



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

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Layout pracoviště a řízení *Rozvrhování pracovníků*

Jan Vavruška
Technická univerzita v Liberci



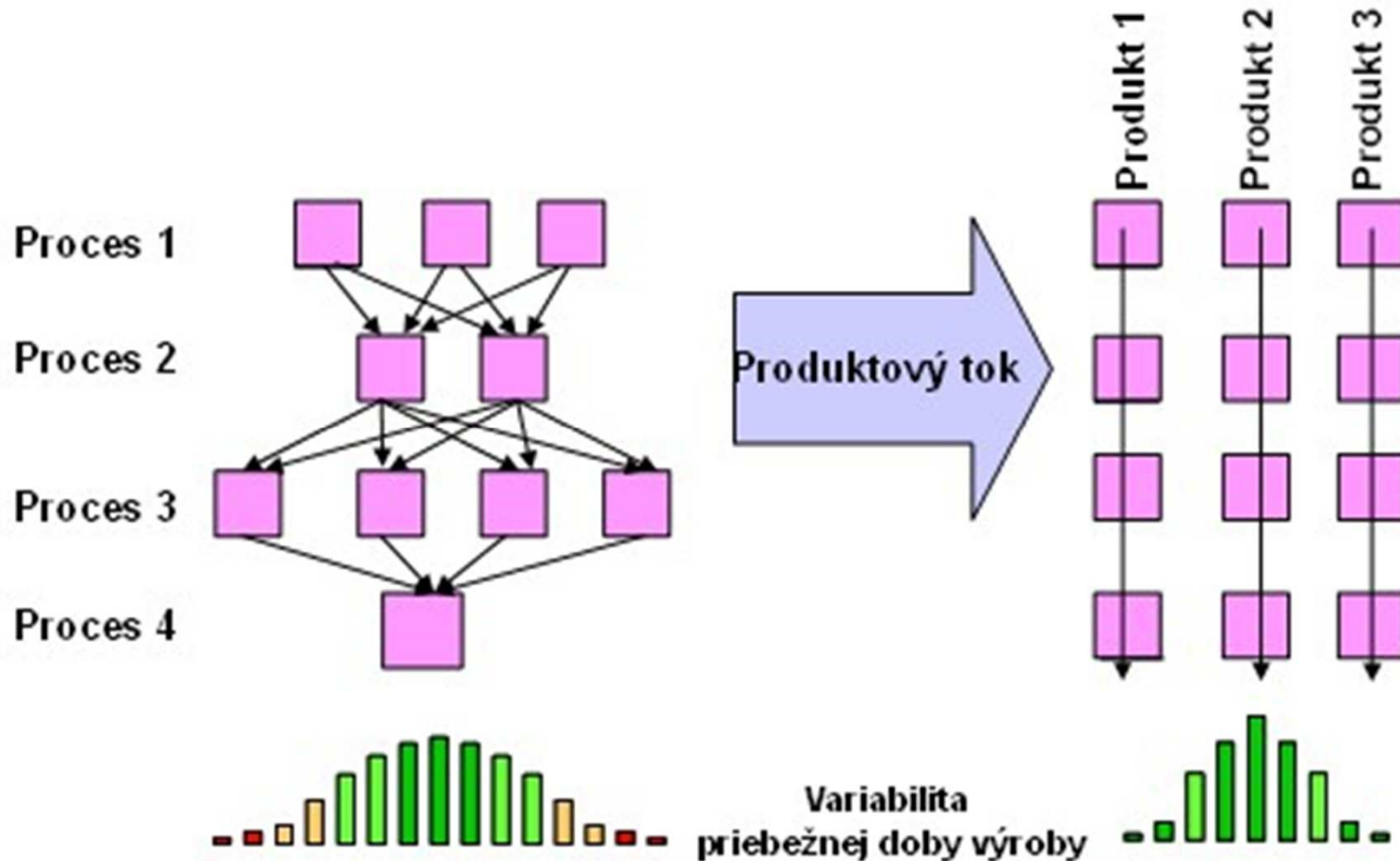
EDUCATION COMPANY

Výrobní systémy II

Technická univerzita v Liberci a partneři
Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.



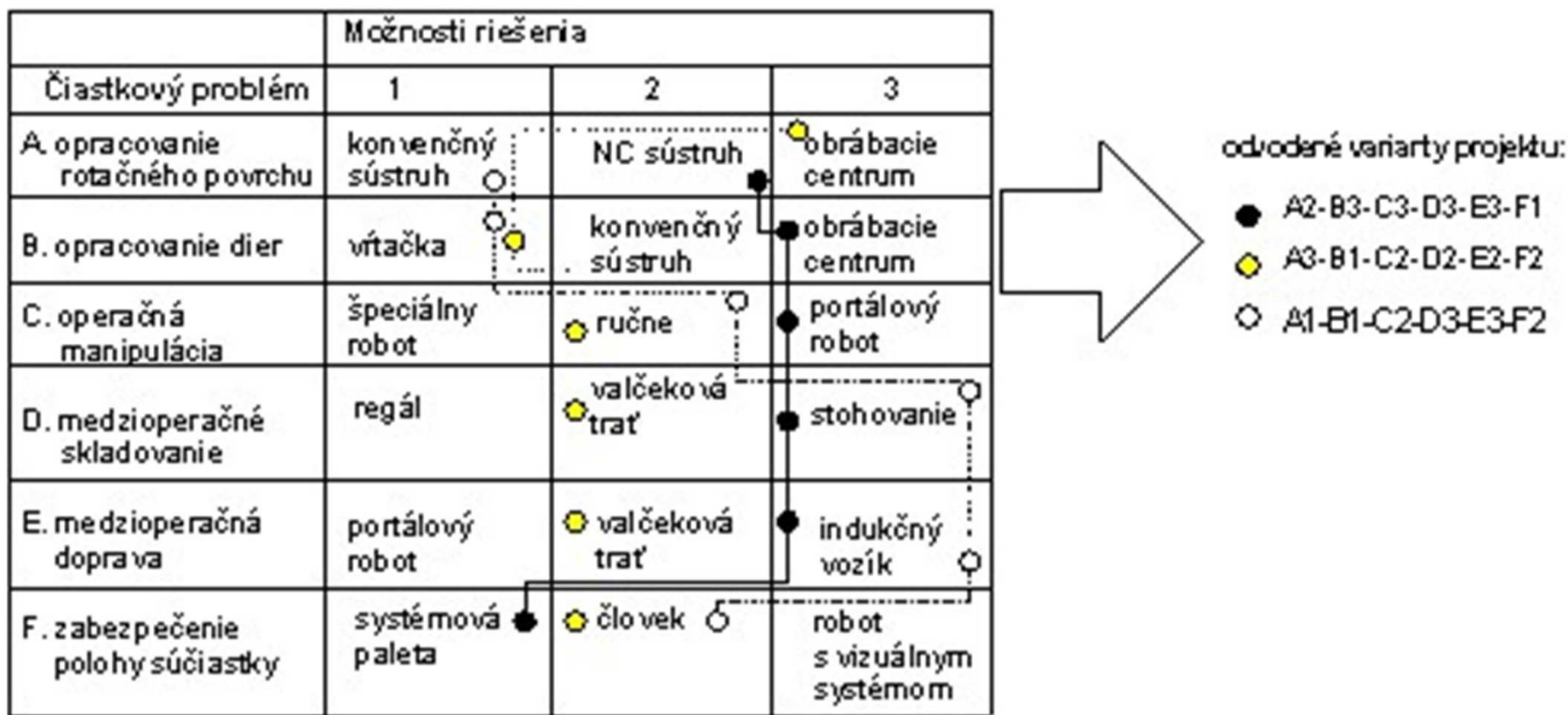
Technologický X Produktový Layout



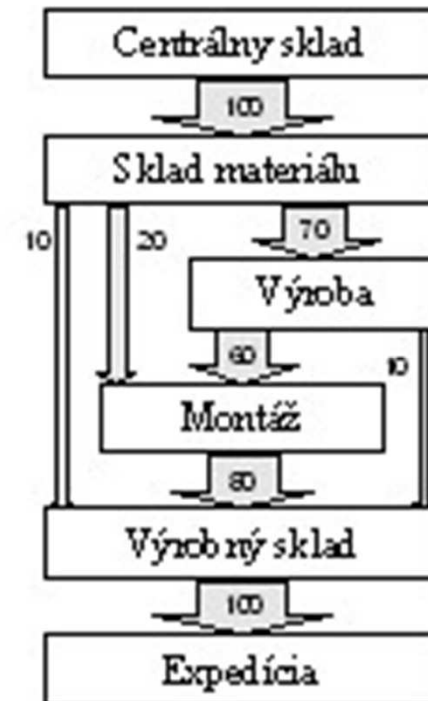
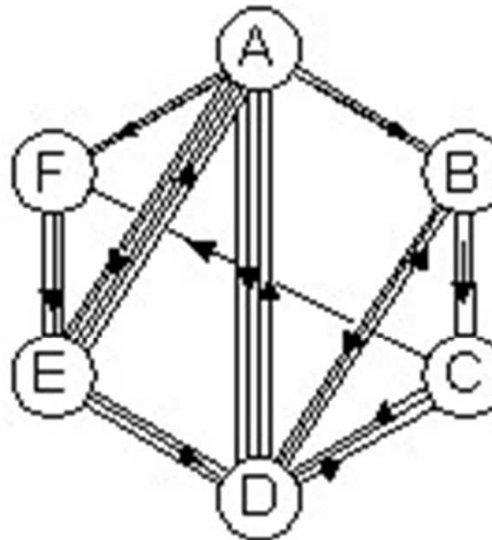
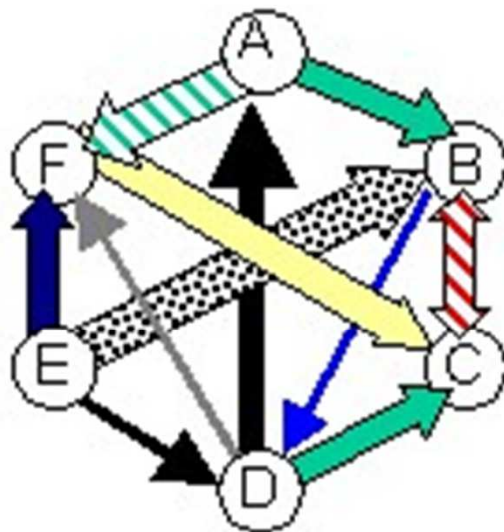
Porovnávací matice

Číslo súčiastky	Popis súčiastky	Stroj /zariadenie																					
		M1	M2	M3	M4	D1	D2	D3	D4	B1	B2	B3	B4	R1	R2	R3	R4	T1	T2	T3	T4	hé	
6060					x	x						x				x							
6061		x								x			x	x					x				MC2
6065			x					x				x		x							x		
6066		x								x			x	x									L4
6068			x					x				x		x							x		
6069			x					x				x		x							x		
6070		x								x			x	x									L4
6071		x								x			x	x									L4
6072		x								x			x	x									L4
6077					x	x						x				x							
6078			x					x				x		x							x		
6079			x					x				x		x							x		
6081		x								x			x	x						x			MC2
6082		x								x			x	x						x			
6087		x								x			x	x									L4
6088						x	x					x					x						
6089						x	x					x					x						
6090						x	x					x					x						
6091		x								x			x	x						x			MC2

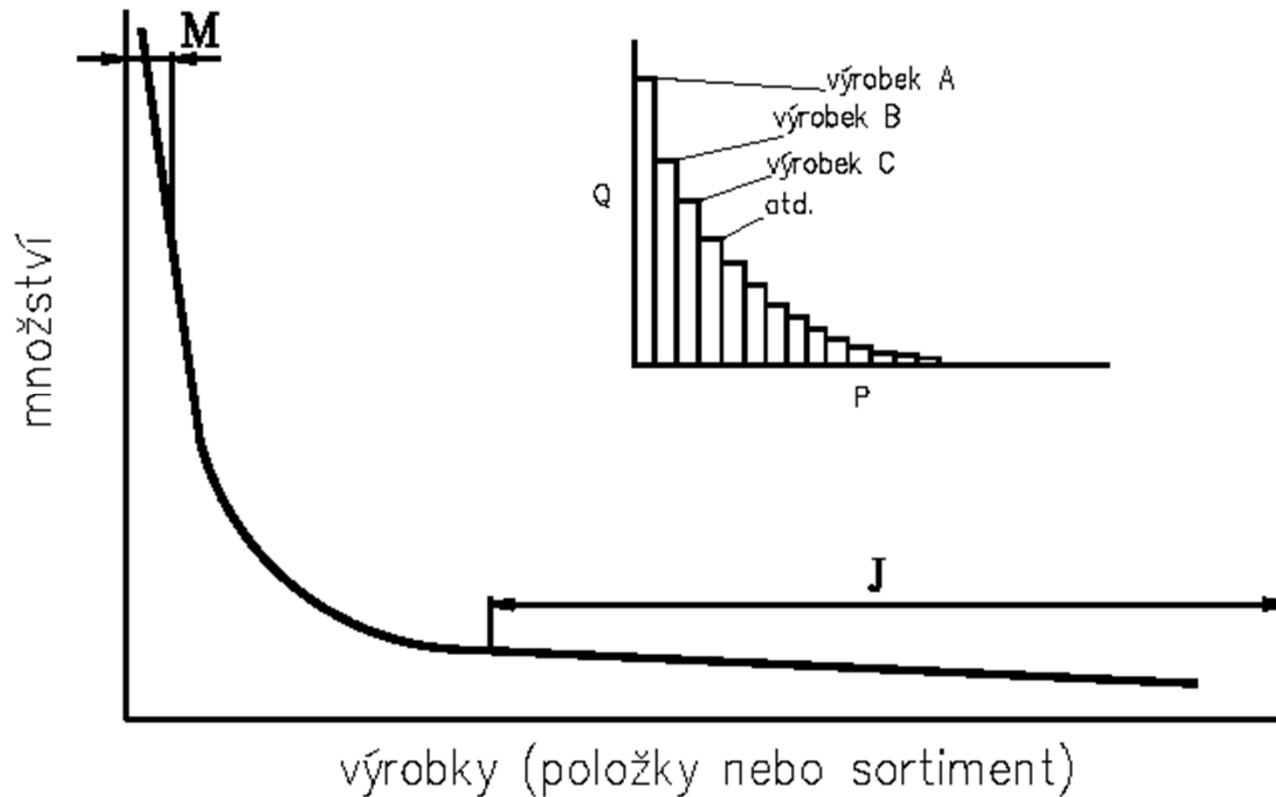
Alternativní technologie



Sankeyův diagram



PQ křivka – Parettova analýza



Rozmíst'ovací metody

Metody řešení rozmístění objektů lze rozdělit na:

- **Metody matematického programování (Craft)**
- **Metody posloupnosti:** trojúhelníková, kruhová apod.
- **Stochastické metody** rozmíst'ování objektů-
pravděpodobnostní, např. Monte Carlo),
- **Kombinované metody.**

CRAFT - (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique)

- Cílem je nalezení minima kriteriální funkce problému manipulace

Problém optimalizace vzájemné polohy objektů:

- v_{ij} ... počet jednotek materiálu pohybujících se mezi objekty i a j
 - u_{ij} ... náklady na pohyb jednotky na jednotku vzdálenosti mezi i a j
 - l_{ij} ... vzdálenost mezi objekty i a j
- **Náklady na manipulaci celé produkce** mezi objekty i a j na jednotku vzdálenosti:

$$C_{ij} = u_{ij} v_{ij}$$

- **Náklady na manipulaci jednotky produkce** mezi objekty i a j na jejich vzdálenost:

$$d_{ij} = l_{ij} v_{ij}$$

Účelové funkce metody CRAFT

Náklady řešení rozmístění jednotlivých objektů:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij} v_{ij} l_{ij} \dots \min$$

