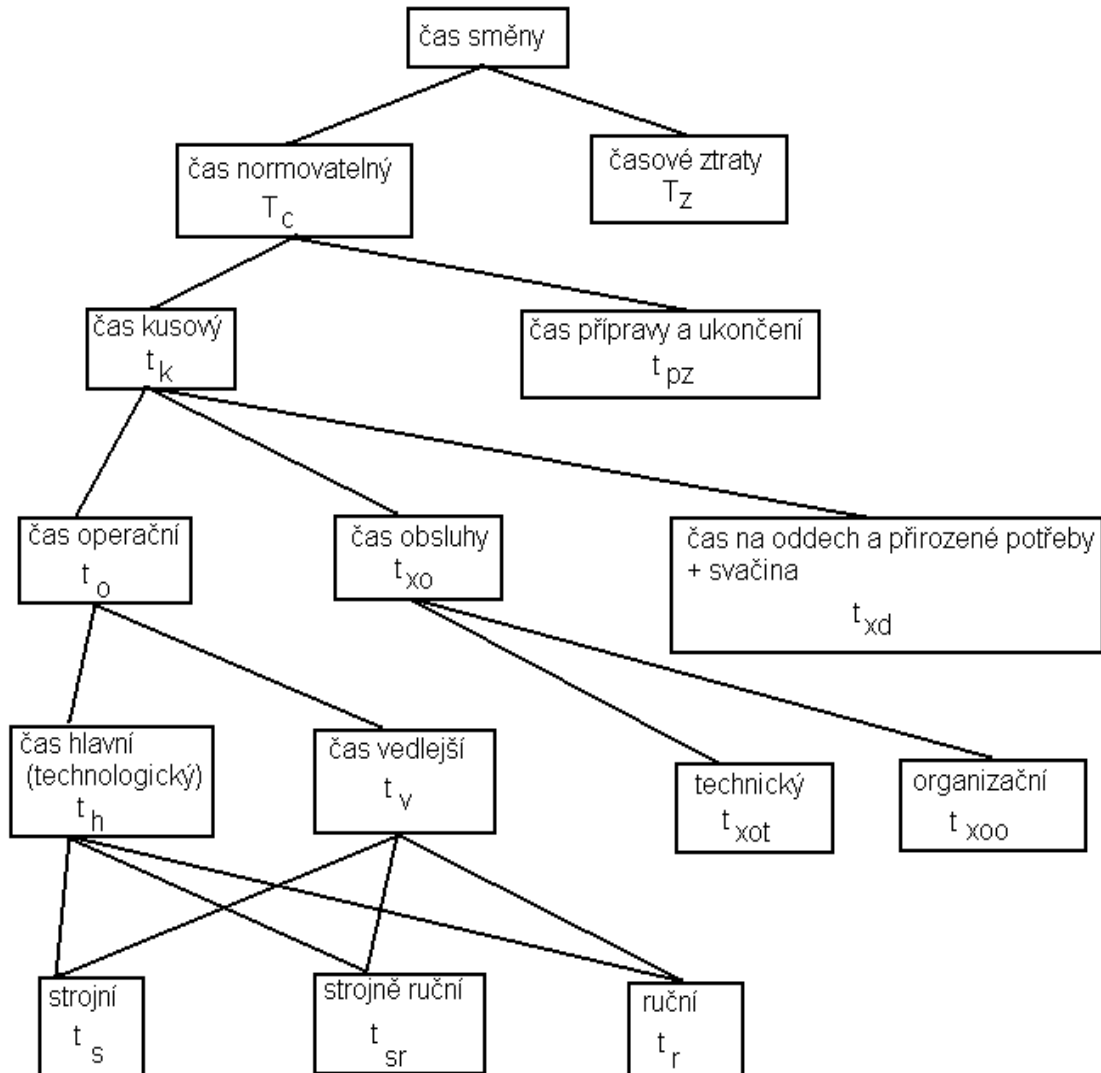
## Proces

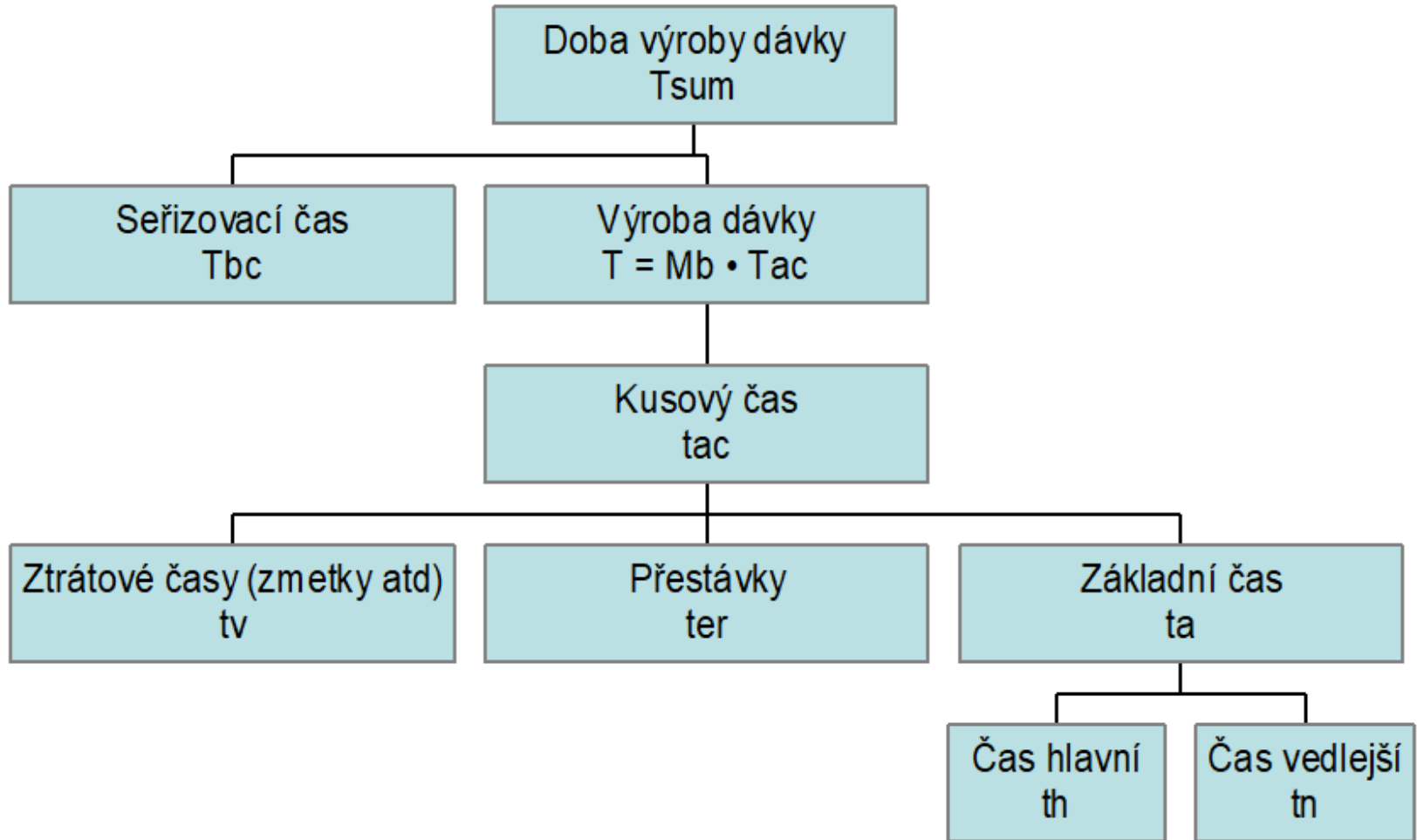
1. Přiřazení výrobních dávek zařízením
2. Spočítání časového nákladu výroby
3. Porovnání s disponibilní (plánovanou) kapacitou stroje

