



Plánování kapacit a zdrojů ve výrobních procesech Best Practice Guide

Judita Buchlovská–Nagyová, Václav Svatoň, Tomáš Martinovič



VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA

IT4INNOVATIONS
NATIONAL SUPERCOMPUTING
CENTER

Contents

Úvod	3
Teorie omezení	3
Obchodně-provozní plánování	10
Plánování zdrojů	16

Úvod

Tento dokument se zaměřuje na tři oblasti – optimalizaci procesů pomocí teorie omezení, obchodně–provozní plánování, a podrobnější rozvinutí problematiky plánování zdrojů.

Teorie omezení

Omezení je jakýkoliv faktor omezující výkon a výstupy systému. Teorie omezení je systematický přístup. Který se zaměřuje na aktivní řízení omezení, která brání firmě dosahovat její cíle. Zaměřuje se na umožnění rychlého a efektivního proudění materiálu přes systém.

Klíčové principy teorie omezení jsou následující:

1. nalezení omezení (úzká místa, bottlenecky) systému
2. plné využití úzkých míst (maximalizace propustnosti)
3. podřízení všech prvků efektivnímu využití úzkých míst (tj. místa, které nejsou bottlenecky, by měly být řízeny tak, aby podporovaly úzké místo a nevytvářely více zdrojů, než může úzké místo zvládnout)
4. zvýšení kapacity úzkých míst
5. opakovaná kontrola systému pro případ nově vzniklých úzkých míst.

Úzké místo se nejlépe pozná podle jeho vytížení. Pokud se na jednom místě vyrábí víc než jeden produkt, je obvykle zapotřebí počítat s časem potřebným k přestavení pracovní stanice, co může vést ke zvýšení vytížení. Tyhle dobry přestavování jsou neproduktivním časem pro pracovníky a stroje, které je potřeba minimalizovat.

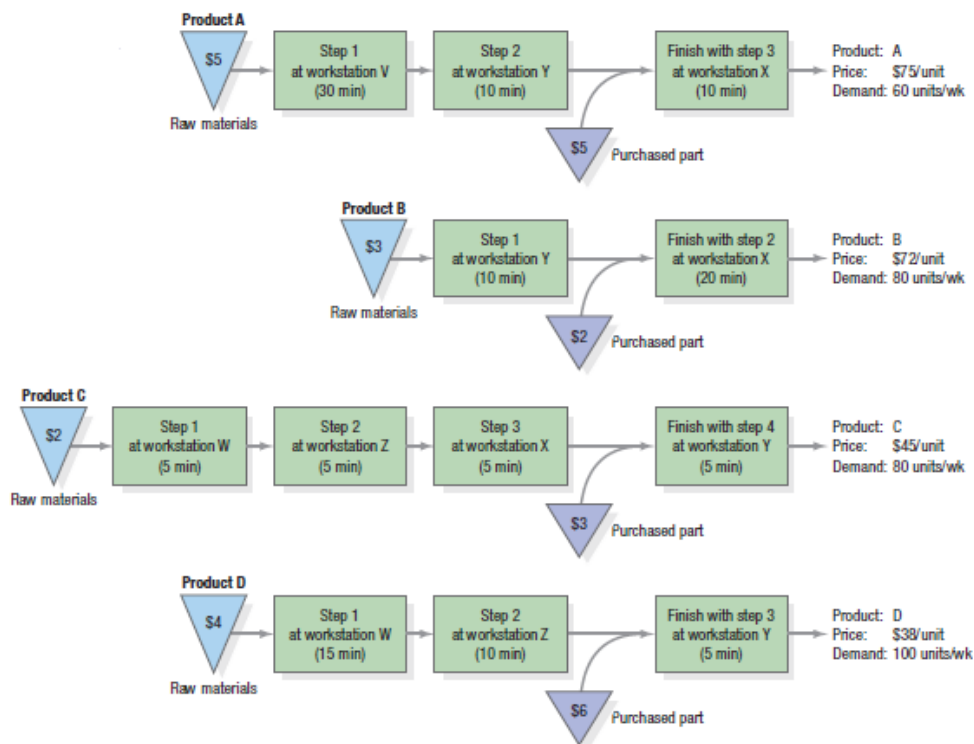
U procesech vyžadujících dlouhou dobu přípravy je často úzkým místem operace s nejdelším časem potřebným ke zpracování jednotky. Variabilní vytížení vede ke tvorbě proměnlivých úzkých míst. V praxi můžeme najít úzká místa identifikací hromadícího se materiálu čekajícího na zpracování.