1. Problém rozmístovací

– konečný diskrétní počet matic \mathbf{L} , „hledání té nejlepší“ za podmínky

$$u_{ij} \dots konst,$$

$$v_{ij} \dots konst$$

2. Problém velikosti toku

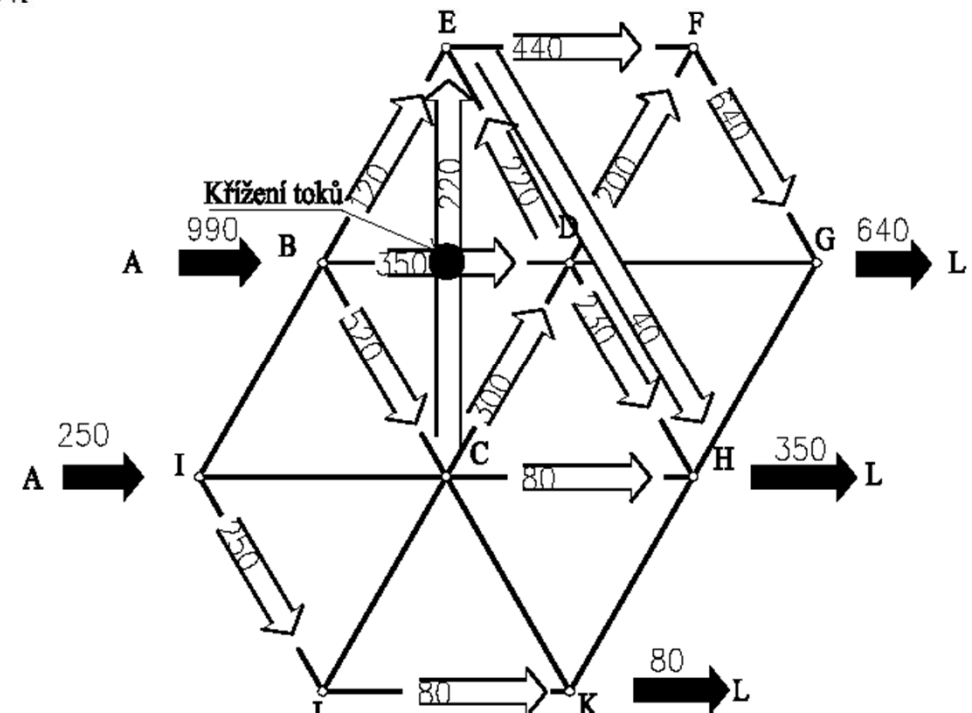
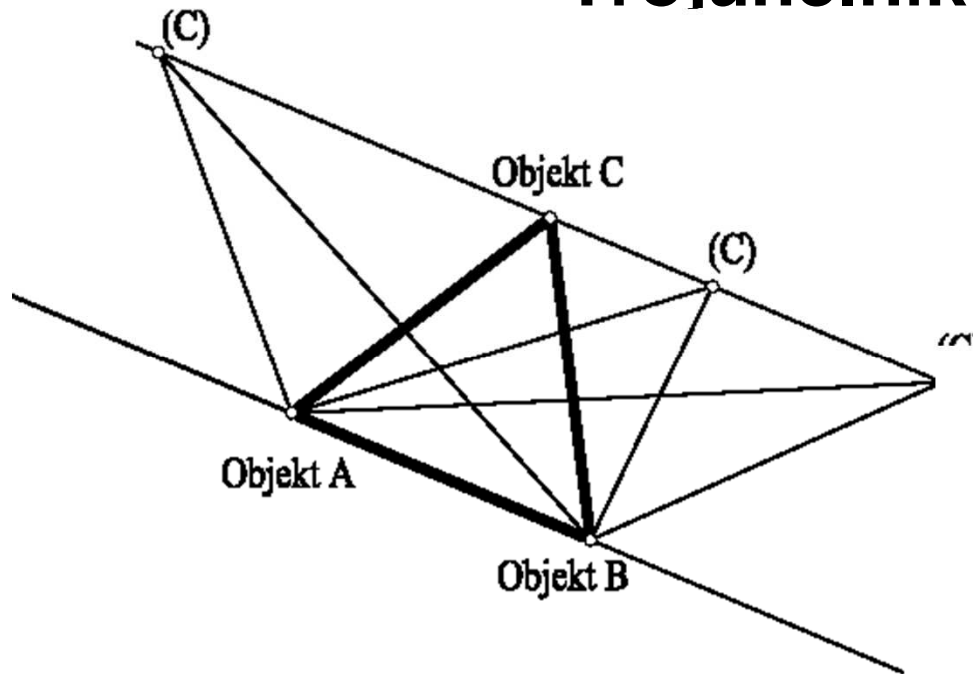
$$l_{ij} \dots konst,$$

$$v_{ij} \dots konst$$

$$\sum \sum u_{ij} = U$$

kde U je konst. množství materiálu určeného k přepravě

Trojúhelníková metoda



Projektování a předpisy

- <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-101-2005-sb-o-podrobnejsich-pozadavcich-na-pracoviste-a-pracovni-prostredi>

NAŘÍZENÍ VLÁDY 101/2005 Sb.

ze dne 26. ledna 2005

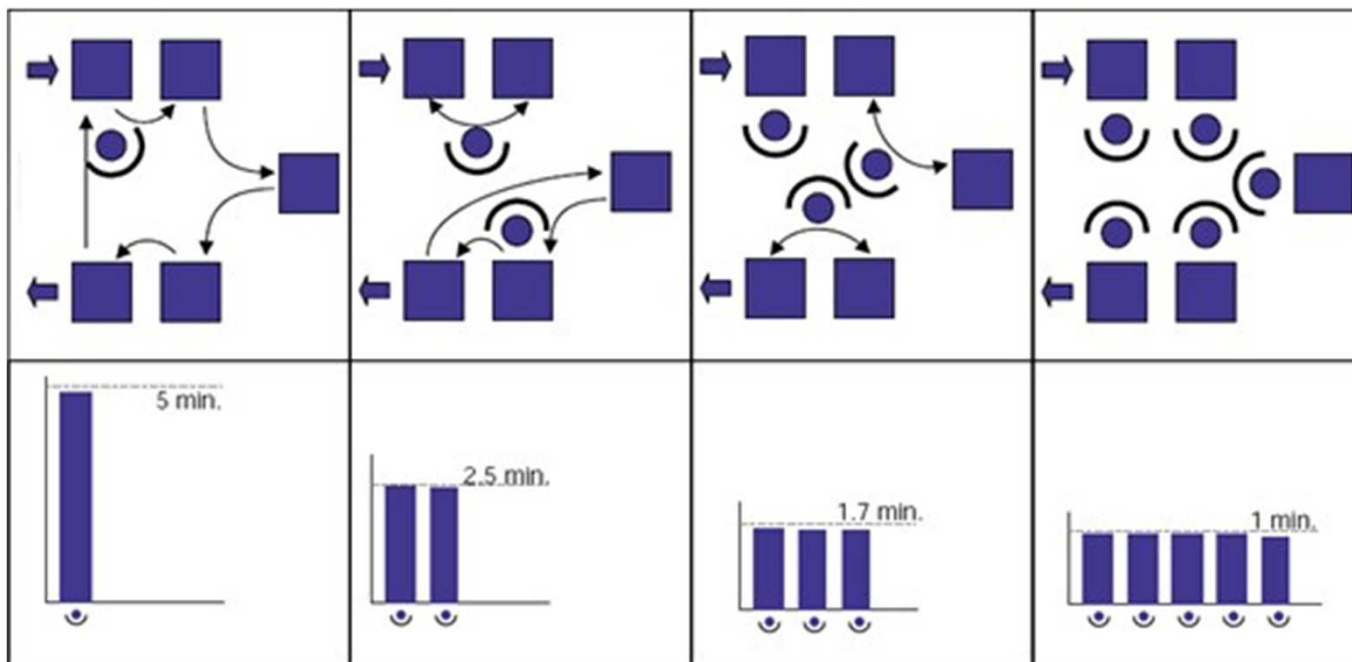
Podrobnější požadavky na pracoviště a pracovní prostředí

[Nařízení vlády 101-2005 o požadavcích na pracoviště a prostředí.pdf](#)

Komunikace v layoutu

- Pohyb pracovníků
 - koridor o min šíři 1,1 m
- Pohyb techniky
 - šíře prostředku/břemene + 0,4 m
- Rozdíl komunikace a terénu větší než 0,5 m musí být zabráněno pádu např. zábradlím
- ...

Výrobní buňky a zákaznický takt



Kapacitní plánování

- **Balancing**

optimálního rozdělení činností mezi jednotlivá pracoviště

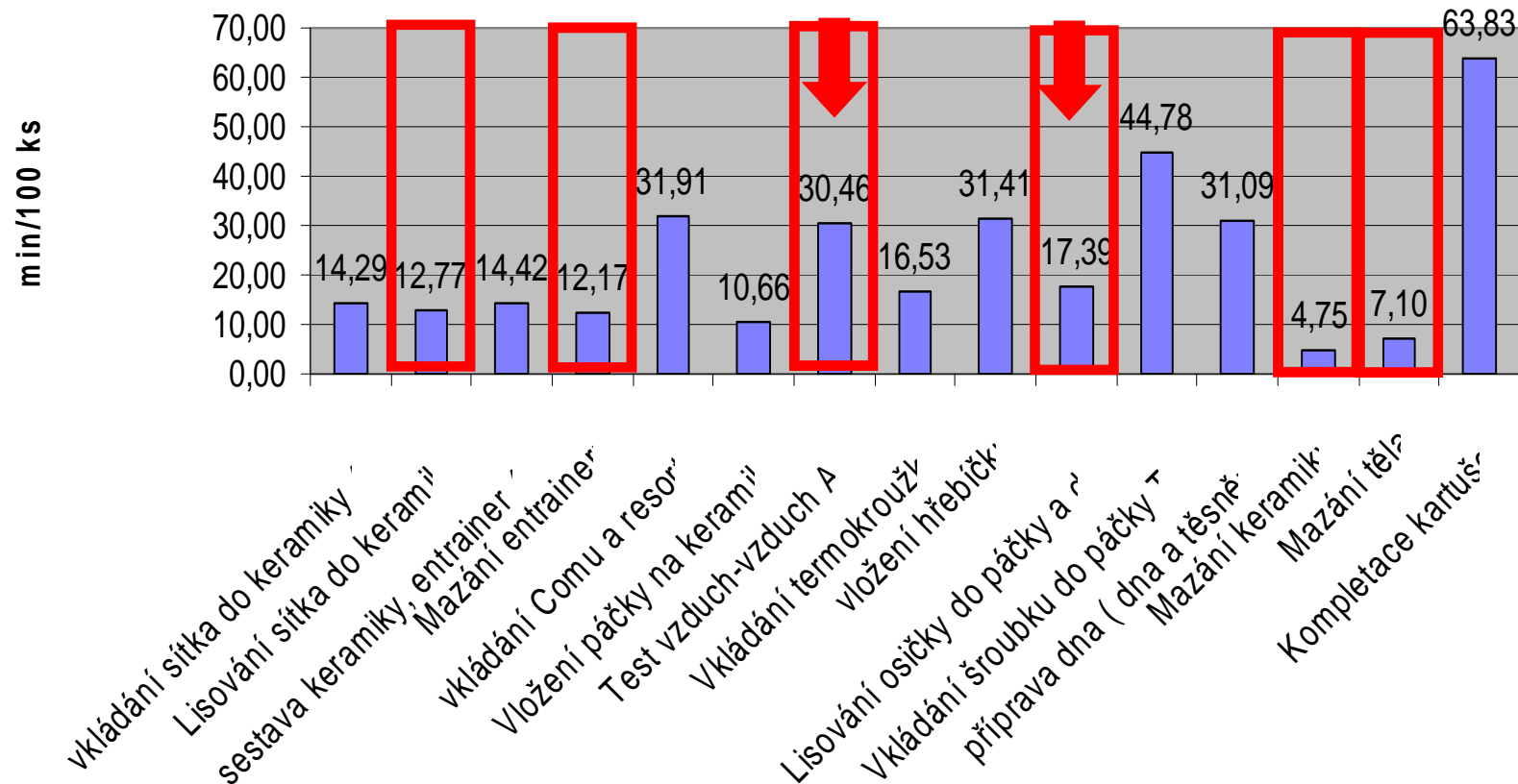
- **Leveling**

optimalizace výrobního mixu za účelem rovnoměrného zatížení pracovišť

Heijunka board

Kapacitní plánování - Omezení přípravkem

Úzké místo A Úzké místo B



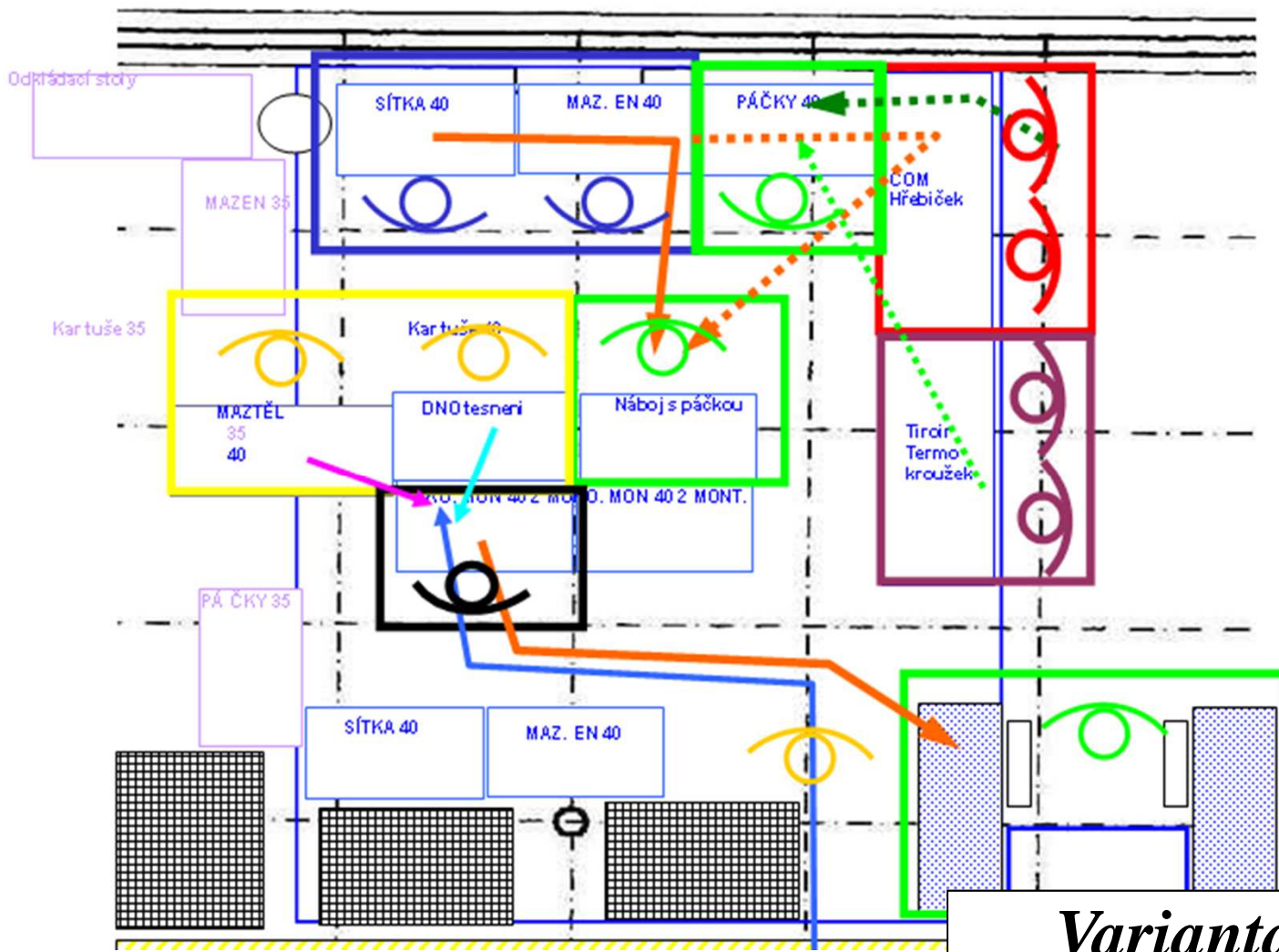
Kapacitní zatížení

OP 40 FG TD

Operace	ks/měsíc	vytížení	prac.	vytížení
ukládání sítko do keramiky 40	132300	22,38%	A	
Lisování sítko do keramiky	148050	20,00%	A	
sestava keramiky, entrainer 40	131040	22,60%	A	
Mazání entraineru	155295	19,07%	A	84,04%
vkládání Comu a resortu	59220	50,00%	B	99,21%
Vložení páčky na keramiku	177345	16,70%	C	91,66%
Test vzduch-vzduch A-A	62055	47,72%	C	
Vkládání termokroužku	114345	25,90%	D	96,04%
vložení hřebíčku	60165	49,21%	B	
Lisování osičky do páčky a drž	108675	27,25%	C	
Vkládání šroubku do páčky TD	42210	70,15%	D	
příprava dna (dna a těsnění) OP35+40 O	60795	48,70%	E	67,27%
Mazání keramiky	397845	7,44%	E	
Mazání těla	266175	11,12%	E	
Kompletace kartuše	29610	100,00%	F	100,00%
ÚZKÉ MÍSTO	29610	100,00%		538,23%