## Výstup

- Kapacitní bilance pracovišť – seznam strojů s jejich vytížením.

# Schéma spotřeby času - Historický







## Ta, Tb, Tc

- Ta – čas kusový
  - Th – čas „přidávání hodnoty“
  - Te – čas přípravný svázaný s „kusem“ – vkládání dílu
- Tb – čas seřizovací – dávkový (přípravný)
  - Interní – stroj stojí
  - Externí – stroj může běžet
- Tc – čas přípravy směny

$T_{ac}, T_{bc} \dots$

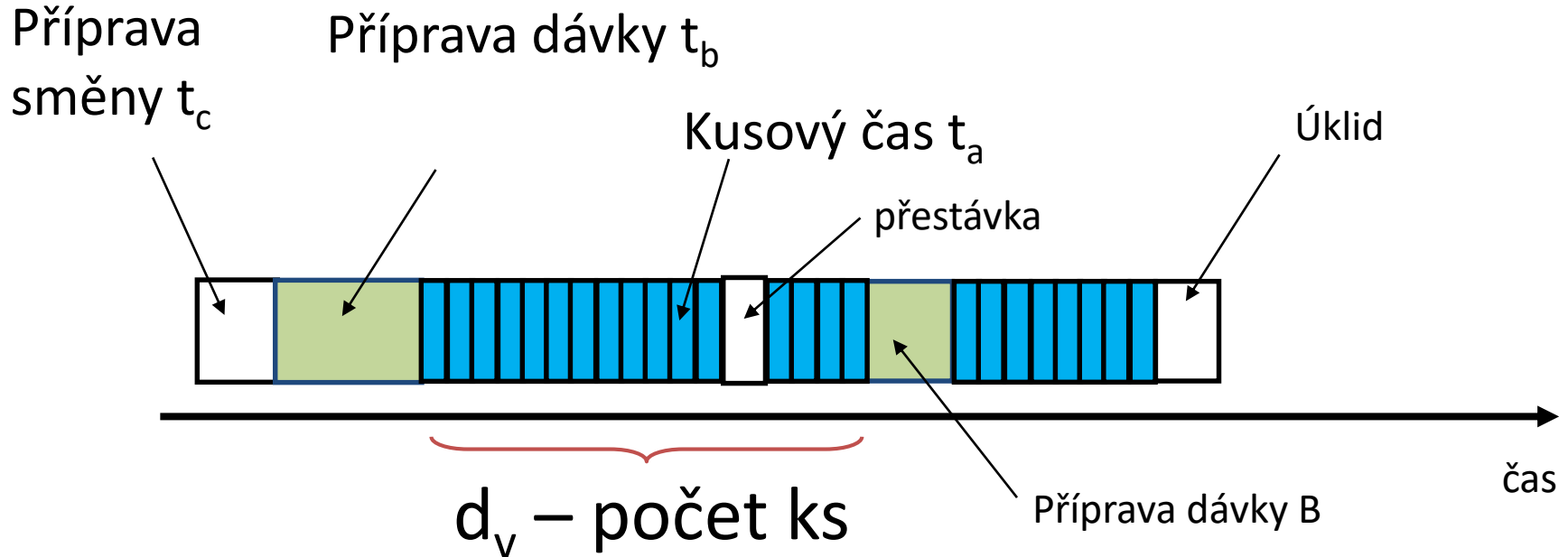
- Při nesledování  $T_b$  a  $T_c$  lze výpočet „zjednodušit“

$$t_{abc} = t_a K_{bc} \qquad K_{bc} = \frac{T}{T - T_b - T_c}$$

$$t_{ac} = t_a K_c$$
$$t_{bc} = t_b K_c$$
$$K_b = \frac{T}{T - T_c}$$

$T_x =$  Suma všech časů  $x$

# Výpočet délky trvání výrobní dávky



$$T_{vd} = t_{bc} + t_{ac}d_v \quad T = \sum T_{vd}$$

Jak bude velké  $d_v$ ?

## Volba velikosti $d_v$

- Požadavek zákazníka (MPS)
- Minimální výrobní dávka
- Minimální technologická dávka
- Ekonomická výrobní dávka
- VOP – hlas procesu
- Logistika, doprava a obalové hospodářství
- Aj.

## Požadavek zákazníka

- Nadprodukce je nejhorší plýtvání.
- $TOC = \text{Požadavek zákazníka} = \text{procesní dávka}$ .
- JIT / JIS

VS

- Snižování neproduktivních časů přípravy => slučování požadavků zákazníka.
- Suma požadavků zákazníka (spotřeba v plánovacím horizontu) by měla být násobkem  $d_v$