Práce s úzkými místy zahrnuje:

- udržování systému ve stavu, kdy může úzké místo neustále pracovat
- minimalizaci prostojů v úzkých místech, které mohou být způsobeny zdržením jinde v systému
- pokud dochází ke změnám a přestavování úzkého místa, množství vyrobených jednotek před následující změnou by měl být větší, než množství zpracování v méně kritických místech systému

Příklad: Nalezení úzkého místa v dávkové výrobě

Firma vyrábí 4 druhy produktů (A, B, C a D), které jsou vyráběny a sestavovány v 5 různých



pracovních stanicích (V, W, X, Y a Z) po malých dávkách. V každé stanici pracuje jeden pracovník jednu směnu. Čas přestavování mezi jednotlivými dávkami můžeme zanedbat. Graf znázorňuje cestu každého výrobku přes výrobu.

Určíme, která stanice má nejvyšší využití, a je tedy úzkým místem systému.

Řešení:

V jednom týdnu máme k dispozici 2400 minut. Vypočteme souhrnné využití každé stanice.

Vytížení stanice jedním produktem získáme jako násobek doby zpracování produktu ve stanici a počtu výrobků zpracovaných za týden.

Workstation	Load from Product A	Load from Product B	Load from Product C	Load from Product D	Total Load (min)
V	$60 \times 30 = 1800$	0	0	0	1,800
W	0	0	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 15 = 1,500$	1,900
X	$60 \times 10 = 600$	$80 \times 20 = 1,600$	$80 \times 5 = 400$	0	2,600
Y	$60 \times 10 = 600$	$80 \times 10 = 800$	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 5 = 500$	2,300
Z	0	0	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 10 = 1,000$	1,400

Stanice X je úzkým místem, protože má nejvyšší vytížení, které navíc přesahuje maximální dostupnou týdenní kapacitu 2400 minut.

Pro identifikaci úzkých míst potřebujeme znát:

- celkový čas k dispozici pro produkci
- standardní dobu výroby jednoho produktu
- plán výroby

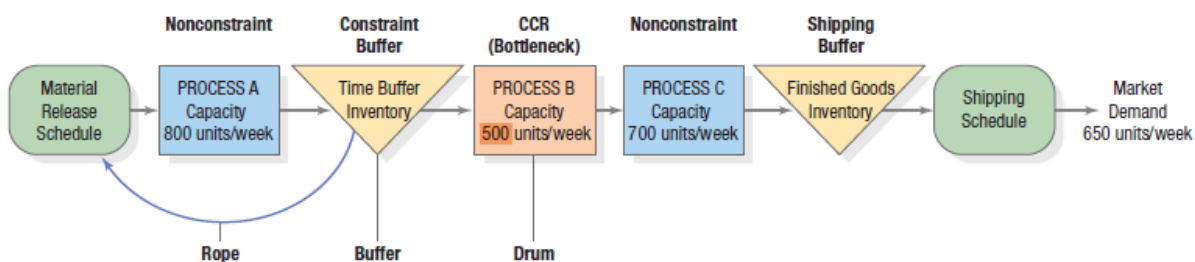
Drum-buffer-rope

Drum-buffer-rope je plánovací a řídicí systém založený na teorii omezení, který se často používá k plánování a rozvrhování výroby. Funguje na principu regulace toku materiálu v procesu na úzkém místě nebo kapacitně omezených zdrojích.

Drum (buben) je úzké místo, které určuje celkovou rychlost výrobního systému.

Buffer (zásobník) je zásobovací zdroj pro toto úzké místo a zabezpečuje, aby v úzkém místě nikdy nedošel vstupní materiál.