Pracovníci 4 + 2

Rozvrhové schéma



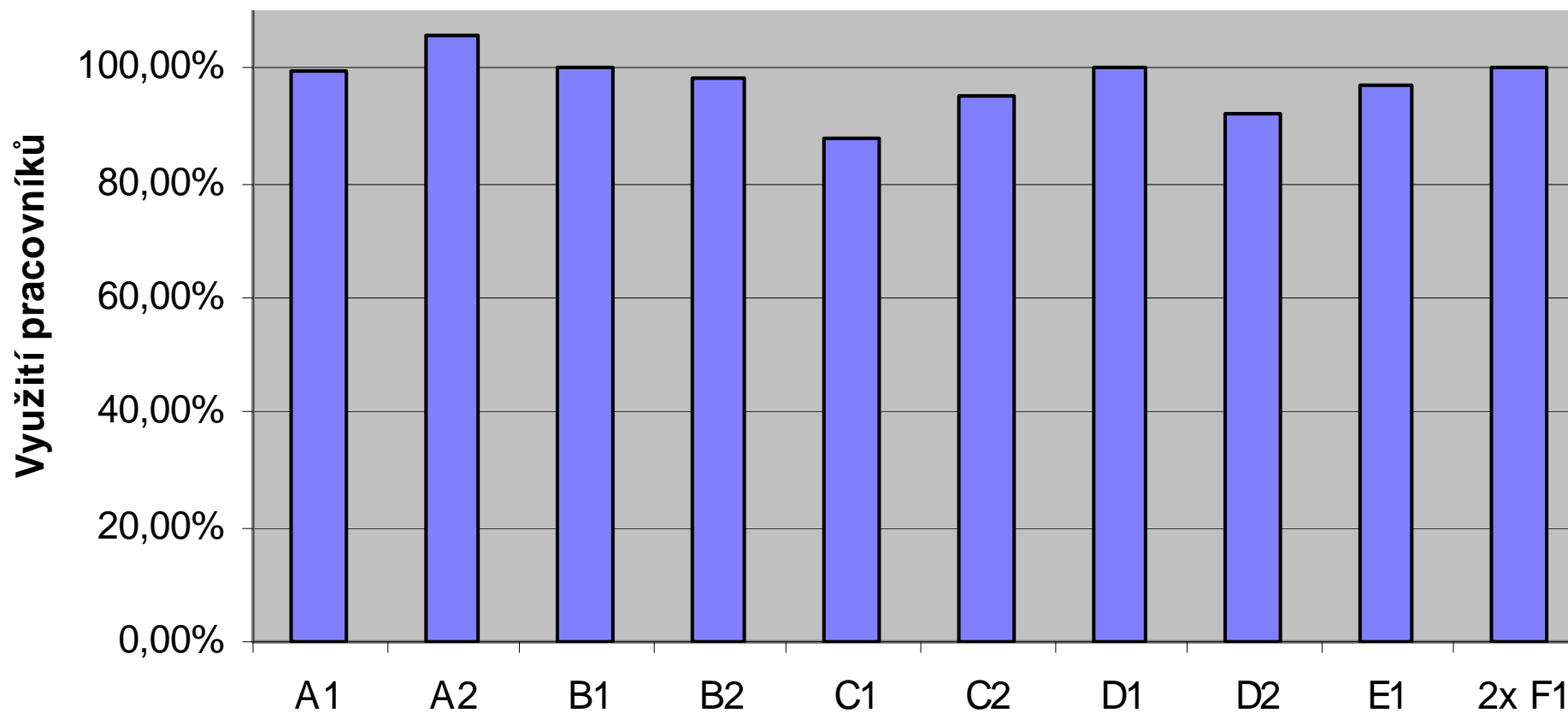
Varianta č. 1

OP 40 FG TD

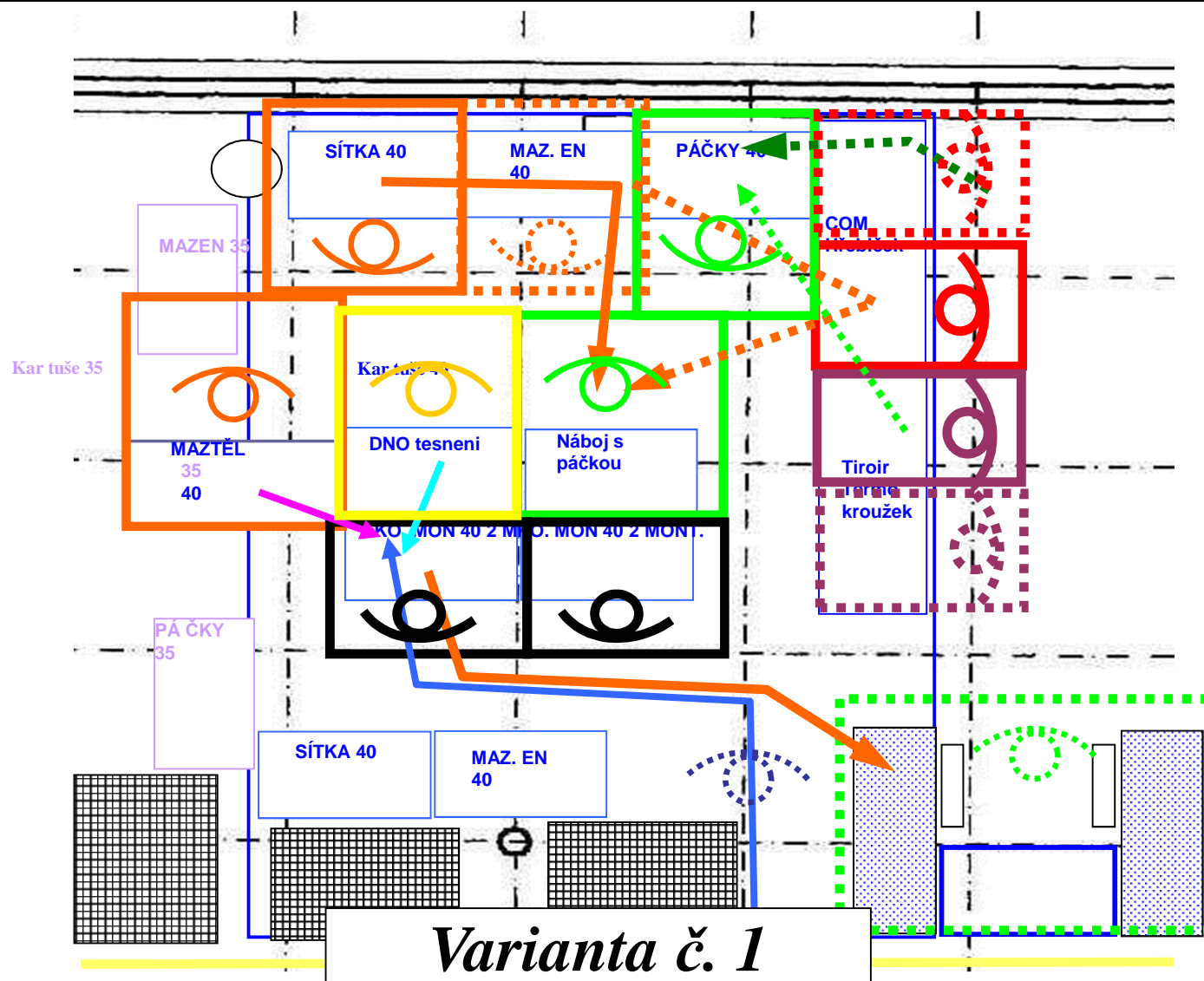
Operace	ks/měsíc	vytížení	prac.	vytížení
vkładání sítko do keramiky 40	132300	44,76%	A1	
Lisování sítko do keramiky	148050	40,00%	A1	99,65%
sestava keramiky, entrainer 40	131040	45,19%	A2	
Mazání entraineru	155295	38,13%	A2	105,57%
vkładání Comu a resortu	59220	100,00%	B1	100,00%
Vložení páčky na keramiky	177345	33,39%	C1	87,89%
Test vzduch-vzduch A-A	62055	95,43%	C2	95,43%
Vkládání termokroužku	114345	51,79%	D2	
vložení hřebíčku	60165	98,43%	B2	98,43%
Lisování osičky do páčky a drž	108675	54,49%	C1	
2x Vkládání šroubku do páčky TD	42210	140,30%	D1+D2	2x 96,04%
příprava dna (dna a těsnění) OP35+40 O	60795	97,41%	E1	97,41%
Mazání keramiky	397845	14,89%	A1	
Mazání těla	266175	22,25%	A2	
Kompletace kartuše	29610	200,00%	F1+F2	200,00%
ÚZKÉ MÍSTO	59220	50,00%		1076,47%

Pracovníci 7 + 4

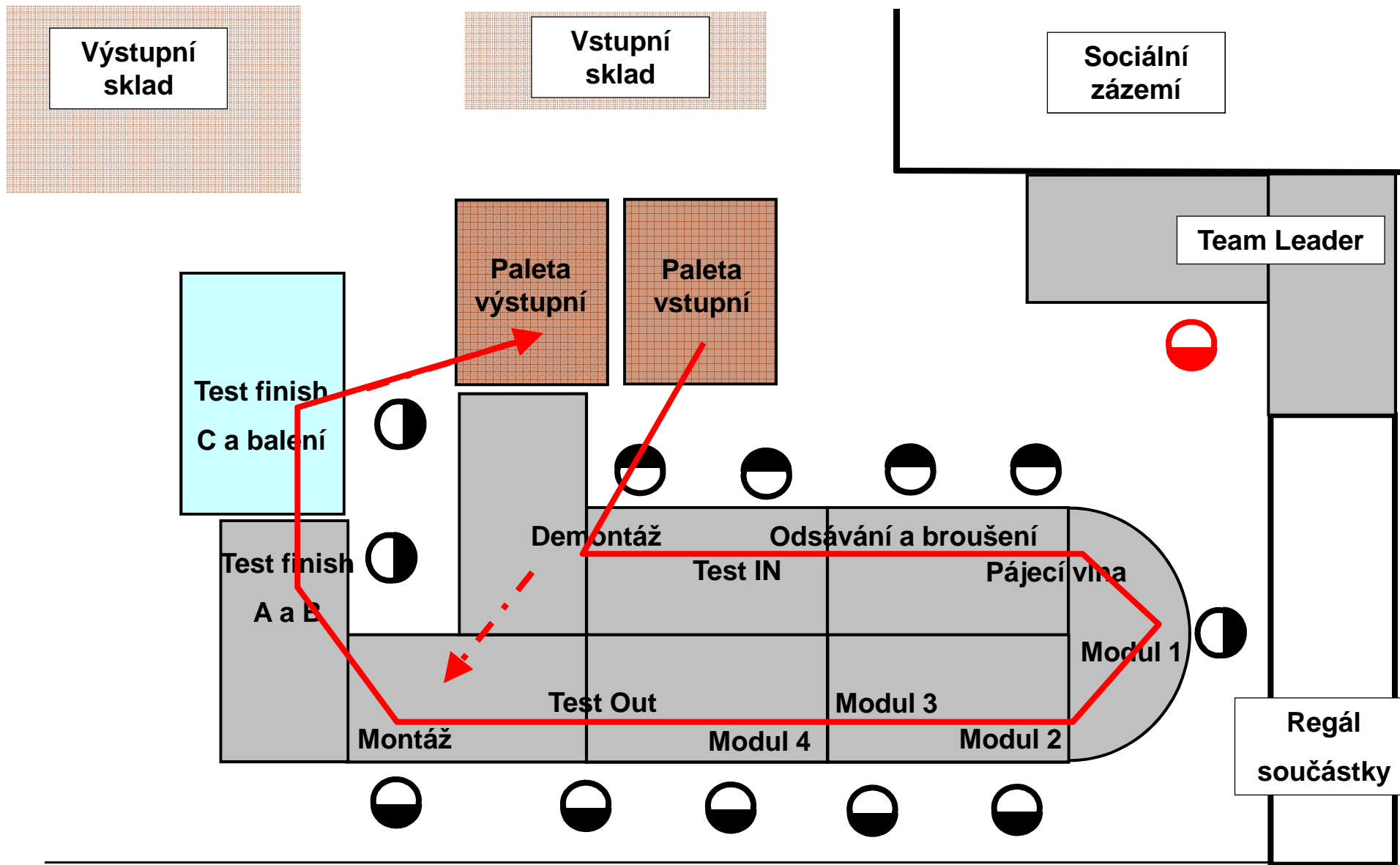
Využití pracovníku při přecházení



Při měsíčním objemu výroby cca 60 000 ks







Kapacitní tabulka

s časy operací - Gavity

Operace	OP.č.	M	R1	R2	M	R1	R2
Demontáž	1	1:53	1:53	1:53			
Test In	2	0:59	0:59	0:59			
Odsávání	3a	0:45	1:58	3:16			
Broušení	3b	0:45	1:52	3:03		Σ 6:42	Σ 9:11
Pájecí vlna	4	1:32	1:32	3:32	Σ4:55		
Modul 1	5	1:28	1:56	4:15			Σ 7:47
Modul 2	6	1:16	2:41	3:37		Σ 6:09	
Modul 3	7	1:38	3:18	3:26			
Modul 4	8	1:19	3:02	2:53	Σ 4:22		Σ 9:56
Test Out1	9	0:47	1:12	1:12		Σ 7:32	
Montáž	10	2:18	2:18	2:18	Σ 4:24		
Test Out2	11	1:28	1:28	1:28			
Balení	12	1:50	1:50	1:50	Σ 4:17	Σ 4:36	Σ 5:48
Teoretická průběžná doba		17:58	24:59	32:42	17:58	24:59	32:42