## Minimální výrobní dávka

- Vychází se z tradičního poměru přidané a nepřidané hodnoty

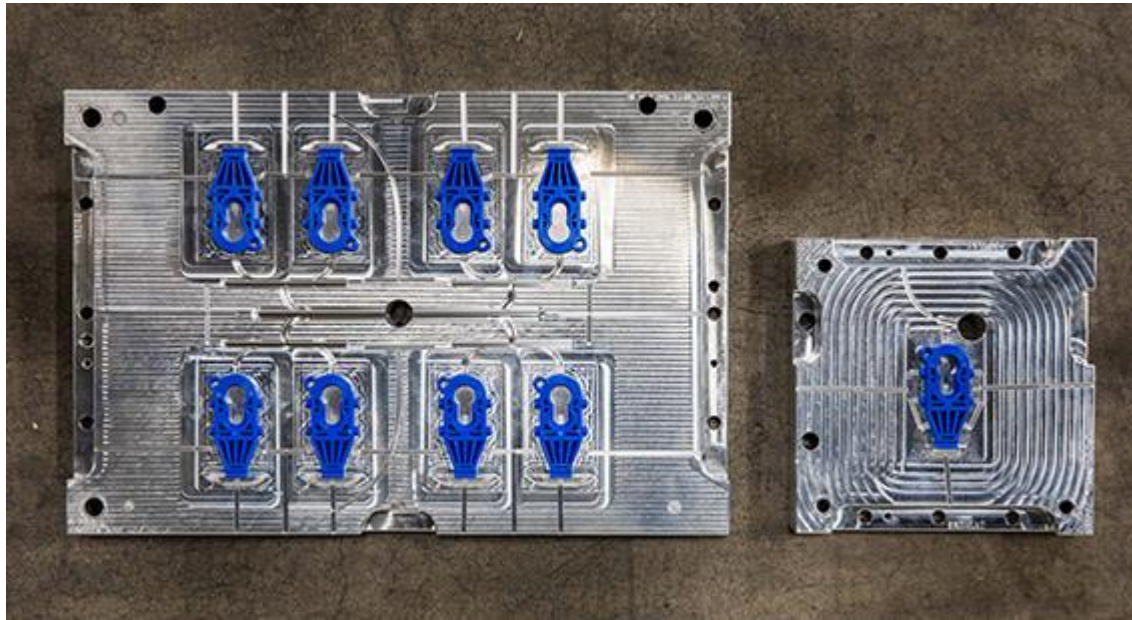
$$\alpha = \frac{NVA}{VA} = \frac{t_b}{t_a d_v} \quad \longrightarrow \quad d_{vmin} = \frac{t_b}{t_a} \alpha$$

V případě menšího  $d_v$  budeme mít větší NVA ( $\alpha$ ) než je „dohodnuté“.

- Hromadná výroba:  $\alpha = 0,02 - 0,05$
- Středně sériová výroba:  $\alpha = 0,03 - 0,08$
- Malosériová výroba:  $\alpha = 0,05 - 0,12$

# Minimální technologická dávka

## Omezení dané technologií



Více násobné formy

Zdroj: <https://www.protolabs.com/resources/design-tips/design-considerations-for-multi-cavity-molds/>

Chemicko  
technologické operace



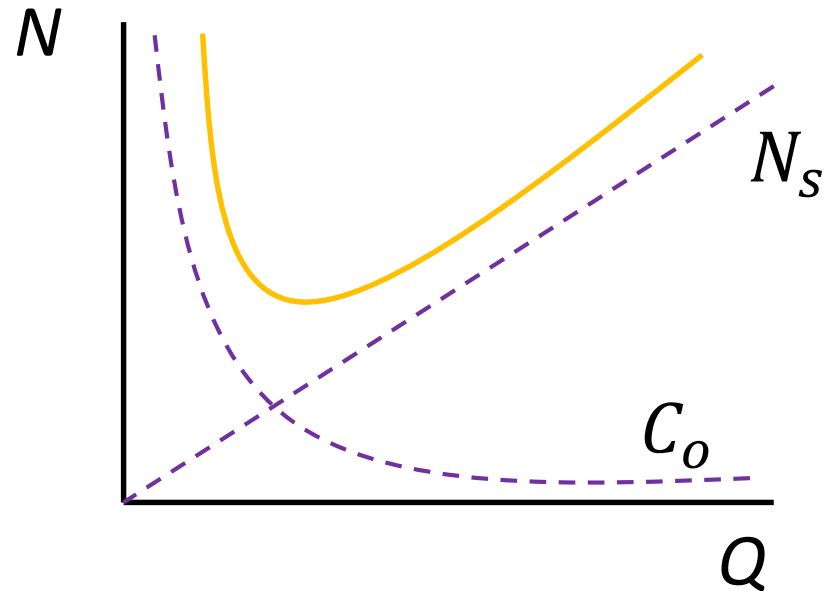
Zdroj: [https://www.esmetalsan.com.tr/images/content/\\_files/we-understand-metals.pdf](https://www.esmetalsan.com.tr/images/content/_files/we-understand-metals.pdf)

# Ekonomická výrobní dávka

## Economical Batch Quantity (EBQ)

- Vychází ze známého EOQ
- Nahrazuje náklady (N) na proces objednání ( $n_p$ ) procesem seřízení ( $c_o$ ). Náklady na skladování zůstávají ( $n_s$ )

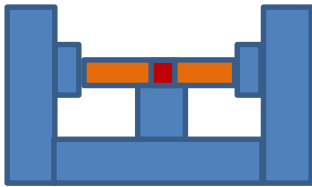
$$EBQ = \sqrt{\frac{2c_o D}{n_s}}$$



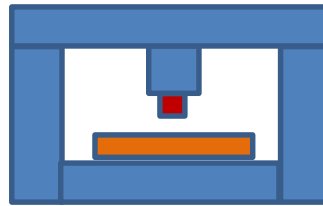


# VOP – Hlas Procesu

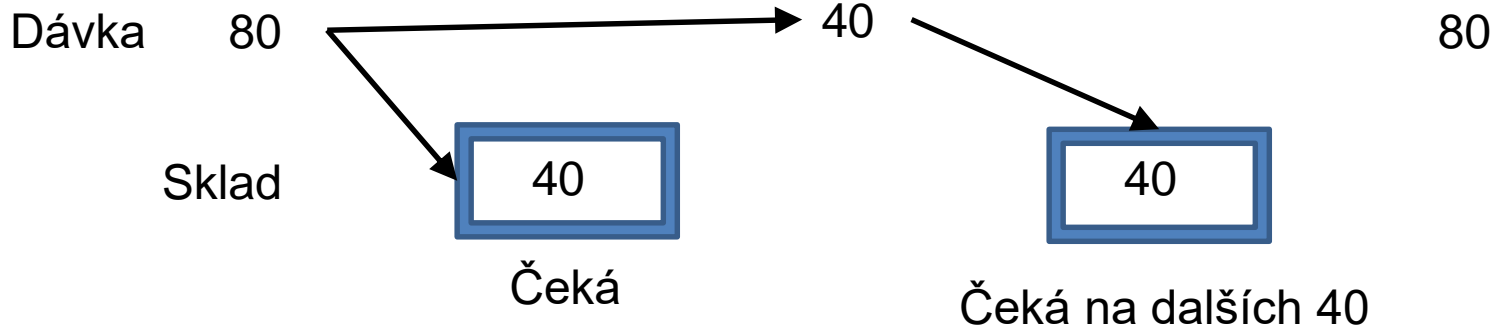
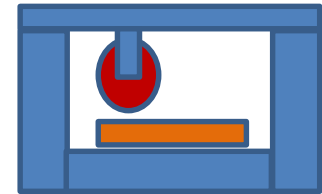
Soustružení