Rope (lano) je signál nebo informační vazba z bufferu na začátek celého procesu, která předává na začátek informaci o potřebě doplnění materiálů nebo zahájení zpracování dalšího dílu.



Na obrázku vidíme, že úzkým místem systému je proces B, s kapacitou jenom 500 zpracovaných jednotek za týden. Cílem je uspokojit poptávku 650 jednotek za týden. Zásobník ve formě materiálů přicházejících do systému dřív, než je potřeba, je umístěn před úzké místo (proces B). Další zásobník ve formě hotových výrobků je umístěn před expedici, pro zabezpečení objednávek. Lano spojuje plán uvolňování materiálu do systému tak, aby odpovídal množství, které dokáže úzké místo zpracovat.

Balancování linky

Balancování linky je přidělování práce pracovním stanicím na lince pro dosažení požadovaných výstupů s co nejmenším počtem pracovních stanic. Zavádí nový přístup k úzkým místům – vytváření pracovních stanic s co možná nejrovnoměrněji vyváženou pracovní zátěží. Využití kapacity na úzkém místě teda není o moc vyšší než u ostatních pracovních stanic na lince.

Balancování linky je možné zavést pro montážní práce, nebo pro práce, které lze rozdělit mnoha způsoby na menší jednotky práce. Cílem je vytvořit úkol pro každou pracovní stanici na lince.

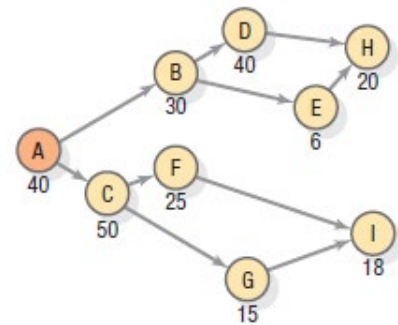
Postup balancování linky je následující:

1. Rozdělit práci na co nejmenší možné jednotky, které lze vykonávat samostatně
2. Určit standardní čas pro vykonání každé jednotky práce
3. Identifikovat prvky, které jsou tzv. bezprostřední předchůdci, tj. je potřeba je provést před zahájením práce na další jednotce

Pro vizualizaci vztahu předchůdce–následník se může zhotovit diagram priorit. Jednotky práce

jsou označeny kroužky, pod každým je uveden čas potřebný k provedení práce, šipky označují pořadí vykonávaných prací.

Work Element	Description	Time (sec)	Immediate Predecessor(s)
A	Bolt leg frame to hopper	40	None
B	Insert impeller shaft	30	A
C	Attach axle	50	A
D	Attach agitator	40	B
E	Attach drive wheel	6	B
F	Attach free wheel	25	C
G	Mount lower post	15	C
H	Attach controls	20	D, E
I	Mount nameplate	18	F, G
		Total 244	



U balancování linek zavedeme následující pojmy.

Požadovaná rychlost výroby je počet jednotek vyrobených za dané časové období. Přizpůsobuje výstupy výrobnímu plánu. Např. pokud je v plánu vyrobit 4800 jednotek za týden a linka je v provozu 80 hodin týdně, požadovaná rychlost výroby je 60 jednotek za hodinu.

Cyklový čas je maximální možný čas strávený prací na jedné jednotce v každé pracovní stanici. Vzorec pro výpočet je

$$c = \frac{1}{r}$$

kde r je požadovaná rychlost výroby. Pokud je například požadovaná rychlost linky 60 jednotek za hodinu, doba cyklu je $c = \frac{1}{60}$ hodiny na jednotku, tj. 1 minuta.

Teoretické minimum je benchmark nebo cíl pro co nejmenší možný počet stanic. Počet je

$$TM = \frac{\sum t}{c}$$

kde $\sum t$ je součet standardních výrobních časů a c je cyklový čas. Pokud je součet časů prvků prací 15 minut a doba cyklu je 1 minuta, $TM = \frac{15}{1}$ a tedy 15 stanic.

Doba nečinnosti je celková neproduktivní doba pro všechny stanice při práci na každé jednotce.

$$DN = nc - \sum t$$

N je počet pracovních stanic.