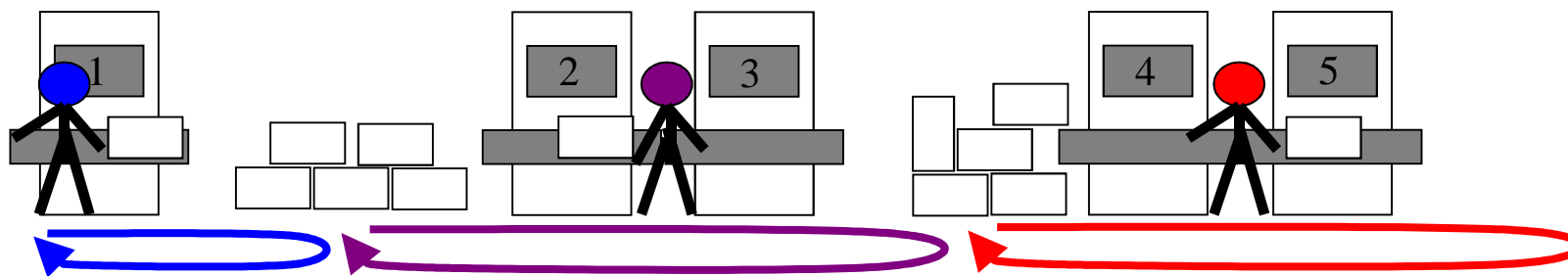
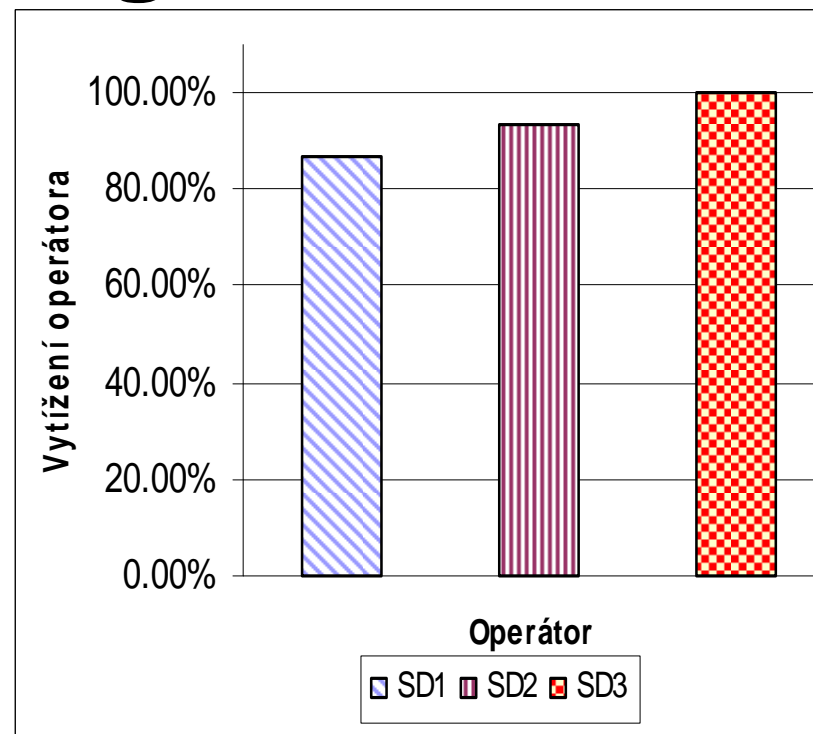
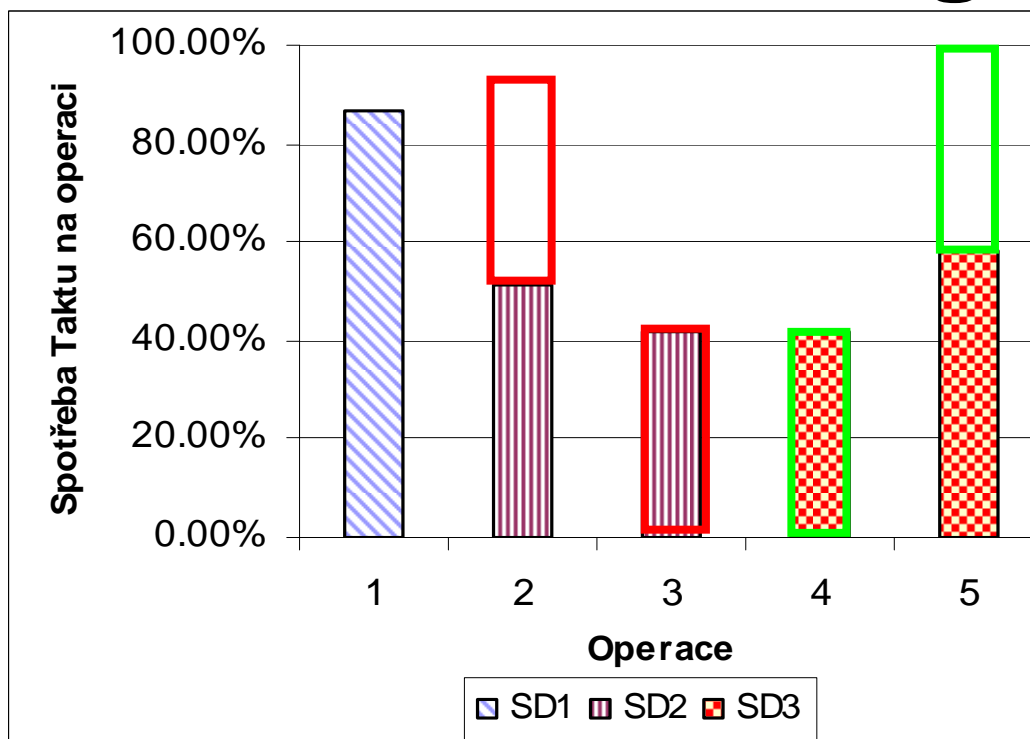
Matrice dovedností -Gavity

1.2.08	<i>Tetraco International, s.r.o.</i>					<i>1038-05 Pracoviště Liberec - Gavity (A, B, C, D, F)</i>							
Norma střední	Jmeno:												
	Osobní č.	237	241	319	320	310	309	249	348	511	499	513	493
	Tým. role	Mluvčí	Zástupce	člen	člen	člen	člen	člen	člen	člen	člen	člen	Člen
Operace	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon	výkon
1:50	Demontáž	130%	65%	100%	90%	100%	70%				100%		100%
1:00	Test In	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%			90%		90%
2:00	Odsávání	120%	110%	110%	100%	100%	100%	80%	90%	70%	100%		
2:00	Broušení	120%	100%	110%	110%	120%	110%	90%	80%	60%	120%	90%	
1:30	Pájecívlna	125%	140%	120%	100%	80%	90%	90%	90%	90%		85%	
2:00	Modul 1	90%	110%	80%	80%	70%	70%	100%	80%	120%		85%	
2:30	Modul 2	100%	120%	90%	80%	70%	70%	110%	85%	120%		80%	
3:00	Modul 3	120%	140%	90%	70%	60%	60%	110%	85%	130%	90%	80%	
3:00	Modul 4	110%	140%	80%	70%	60%	60%	110%	85%	130%	90%	110%	
1:00	Test Out1	100%	100%	100%	100%	90%	85%				80%		95%
2:00	Montáž	140%	60%	130%	90%	90%	80%				110%		100%
1:30	Test Out2	100%	100%	100%	100%	100%	100%				100%		100%
1:00	Balení	110%	90%	100%	90%	90%	80%				100%		100%

Strategie rozvrhování práce

- *Scheduling diagrams*
- *One piece flow - Caravans*
- *Buckets Brigades*

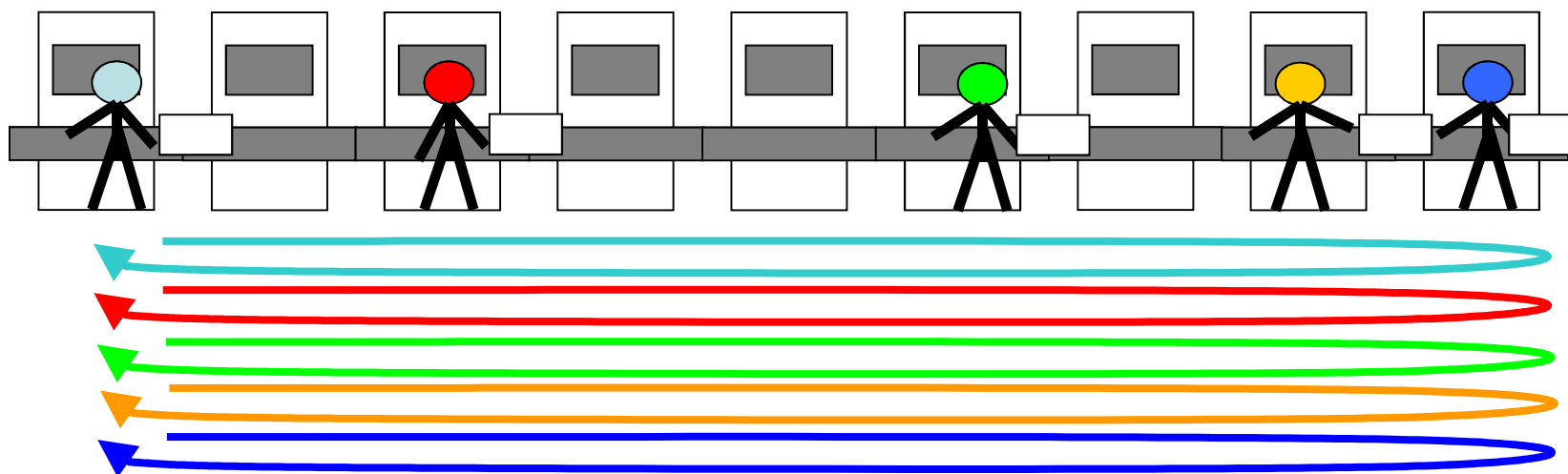
Scheduling diagrams



One piece flow

Tok jednoho kusu – pracovník uchopí jeden kus a projde s ním celým procesem přes všechny

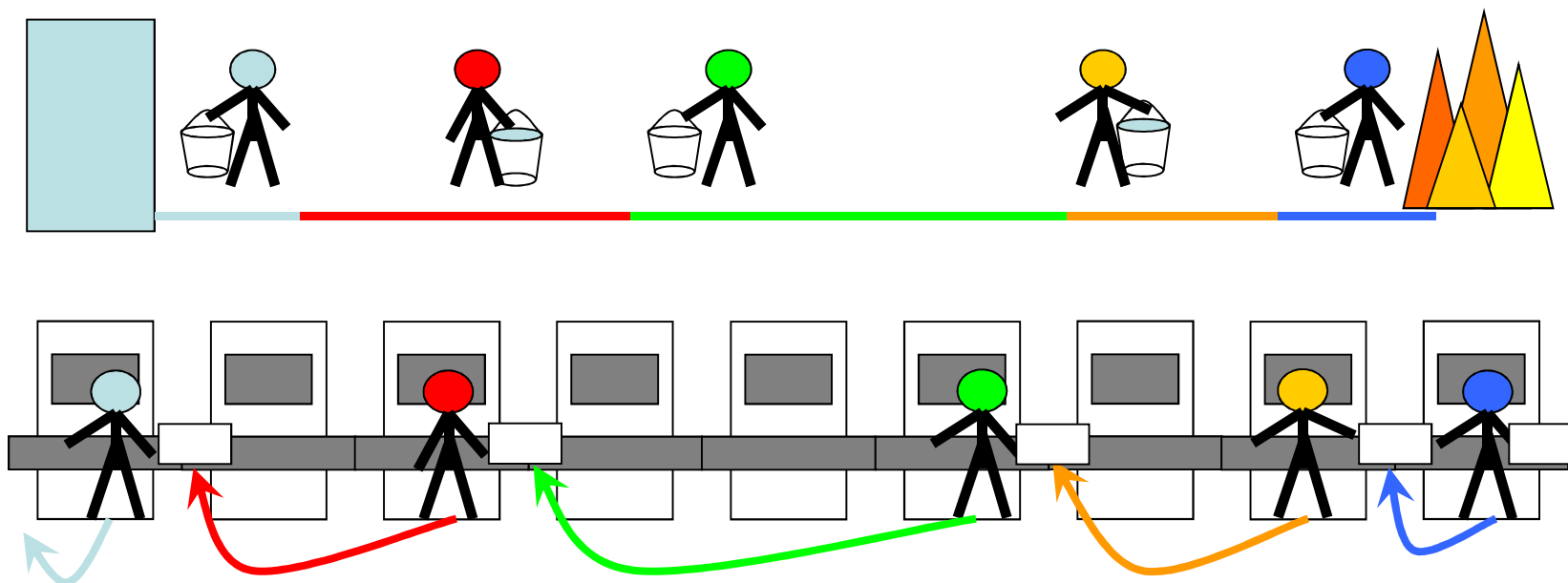
Každý pracovník musí zvládnout celý proces



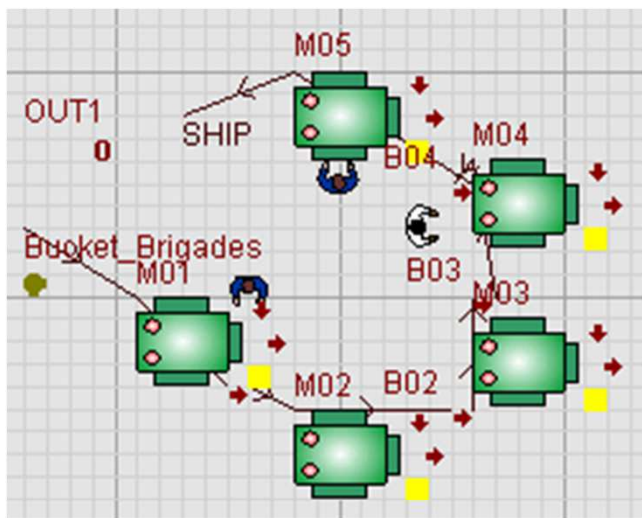
Bucket Brigades

Hašení požáru – dynamické dělení výrobních úkonu ve výrobním procesu

Reaguje na aktuální schopnosti pracovníků

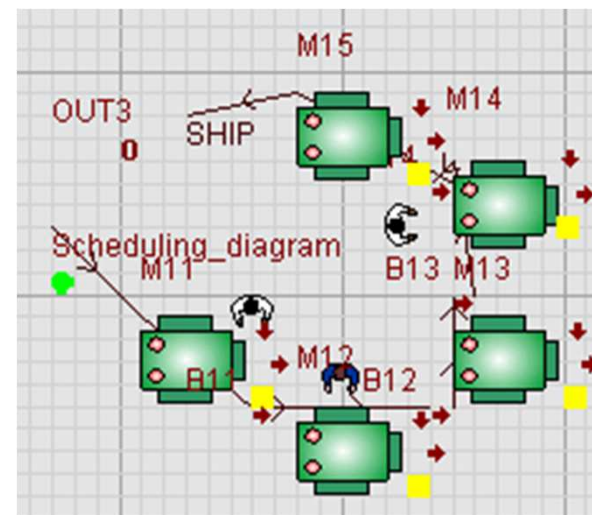


Simulační modely

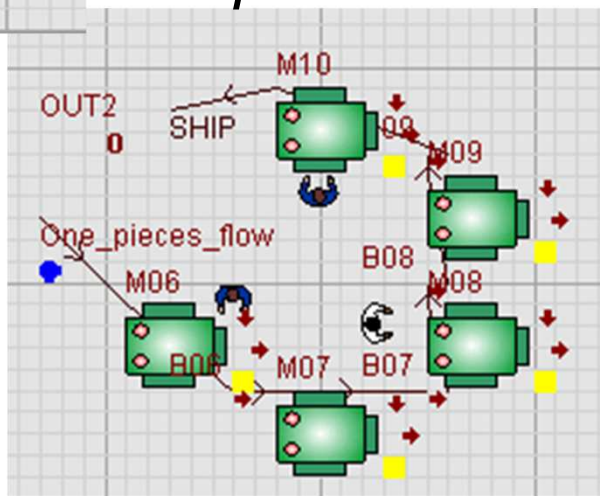


One piece flow

Buckets Brigades



Scheduling diagrams



Ideální - Matice znalostí pracovníků (IMZ)