Frézování



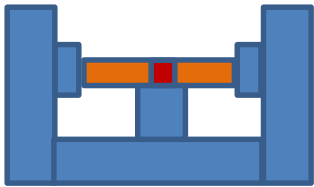
Broušení



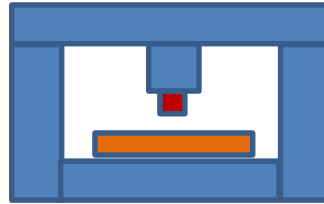
Nekontinuální proces – čekání a zásoby

# VOP – Hlas Procesu

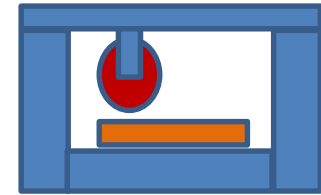
Soustružení



Frézování

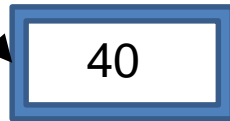
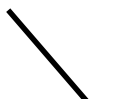


Broušení



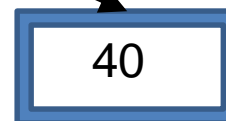
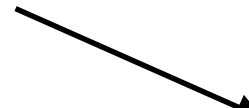
Dávka 40

Sklad



Čeká na dalších 40

80

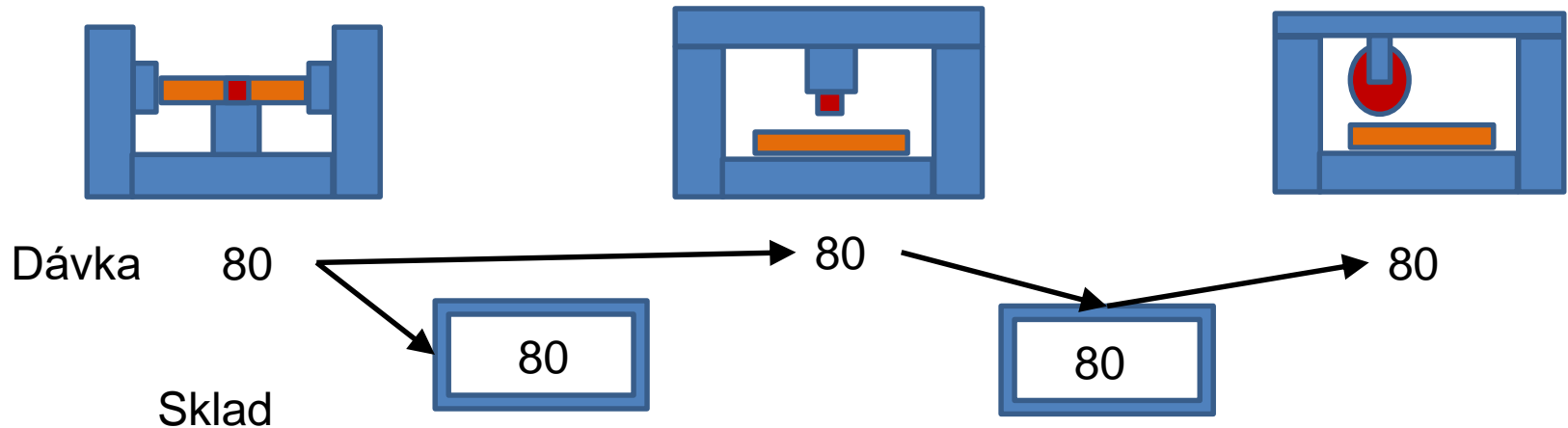
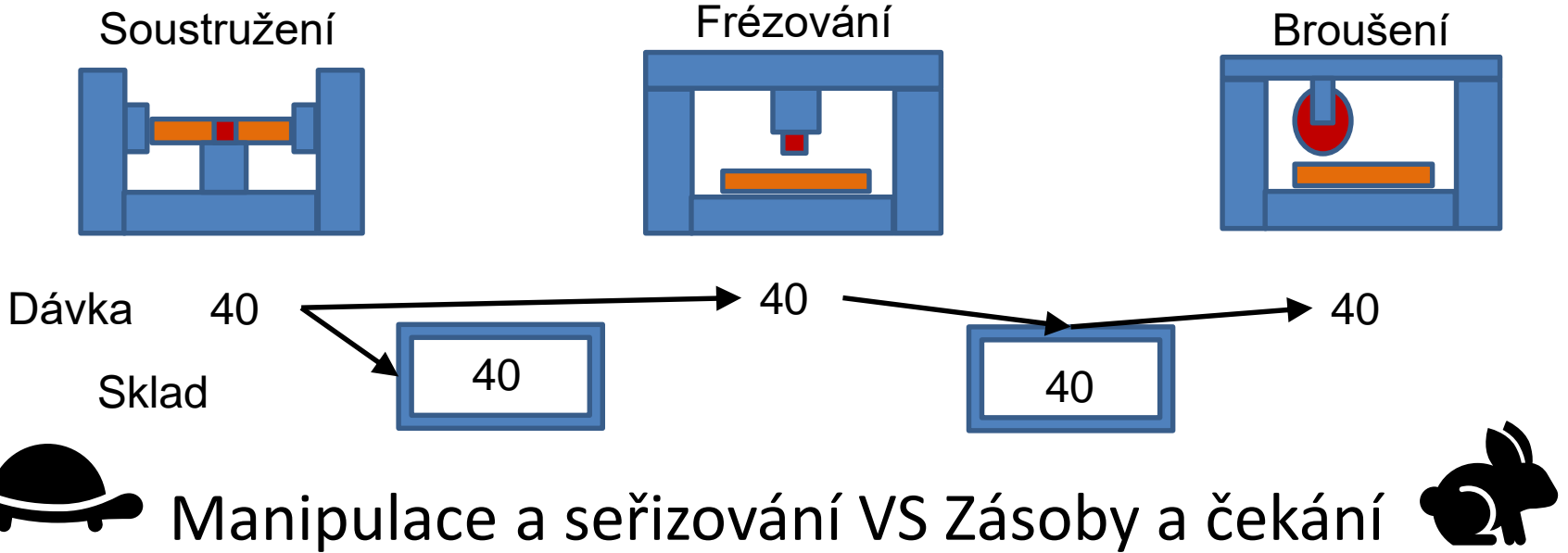