Pracovníci	Operace 1	Operace 2	Operace 3	Operace 4	Operace 5
BB1, OPF1, SD1	100%	100%	100%	100%	100%
BB2, OPF2, SD2	100%	100%	100%	100%	100%
BB3, OPF3, SD3	100%	100%	100%	100%	100%

Experimentální-Matice znalostí pracovníků (EMZ)

Pracovníci	Operace 1	Operace 2	Operace 3	Operace 4	Operace 5
BB1, OPF1, SD1	130%	130%	130%	130%	130%
BB2, OPF2, SD2	70%	70%	70%	70%	70%
BB3, OPF3, SD3	100%	100%	100%	100%	100%

Produktivita - IMZ

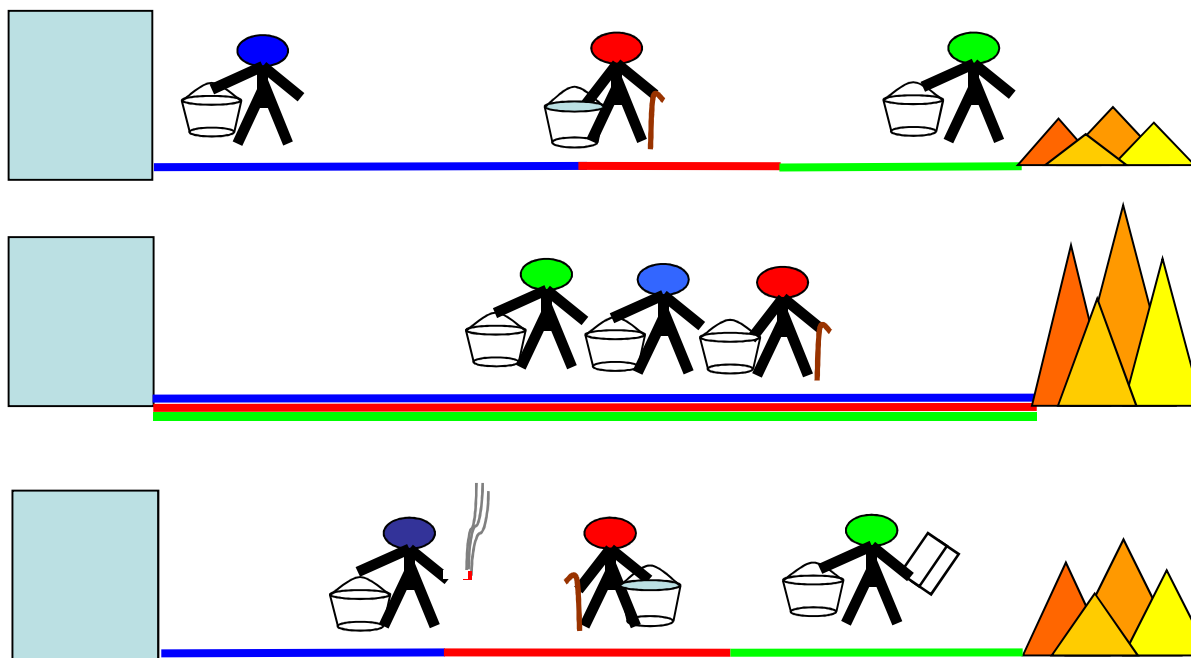
Strategie	Vyrobena	Výkon %	W.I.P.	Avg. W.I.P.
Bucket Brigades	2866	91.30%	3	2.99
One piece flow	3139	100.00%	3	3.15
Scheduling diagram	2521	80.31%	1196	599.23

Produktivita - EMZ

Strategie	Vyrobena	Výkon %	W.I.P.	Avg. W.I.P.
Bucket Brigades	2788	88.82%	3	3.28
One piece flow	2202	70.15%	2	3.15
Scheduling diagram	2421	77.13%	2428	1210.64

Chování systému - EMZ

Pracovníci	Operace 1	Operace 2	Operace 3	Operace 4	Operace 5
BB1, OPF1, SD1	130%	130%	130%	130%	130%
BB2, OPF2, SD2	70%	70%	70%	70%	70%
BB3, OPF3, SD3	100%	100%	100%	100%	100%



Blokování pracovníků – IMZ

Bucket Brigades		One piece flow		Scheduling diagram	
Pracovník	Blocked %	Pracovník	Blocked %	Pracovník	Blocked %
BB1	0.05	OPF1	0.00	SD1	31.97
BB2	21.17	OPF2	0.03	SD2	26.94
BB3	4.98	OPF3	0.07	SD3	0.06

Blokování pracovníků - EMZ

Bucket Brigades		One piece flow		Scheduling diagram	
Pracovník	Blocked %	Pracovník	Blocked %	Pracovník	Blocked %
BB1	5.67	OPF1	45.88	SD1	49.96
BB2	16.61	OPF2	0.02	SD2	0.02
BB3	15.26	OPF3	29.96	SD3	4.32

Požadavky na pracovníky - IMZ

Bucket Brigades			One piece flow			Scheduling diagram		
Labor	Job Type	Job %	Labor	Job Type	Job %	Labor	Job Type	Job %
BB1	Operace 1	77.14	OPF 1	Operace 1	28.19	SD1	Operace 1	68.03
	Operace 2	22.80		Operace 2	16.67		Operace 2	x
	Operace 3	x		Operace 3	13.63		Operace 3	x
	Operace 4	x		Operace 4	13.63		Operace 4	x
	Operace 5	x		Operace 5	27.87		Operace 5	x
BB2	Operace 1	0.03	OPF 2	Operace 1	28.18	SD2	Operace 1	x
	Operace 2	22.82		Operace 2	16.66		Operace 2	40.20
	Operace 3	37.32		Operace 3	13.63		Operace 3	32.87
	Operace 4	18.67		Operace 4	13.63		Operace 4	x
	Operace 5	x		Operace 5	27.87		Operace 5	x
BB3	Operace 1	0.03	OPF 3	Operace 1	28.17	SD3	Operace 1	x
	Operace 2	0.02		Operace 2	16.66		Operace 2	x
	Operace 3	0.01		Operace 3	13.63		Operace 3	x
	Operace 4	18.66		Operace 4	13.63		Operace 4	32.82
	Operace 5	76.31		Operace 5	27.84		Operace 5	67.12

Požadavky na pracovníky - EMZ

Bucket Brigades			One piece flow			Scheduling diagram		
Labor	Job Type	Job %	Labor	Job Type	Job %	Labor	Job Type	Job %
BB1	Operace 1	57.56	OPF 1	Operace 1	15.29	SD1	Operace 1	50.04
	Operace 2	25.88		Operace 2	9.07		Operace 2	x
	Operace 3	9.02		Operace 3	7.35		Operace 3	x
	Operace 4	1.87		Operace 4	7.41		Operace 4	x
	Operace 5	x		Operace 5	15		Operace 5	x
BB2	Operace 1	0.04	OPF 2	Operace 1	28.3	SD2	Operace 1	x
	Operace 2	15.30		Operace 2	16.73		Operace 2	55.00
	Operace 3	32.79		Operace 3	13.64		Operace 3	44.98
	Operace 4	35.26		Operace 4	13.55		Operace 4	x
	Operace 5	x		Operace 5	27.76		Operace 5	x
BB3	Operace 1	0.03	OPF 3	Operace 1	19.83	SD3	Operace 1	x
	Operace 2	0.01		Operace 2	11.72		Operace 2	x
	Operace 3	1.72		Operace 3	9.53		Operace 3	x
	Operace 4	9.06		Operace 4	9.58		Operace 4	31.27
	Operace 5	73.91		Operace 5	19.38		Operace 5	64.41

Scheduling diagrams

Výhody

- † Malé požadavky na pracovníky
- † „Bez“ přecházení na velké vzdálenosti

Nevýhody

- = Velká rozpracovanost výroby
- = Nerovnoměrné vytížení kapacit
- = Vysoké nároky na operativní řízení

One piece flow

Výhody

- ‡ *Minimální rozpracovanost*
- ‡ *Jednoduché řízení pracovníků*

Nevýhody

- = *Nutnost zvládnout celý proces na vysoké úrovni*
- = *Výkon dle nejslabšího pracovníka*
- = *Nemožnost individuální výkonnosti*

Bucket Brigades

Výhody

- ‡ *Menší nároky na pracovníky*
- ‡ *„Adaptabilita“ na lidský faktor*

- ‡ *Vysoký výkon*

Nevýhody

- = *Obtížná evidence výkonnosti*
- = *Nutnost přecházení mezi operacemi*

Anotace

Na Katedře výrobních systémů se řadu let využívá počítačová simulace pro řešení celé řady problémů od analýzy materiálových toků až po řízení výroby. Tato prezentace se zaměřuje na možnosti využití počítačové simulace v oblasti rozvrhování pracovníků při výrobním mixu. Problematika bude stručně prezentována na konkrétním příkladu firmy zabývající se repasí skleníkových svítidel. V krátkosti budou představeny důvody pro využití počítačové simulace a modely různých strategií rozvrhování pracovníků. Diskutována bude i oblast využití optimalizačního modulu Optimizer.

Cíle projektu

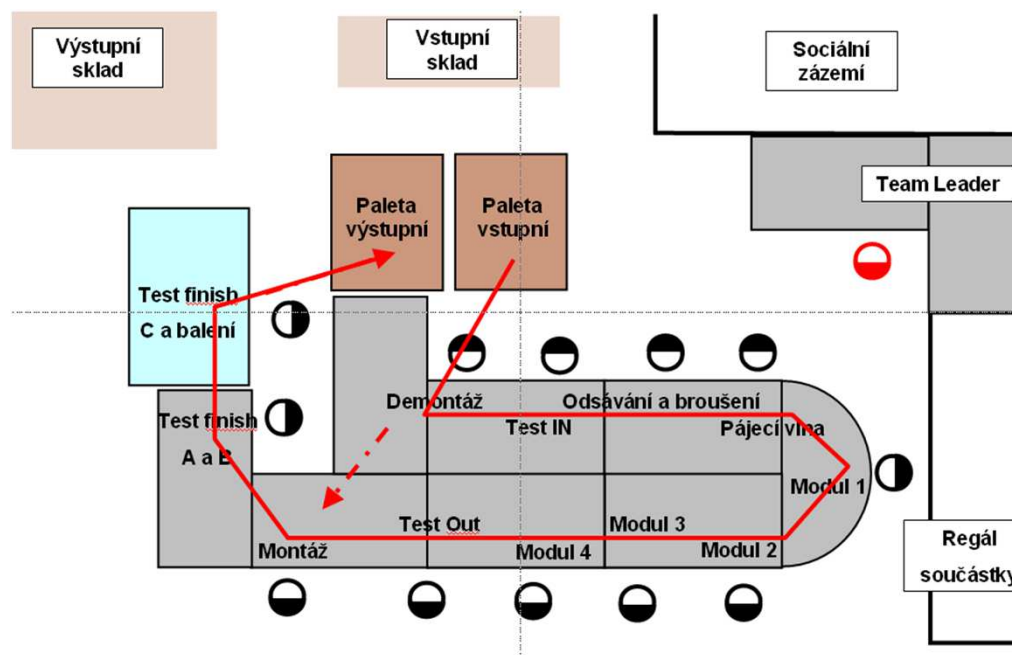
- Analyzovat vhodnost rozvržení pracovníků při zachování struktury operací
- Prověřit vliv výrobního mixu na pokles produktivity

Výrobní úsek

Repase skleníkových svítidel Gavity v několika variantách provedení



Layout

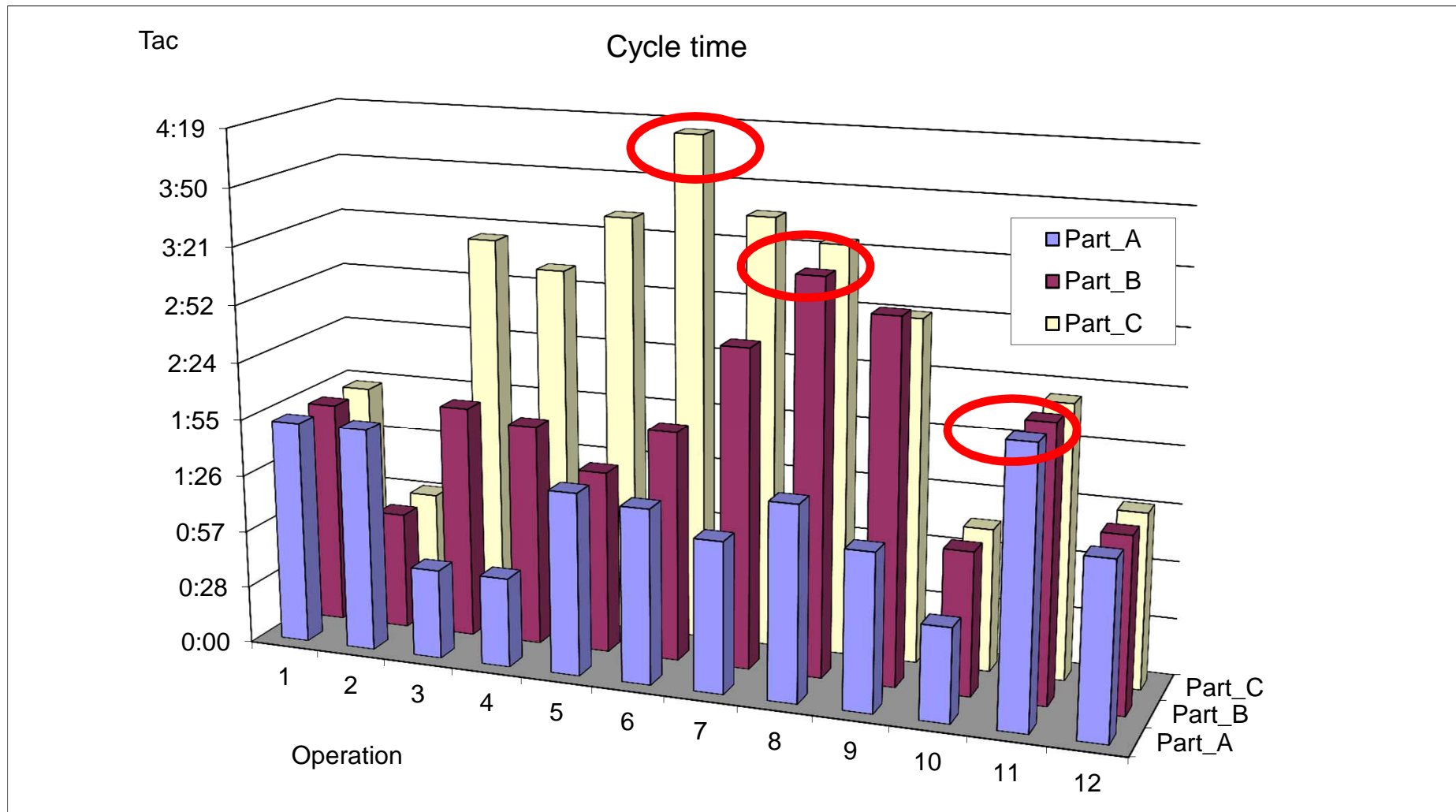


- Požadavek na One piece flow
- Limity technologie, FMEA, dílčí toky

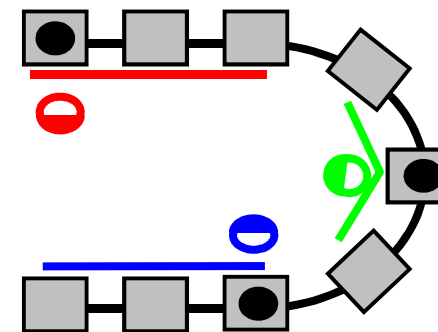
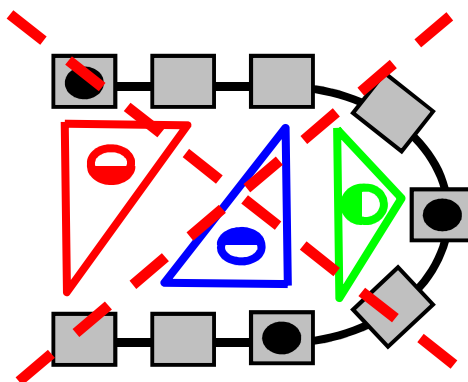
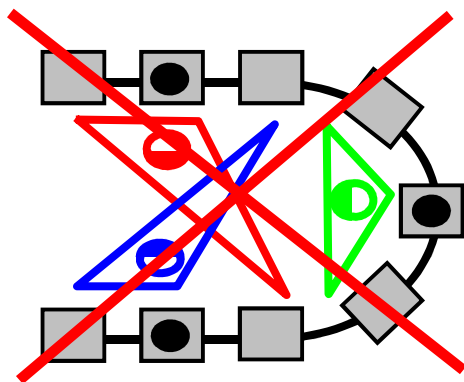
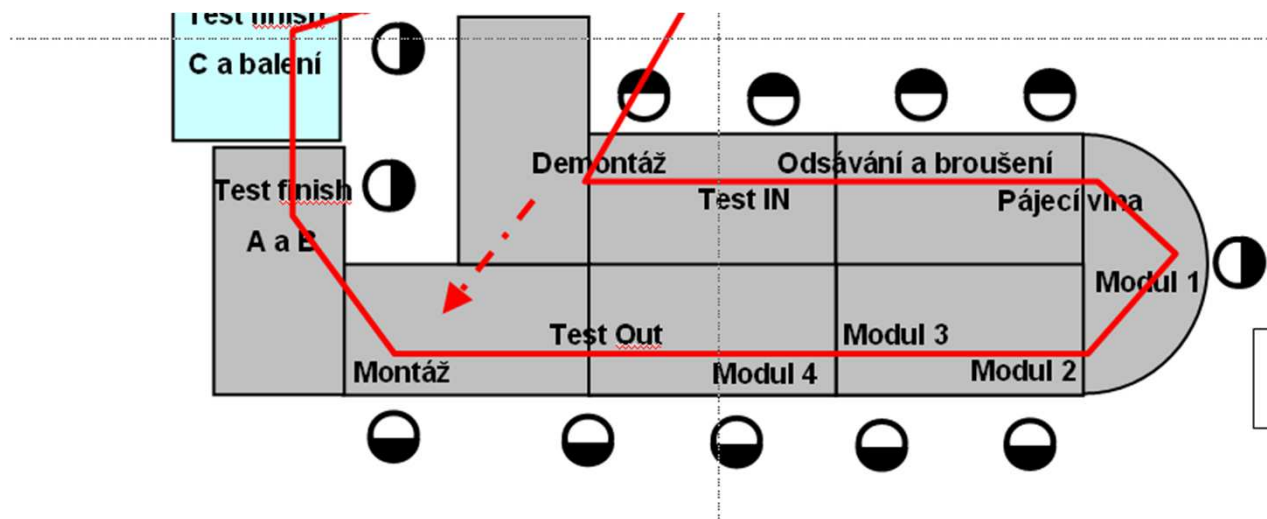
Tabulka časů operací - Gavity

Operace	OP.č.	M	R1	R2
Demontáž	1	1:53	1:53	1:53
Test In	2	0:59	0:59	0:59
Odsávání	3a	0:45	1:58	3:16
Broušení	3b	0:45	1:52	3:03
Pájecí vlna	4	1:32	1:32	3:32
Modul 1	5	1:28	1:56	4:15
Modul 2	6	1:16	2:41	3:37
Modul 3	7	1:38	3:18	3:26
Modul 4	8	1:19	3:02	2:53
Test Out1	9	0:47	1:12	1:12
Montáž	10	2:18	2:18	2:18
Test Out2	11	1:28	1:28	1:28
Balení	12	1:50	1:50	1:50
Teoretická průběžná doba		17:58	24:59	32:42

Časy operací Gavity



Zjednodušení - vnější layout



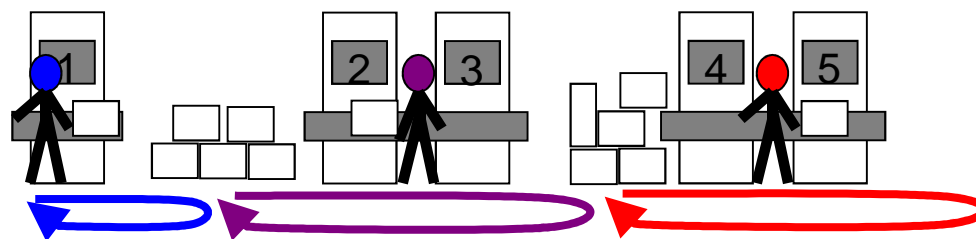
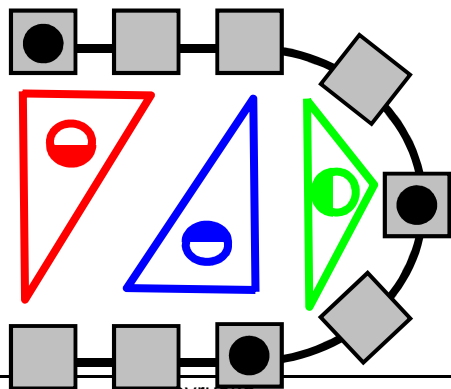
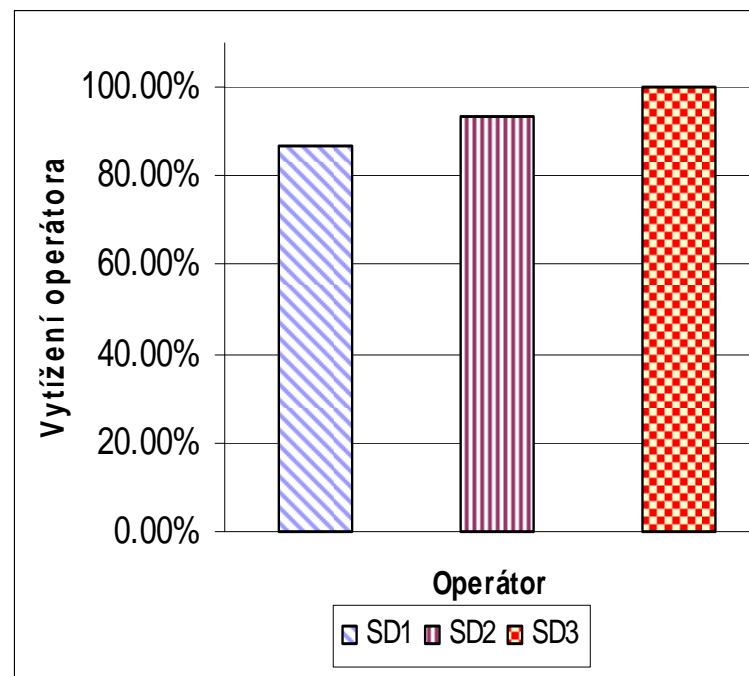
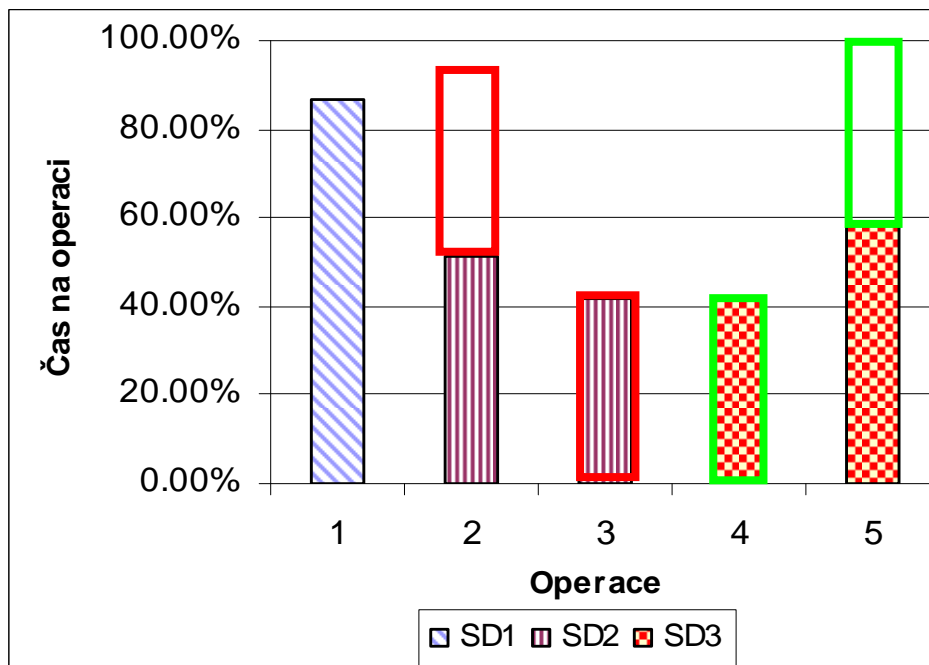
Analytický přístup

umožňuje navrhnout rozvržení pracovníků dle počtu operátorů samostatně pro každý typ výrobku

Witness Optimizer

„rychlý“ návrh rozvržení pracovníků dle počtu operátorů pro jednotlivé varianty a také pro různé výrobní mixy

Yamazumi Board



Witness Optimizer

Rozmístění pracovníků alternativy – výrobní MIX

pro výrobní mix 85/10/5

time 1000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	nship
LB1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	48
LB2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	101
LB3	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	149
LB4	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	202
LB5	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	231
LB6	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	258
LB7	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	281
LB8	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	311
LB9	1	2	2	3	3	4	5	6	7	7	8	9	335
LB10	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	353
LB11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	359
LB12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	365

pro výrobní mix 50/30/20

time 1000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	nship
LB1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	54
LB2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	80
LB3	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	117
LB4	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	152
LB4	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	152
LB5	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	199
LB6	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	212
LB7	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	7	7	241
LB8	1	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	8	255
LB9	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9	263
LB10	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	278
LB11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	279
LB12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	279

Pokles produktivity pro 12 pracovníků o cca 23,5%

Alternativní strategie rozvrhování pracovníků

- Samostatná pracoviště
- One piece flow - Caravans
- Bucket brigades

Stabilizace mixu

- Samostatné procesy
- Dávková výroba
- Výroba v sekvencích

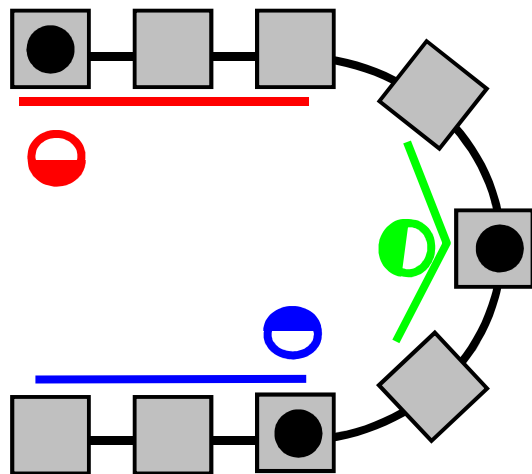
Alternativní Strategie rozvrhování práce

- *Tok jednoho kusu - karavana*

One piece flow – Caravans

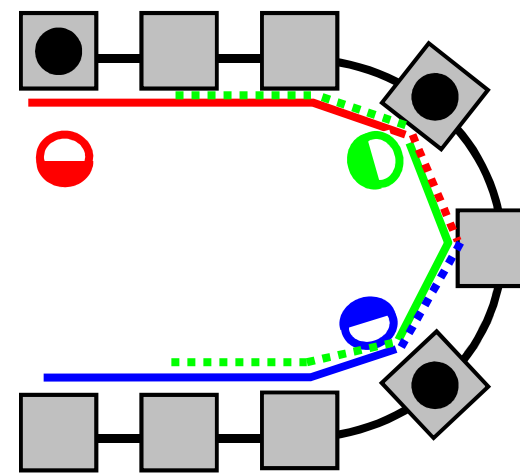
- *Hašení požáru*

Buckets Brigades

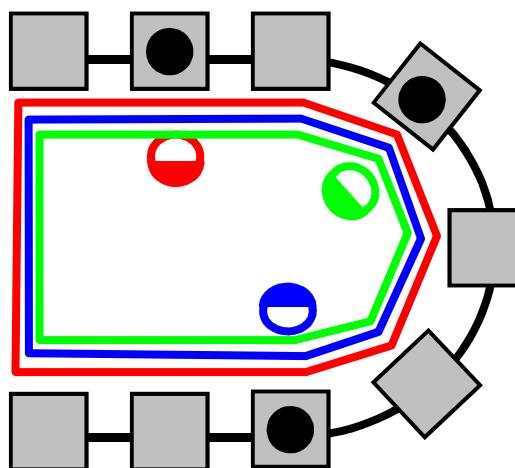


Line balancing

**One piece flow
- Caravans**



Buckets Brigades

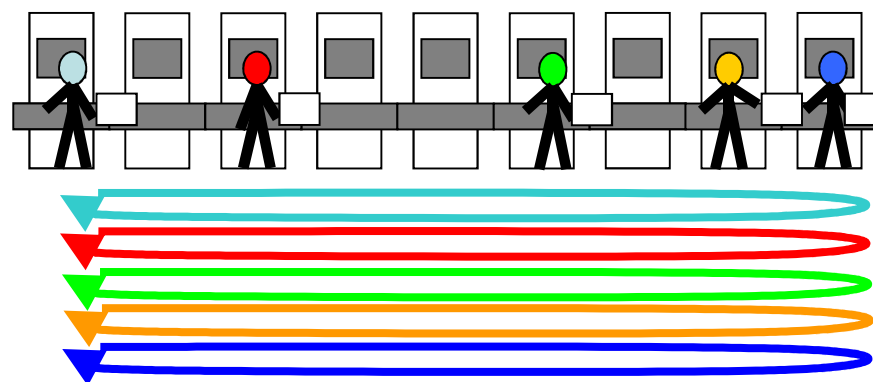
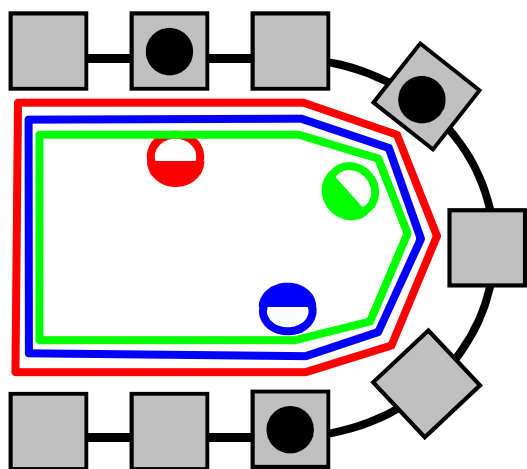