Čeká

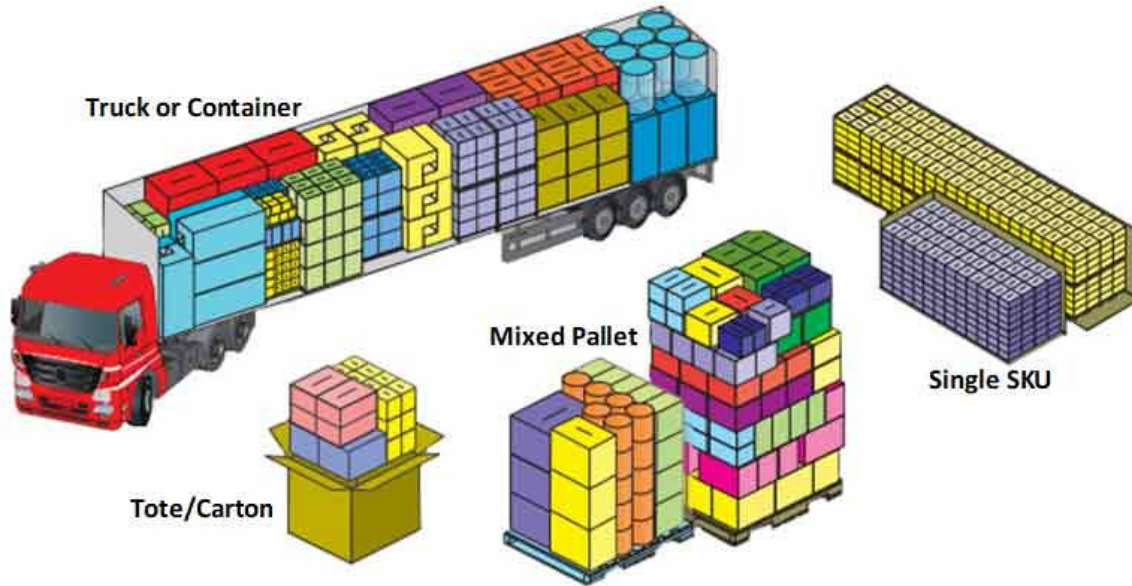
40

## Nekontinuální proces – čekání a zásoby

# VOP – Hlas Procesu



# Logistika – doprava - obaly



Zdroj: <https://topseng.com/maxload-cargo-load-optimizer/>

- Uvažujeme velikost manipulační a transportní dávky.
- Násobky jeden druhého

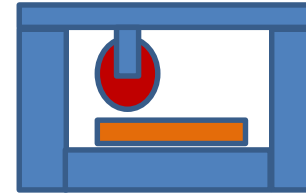
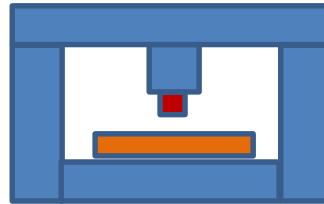
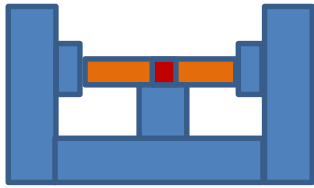


Zdroj: [https://www.perakuma.cz/images/stories/virtuemart/product/filename\\_87\\_59f0f9f2a448b\\_13.jpg](https://www.perakuma.cz/images/stories/virtuemart/product/filename_87_59f0f9f2a448b_13.jpg)

## Technologický postup

Příklad

20 ks



	Soustružení [min]		Frézování [min]		Broušení [min]		Balení [s]	
A	15	60	10	40	10	30	10	30
B	13	60	5	40	10	30	10	30
C	10	45	4	50	8	30	10	30
	$T_{AC}$ kusový	$T_{BC}$ dávkový, seřizovací						

- Výrobní linka

- požadavek A = 80 B = 80 C=100 ks denně
- počet strojů 3-2-3-1

# Výpočet minimální výrobní dávky

	Soustružení [min]		Frézování [min]		Broušení [min]		Balení [min]	
	TAC	TBC	TAC	TBC	TAC	TBC	TAC	TBC
A	15	60	10	40	10	30	0,17	0,50
B	13	60	5	40	10	30	0,17	0,50
C	10	45	4	50	8	30	0,17	0,50

$$d_{vmin} = \frac{t_b}{t_a} \alpha$$

Hromadná výroba:  $\alpha = 0,02 - 0,05$   
 Středně sériová výroba:  $\alpha = 0,03 - 0,08$   
 Malosériová výroba:  $\alpha = 0,05 - 0,12$

**$\alpha = 0,1$**

	Minimální výrobní dávka (DVmin)			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	40,00	40,00	30,00	30,00
B	46,15	80,00	30,00	30,00
C	45,00	125,00	37,50	30,00

# Výpočet ekonomické výrobní dávky

	Soustružení [min]		Frézování [min]		Broušení [min]		Balení [min]	
	TAC	TBC	TAC	TBC	TAC	TBC	TAC	TBC
A	15	60	10	40	10	30	0,17	0,50
B	13	60	5	40	10	30	0,17	0,50
C	10	45	4	50	8	30	0,17	0,50

- $D = A / B / C = 80 / 80 / 100$
- Cena za seřízení ( $C_o$ ) = 4 kč/min (30k\*1,34/168h)
- Cena za skladování položky ( $n_s$ ) = 13kč

$$EBQ = \sqrt{\frac{2c_o D}{n_s}}$$

	Ekonomická výrobní dávka (Dvek)			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	54,35	44,38	38,43	4,96
B	54,35	44,38	38,43	4,96
C	52,62	55,47	42,97	5,55

# Výběr výrobní dávky

80/80/100

- Požadavek zákazníka (MPS)
- Minimální výrobní dávka

Minimální výrobní dávka (DV <sub>min</sub> )				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	40,00	40,00	30,00	30,00
B	46,15	80,00	30,00	30,00
C	45,00	125,00	37,50	30,00

- Minimální technologická dávka není
- Ekonomická výrobní dávka

Ekonomická výrobní dávka (EBQ)				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	54,35	44,38	38,43	4,96
B	54,35	44,38	38,43	4,96
C	52,62	55,47	42,97	5,55

- VOP – hlas procesu chci stejnou dávku v procesu
- Logistika, doprava a obalové hospodářství -
- Aj.

- **Výběr dávky 40 / 80 / 120**





# Plánovací horizont

Plánovací horizont (pracovní dny)				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	6,00	6,00	6,00	6,00
B	6,00	6,00	6,00	6,00
C	5,00	5,00	5,00	5,00
Celkový počet dnů v plánovacím horizontu	6,00	6,00	6,00	6,00

- Při  $DV(C) = 120$  pokryje 5 denní výroba 6 dnů požadavku.

# Počet výrobních dávek za den

	Počet výrobní dávek za pracovní den (n)			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	2,00	2,00	2,00	2,00
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,00	1,00	1,00

- Při požadavku  $D(A/B/C) = (80,80,100)$
- $A D_v (A/B/C) = 40/80/140$
- Jsou potřeba 2 výrobní dávky A k pokrytí denního požadavku.