One piece flow - Caravans

*Tok jednoho kusu
- karavana*

Každý pracovník musí zvládnout celý proces

Základní předpoklad - stejný výkon všech členů
výrobního týmu = stejná zapracovanost operátorů

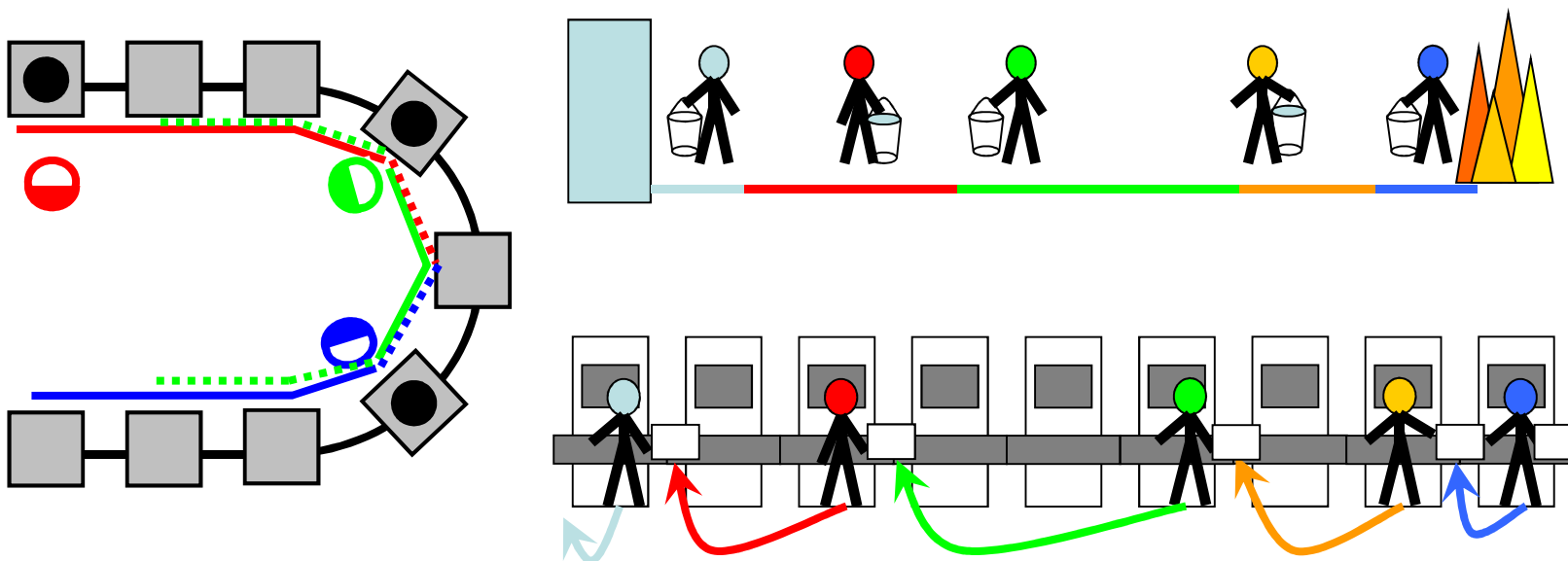


Bucket Brigades

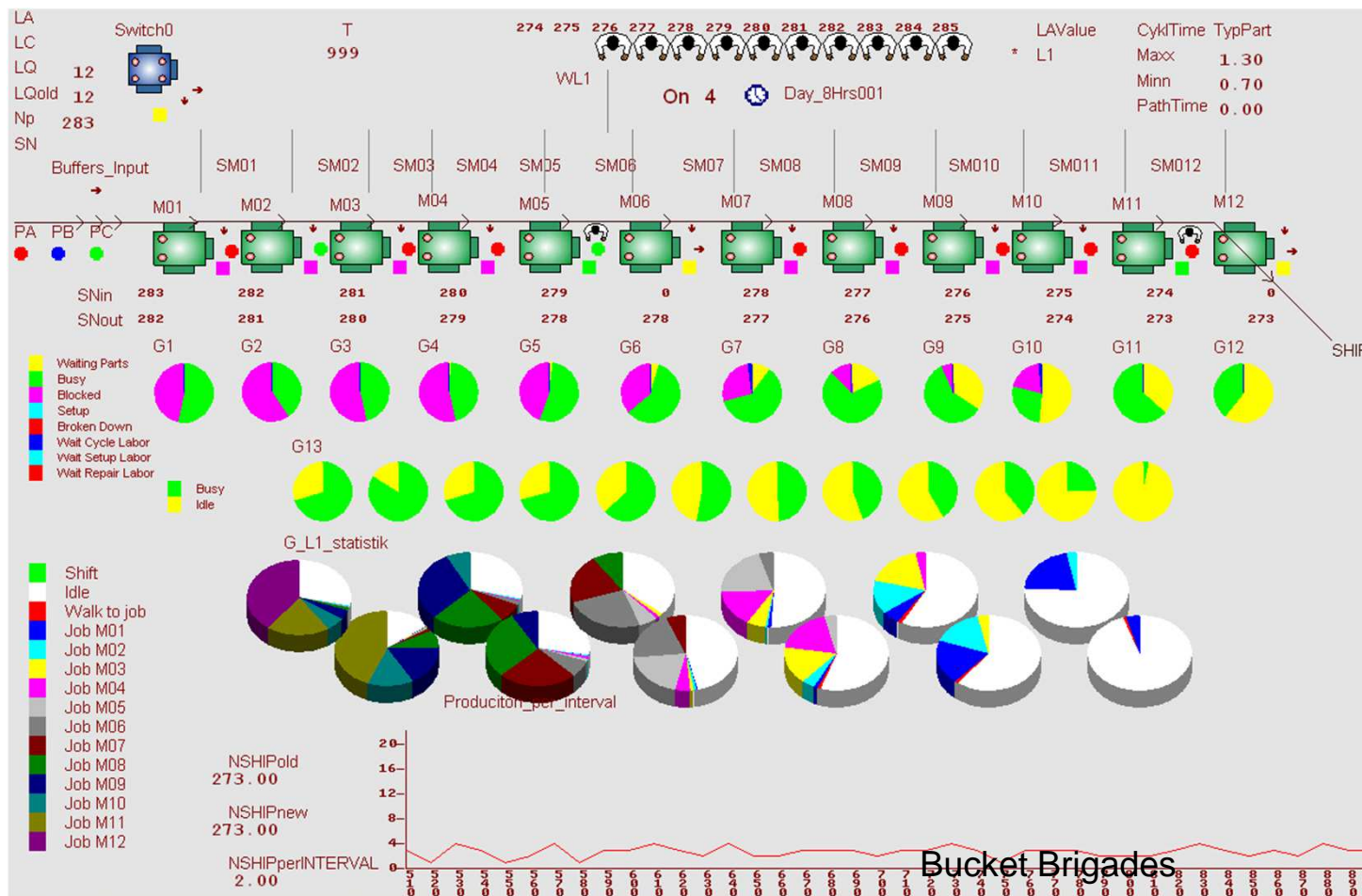
Hašení požáru

Hašení požáru – dynamické dělení výrobních úkonu ve výrobním procesu

Základní předpoklad – vzestupná zapracovanost operátorů

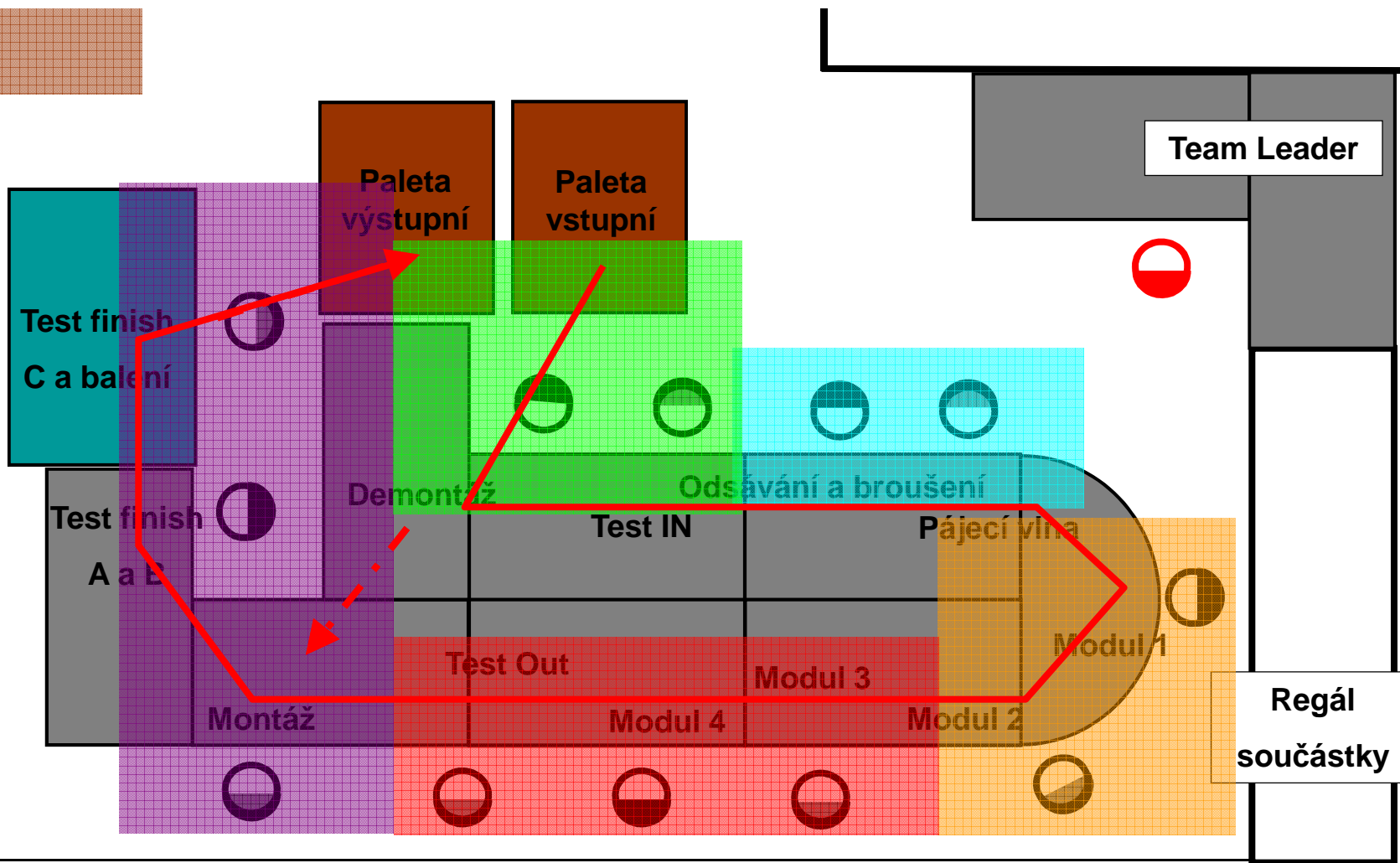


Model v prostředí Witness

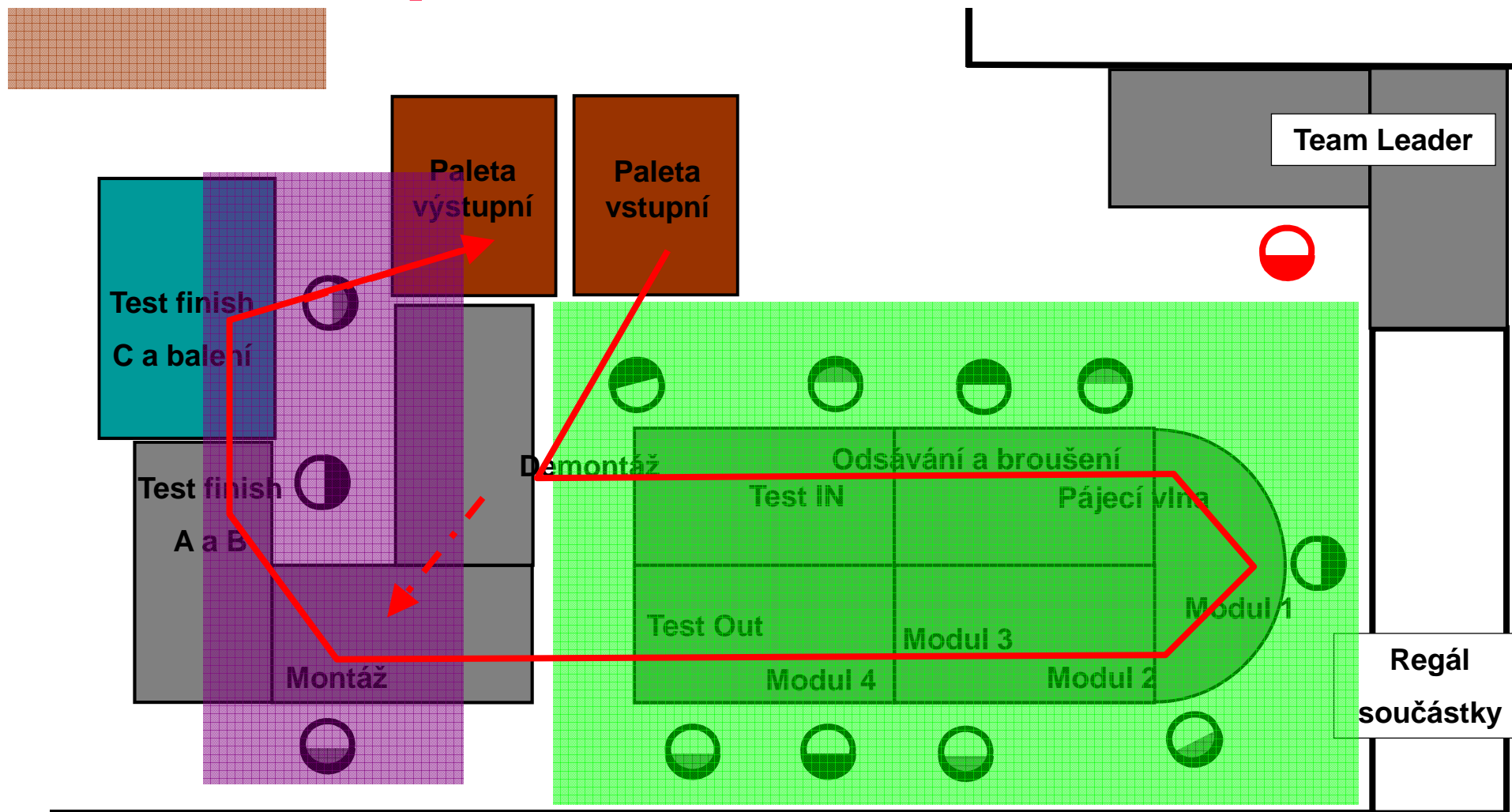




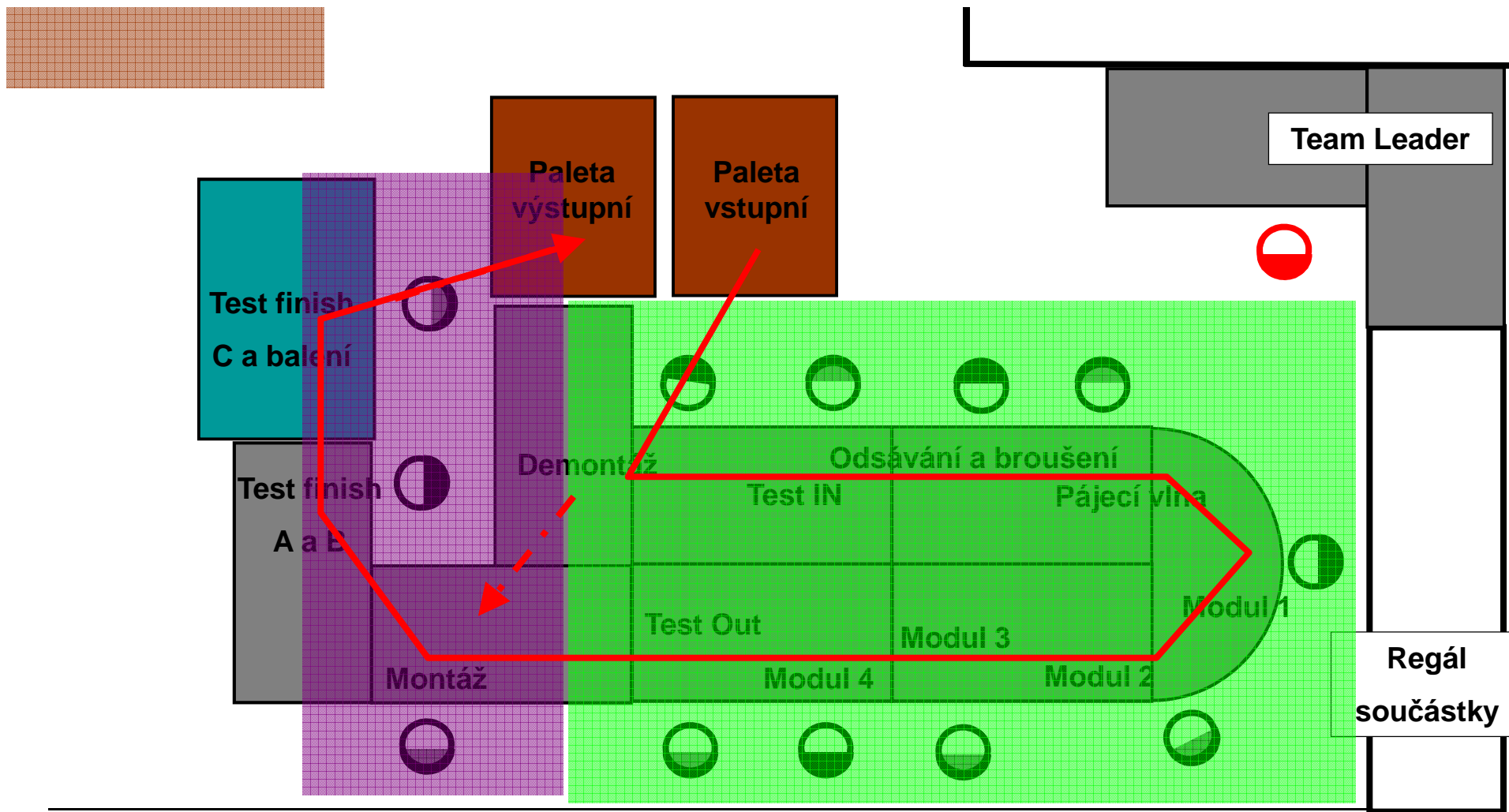
Scheduling diagrams



One piece flow - Caravnas



Bucket Brigades



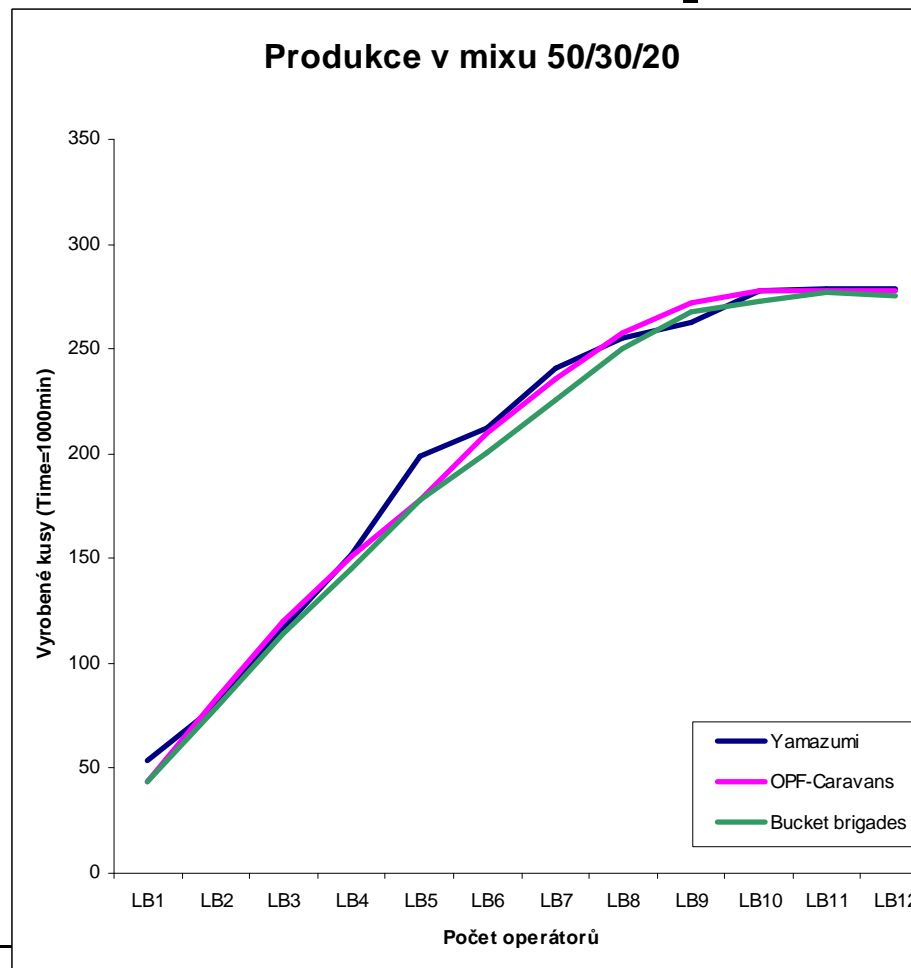
1. experiment – lidský faktor

1. krok základní model (bez stochastiky)
2. krok faktor ruční práce (stochastika cyklových časů - TRIANGLE distribution ($0.8 \cdot CT, CT, 1.2 \cdot CT$))
3. krok faktor skill operátora (zapracovanost operátora)

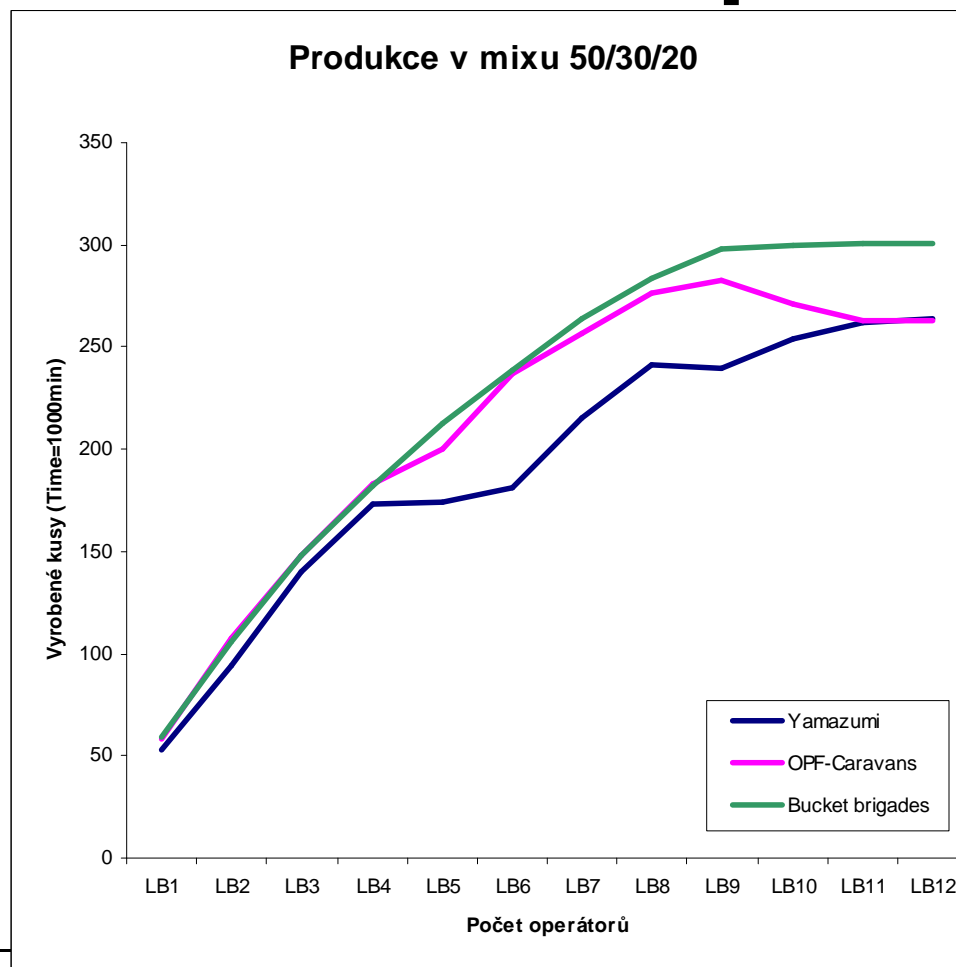
Labor	Number of operations											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%
2	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%	130%
3	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%
4	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%
5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
8	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
9	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
10	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%

Matrice zapracovanosti operátorů

Srovnání strategií bez zohlednění zapracovanosti operátora



Srovnání strategií se zohledněním zapracovanosti operátora



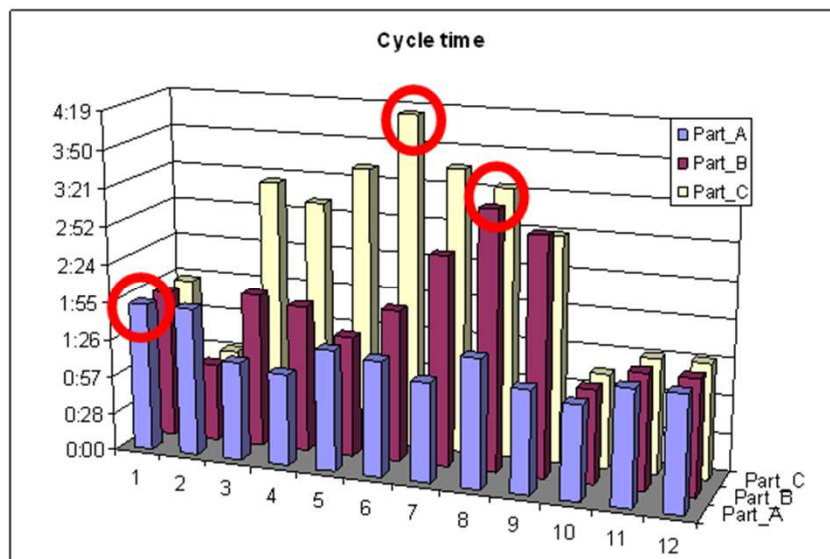
2. experiment - výrobní MIX

1. zjištění základní hodnoty Make span pro velké výrobní dávky A 250ks, B 150ks, C 100ks
2. Make span pro JIS dle pořadí zákazníka (Procentuální rozdělení A50%,B30%,C20%)
3. Make span pro krátké sekvence podle typů výrobku A 25ks, B 15 ks, C 10 ks

Make span = je čas pro dokončení všech zakázek
(celkem 500ks ve složení A50%,B30%,C20 %)

Výsledek 2. experimentu

Operation	Part_A	Part_B	Part_C
1	1:53	1:53	1:53
2	1:52	0:59	0:59
3	1:15	1:58	3:16
4	1:10	1:52	3:03
5	1:32	1:32	3:32
6	1:28	1:56	4:15
7	1:16	2:41	3:37
8	1:38	3:18	3:26
9	1:19	3:02	2:53
10	1:12	1:12	1:12
11	1:18	1:18	1:18
12	1:28	1:28	1:28



Make span pro 500ks (250A, 150B, 100C)		
Strategie OPF-Caravans s 10 operátory		
Procentuální MIX 50%,30%,20%	2075min	120,2%
Dlouhá výrobní dávka 250/150/100	1727min	100,0%
Krátké sekvence 25/15/10	1730min	100,1%

Shrnutí výsledků uvedených experimentů

- Při požadavku na OPF se s ohledem na svoji stabilitu vzhledem k různé výkonnosti pracovníků jako vhodné jeví využití strategie BB.
- Rovněž se ukazuje, že v tomto případě již malé sekvence mohou výrazně navýšit produktivitu oproti výrobě striktně dle zákaznických požadavků.

Tradiční přístup k řešení



Relativně jednoduché a rychlé řešení



Při výrobovém mixu a tzv. putujícím úzkém místě může být:

- příliš zjednodušující
- obtížné stanovení min. velikosti a optimální sekvence výrobních dávek

Zpravidla se nepřihlíží k různé zapracovanosti pracovníků

Simulační přístup k řešení



Lze přihlédnout k dynamice a stochastičnosti procesu, např.:

- kolísání výkonu pracovníků během dne
- různá zapracovanost pracovníků

Je možné prověřit vliv putujícího úzkého místa při výrobním mixu, experimentovat s různou velikostí sekvence, ověřit chování procesu při různém počtu pracovníků, apod.



Náročné na tvorbu modelu

Časová náročnost experimentování

Doplňující literatura

VAVRUŠKA, J.: Analysis of an appropriate strategy for scheduling a team-work by computer simulation / Analýza vhodné strategie rozvrhování rýmové práce pomocí počítačové simulace. ACC Journal. Vědecká pojednání/Wissenschaftliche Abhandlungen/Práce naukowe - Akademické koordinační středisko v Euroregionu Nisa. r. XIV, 2008. ISSN 1801-1128

VAVRUŠKA, J.: Workers scheduling Strategie modeling. In: 3. ročník mezinárodní konference „Výrobní systémy dnes a zítra 2008“. Sborník anotací příspěvků, Liberec 27. - 28. 11. 2008. Liberec: TU v Liberci - KVS, 2008. ISBN 978-80-7372-416-0

VAVRUŠKA, J.: Analyze of Assembly Line with „Moving“ Constrained Localities. In: Recenzovaný sborník abstraktů z Mezinárodní Baťovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2009. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2009. ISBN 978-80-7318-811-5

VAVRUŠKA, J. MANLIG, F. KOBLASA, F.: One piece flow – Caravans, deeper recognition. In: International doctoral seminar, Smolenica květen 2009, v tisku

Děkuji za pozornost



Tato přednáška byla inovována v rámci projektu EduCom
CZ.1.07/2.2.00/15.0089

EduCom - Inovace studijních programů s ohledem na
požadavky a potřeby průmyslové praxe zavedením inovativního
vzdělávacího systému "Výukový podnik"