# Celkový počet dávek v plánovacím horizontu

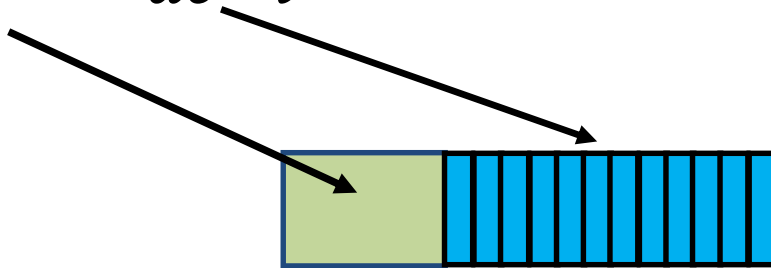
Celkový počet dávek v plánovacím horizontu				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	12,00	12,00	12,00	12,00
B	6,00	6,00	6,00	6,00
C	5,00	5,00	5,00	5,00

- Počet dávek ve dni \* Počet pracovních dní

# Doba trvání výrobní dávky

	Délka výrobní dávky (T) [min]			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	660,00	440,00	430,00	7,17
B	1100,00	440,00	830,00	13,83
C	1245,00	530,00	990,00	20,50

$$T = t_{bc} + t_{ac}d_v = 60 + 15 * 40 = 660 \text{ min}$$



# Celkový kapacitní požadavek

Celkový počet dávek v plánovacím horizontu				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	12,00	12,00	12,00	12,00
B	6,00	6,00	6,00	6,00
C	5,00	5,00	5,00	5,00

Délka výrobní dávky (T) [min]				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	660,00	440,00	430,00	7,17
B	1100,00	440,00	830,00	13,83
C	1245,00	530,00	990,00	20,50

Kapacitní požadavek = trvání dávky \* počet dávek

Celková doba trvání dávek (sumT) [min]				
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	7920,00	5280,00	5160,00	86,00
B	6600,00	2640,00	4980,00	83,00
C	6225,00	2650,00	4950,00	102,50
Celkem	20745,00	10570,00	15090,00	271,50

# Časový fond výrobního zařízení

- **Časový fond**

$$F = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g$$

- **Efektivní (využitelný) časový fond  $F_{ef}$**

$$F_{ef} = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right)$$

- kde
- d - počet pracovních dnů
  - h - počet hodin jedné směny
  - $\sigma$  - směnnost
  - g - počet vzájemně zaměnitelných pracovišť
  - z - % nevyhnutelných časových ztrát

# Výpočet časového fondu.

	Dostupný čas			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
Výrobní dny	6,00	6,00	6,00	6,00
n hodin ve směně	12,00	8,00	12,00	1,00
Přestávky [min]	60,00	20,00	60,00	5,00
n pracovních minut / s	660,00	460,00	660,00	55,00
n směn (s)	2,00	2,00	2,00	1,00
Denní kapacita	1320,00	920,00	1320,00	55,00
Kapacita v plánovacím horizontu	7920,00	5520,00	7920,00	330,00
n Strojů	3,00	2,00	2,00	1,00
<b>Celkový dostupný čas [min]</b>	<b>23760,00</b>	<b>11040,00</b>	<b>15840,00</b>	<b>330,00</b>

$$F = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g = 6 \cdot 660 \cdot 2$$

# Kapacitní bilance pracovišť

	Celková doba trvání dávek (sumT) [min]			
	Soustružení	Frézování	Broušení	Balení
A	7920,00	5280,00	5160,00	86,00
B	6600,00	2640,00	4980,00	83,00
C	6225,00	2650,00	4950,00	102,50
Celkem	20 745,00	10 570,00	15 090,00	271,50

Kapacita v plánovacím horizontu	7 920,00	5 520,00	7 920,00	330,00
n Strojů	3,00	2,00	2,00	1,00

Celkový dostupný čas [min]	23 760,00	11 040,00	15 840,00	330,00
Vytížení pracovišť	87,31%	95,74%	95,27%	82,27%

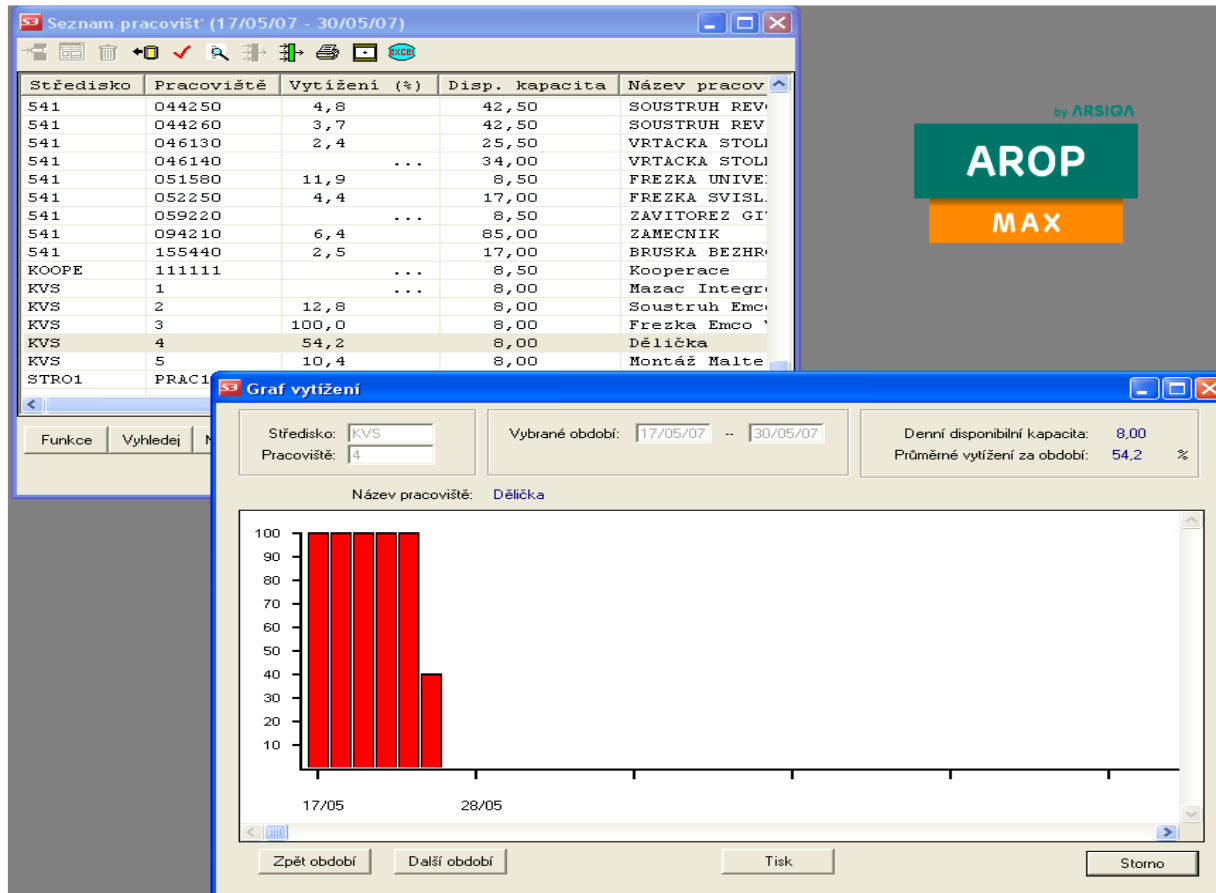


## Kapacitní bilance pracovišť

- Jaká je výše optimálního využití kapacit?
- Závislé na typu výroby 75-95%
  - Sériovost a pravidelnost
  - Uspořádání
- Maximální vytížení se uvažuje 90-95 % - tzn 5-10% nevyhnutelných časových ztrát.

# Kapacitní bilance pracovišť

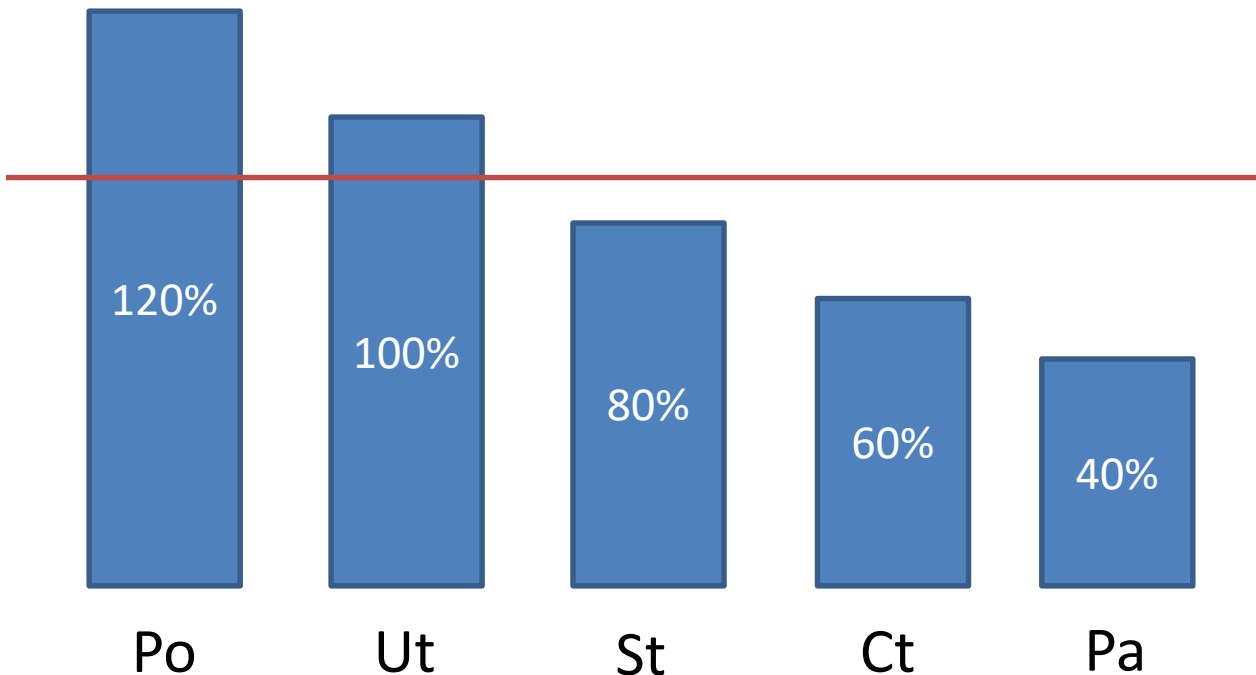
- Plánování do omezených kapacit



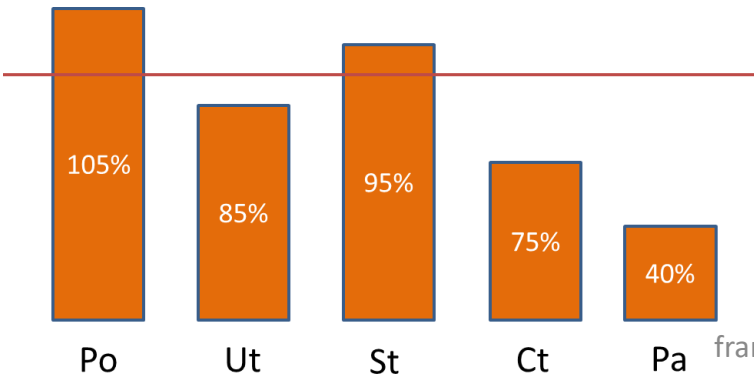
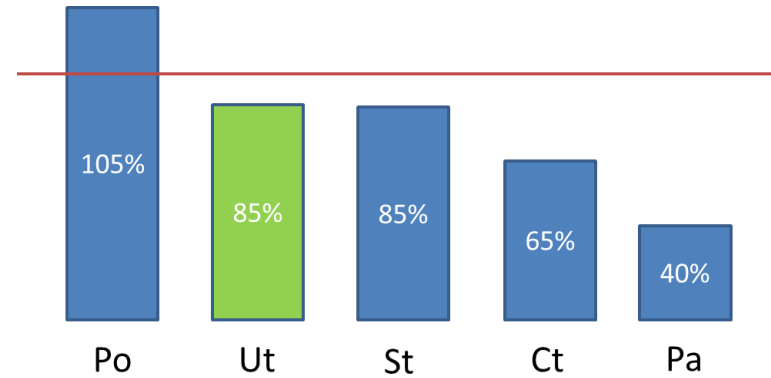
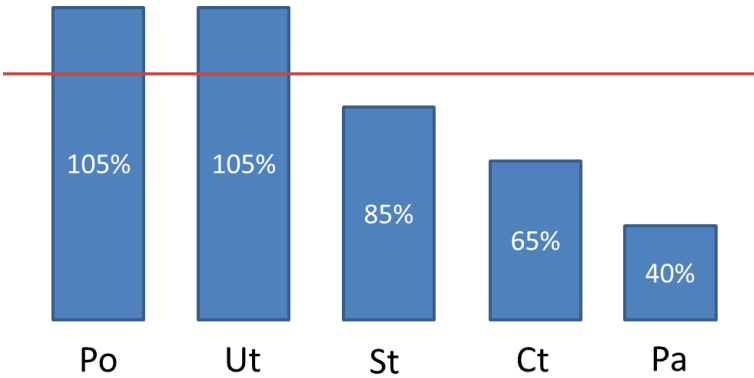
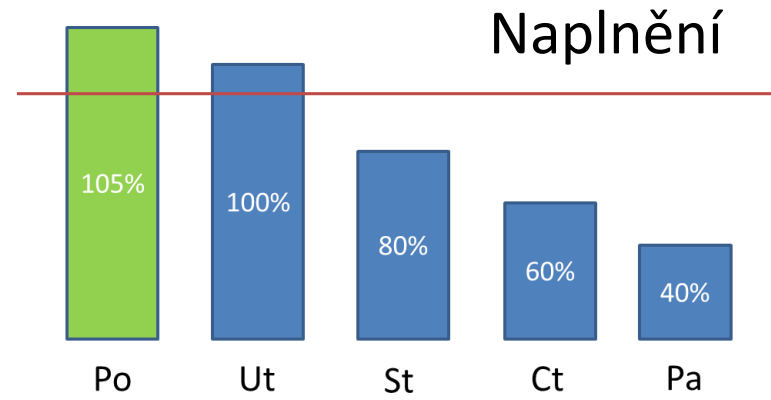
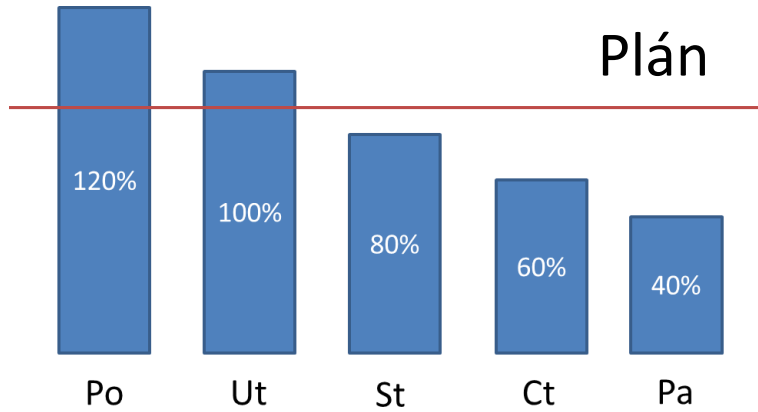
Zdroj: autor ERP/APS AROP - MAX

# Kapacitní bilance pracovišť

- Plánování do neomezených kapacit
  - Změna směnnosti
  - Převedení na jiné pracoviště
  - Kooperace, změna termínu – přeplánování aj.



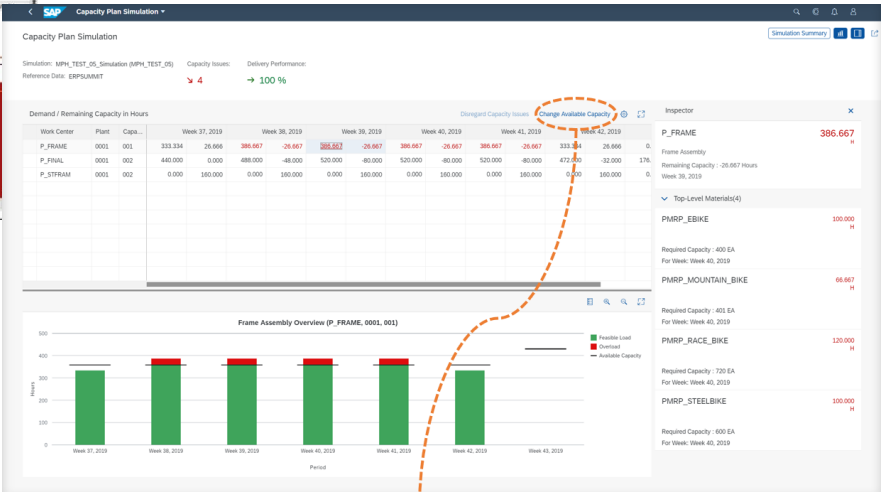
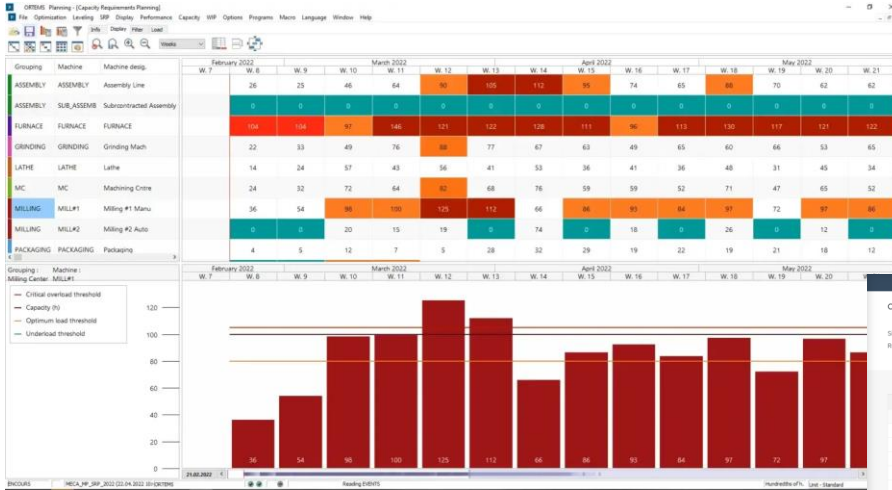
# Kapacitní bilance pracovišť – průběh v rámci týdne



Realita na konci týdne s průměrně využitou kapacitou 80%

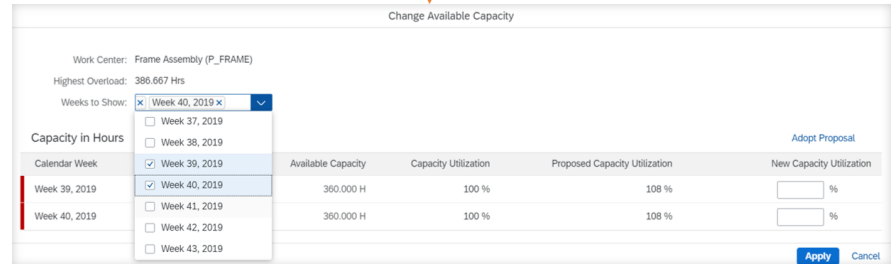
# Kapacitní bilance pracovišť – kapacita v ks

Andea



Zdroj: <https://andea-aps.com/en/manufacturing-production-planning-software/>

SAP



Zdroj: <https://blogs.sap.com/2019/08/08/intelligent-erp-update-manufacturing-and-supply-chain-in-sap-s4hana-cloud-1908/>

frantisek.koblasa@tul.cz

## Na základě předchozích dat

- stanovte týdenní požadavek (MRP I a MPS )
- Stanovte velikost výrobních dávek
- Vypočtete kapacitní nároky na technologie (technologický postup, rejstřík strojů)
- Vypočtete kapacitní využití pracovišť
- Optimalizujte pro jeden týden.