Efektivita je poměr produktivního času k celkovému času, v procentech.

$$E = \frac{\sum t}{nc} \cdot 100$$

Při pevně daném cyklovém čase c , minimalizací počtu stanic n optimalizujeme dobu nečinnosti a efektivitu.

Příklad: Balancování linky

Závod je v provozu 40 hodin týdně. Cíl je stanovený na výrobě 2400 jednotek za týden. Celkový čas potřebný k sestavení jedné jednotky je 244 sekund.

Vypočteme cyklový čas, teoretické minimum a efektivitu.

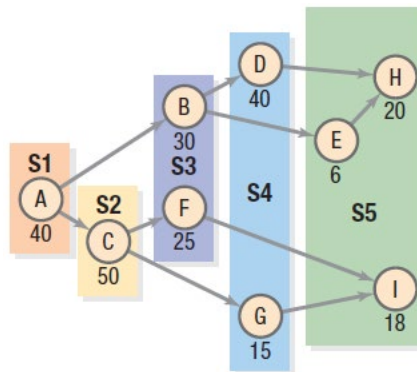
Řešení:

Rýchlost výroby je $r = 2400/40 = 60$ jednotek za hodinu.

Cyklový čas je $c = 1/60$ hodin na jednotku, tedy 60 sekund na jednotku.

Teoretické minimum je $TM = 244/60 \approx 4.067$, tedy 5 stanic.

Efektivita je $E = \frac{244}{5 \cdot 60} \cdot 100 = 81,3\%$



Teoretické minimum je 5 pracovních stanic. Všechny požadavky na předchůdce a cyklový čas jsou splněny. Pracovníci na všech stanicích musí provádět práci ve správném pořadí. Řešení s 5 pracovními stanicemi je optimální, i když efektivita je jenom 81.3 %. Jedno z možných řešení je zvážení provozování linky kratší dobu, než je 40 hodin za týden, a tím upravit cyklový čas.

Pravidla heuristického rozhodování o přiřazení práce pracovní stanicí

Stanice se vytvářejí postupně po jednom. Pro stanici, kterou vytváříme, musíme identifikovat prvky práce, které ještě nejsou přiděleny do žádné stanice. Prvek je vhodným kandidátem, pokud:

- všichni jeho přímí předchůdci už jsou naplánováni, a to buď ve vytvářené stanici, nebo ve stanici, která už naplánována je
- přidáním do stanice se vytížení nezvýší nad cyklový čas.

Rozhodovací kritéria:

- prvek, který trvá nejdéle – snaha primárně rozdělit nejtěžší úkoly
- prvek trvající nejkratší dobu – na začátku roztřídíme nejkratší úkoly

- prvek, který je následován nejvíce prvky – toto pravidlo se snaží zachovat flexibilitu pro vytvoření posledních pracovních stanic
- prvek, po kterém následuje nejméně prvků

Pro balancování linek potřebujeme znát:

- rozdělení práce na jednotlivé prvky
 - standardní čas každého prvku práce
 - vztahy předchůdce–následník
 - celkový čas k dispozici
 - plán výroby
-

Obchodně-provozní plánování

Obchodně-provozní plánování je proces vyvážení nabídky a poptávky. Probíhá na několika úrovních, od sloučených plánu po krátkodobé rozvrhování a plánování směn. Rozlišují se následující druhy plánů.

Plán prodeje a provozu (sales and operations plan – S&OP) je plán agregovaných zdrojů, který zajišťuje, že nabídka souhlasí s poptávkou. Uvádí výrobní rychlost celé společnosti nebo jednotlivých oddělení, počet zaměstnanců, a skladové zásoby, které odpovídají prognózám poptávky a kapacitním omezením. S&OP je promítnutý do několika časových období. Může mít dvě podoby:

- Výrobní plán – S&OP pro výrobní společnost, který se soustředí na plánování výroby a skladové zásoby
- Personální plán – S&OP pro firmu poskytující služby, který se soustředí na plánování směn a dalších plánů týkajících se lidských zdrojů

Plán zdrojů poskytuje detailnější plán materiálů a jiných zdrojů, než je uvedeno v S&OP, je to mezistupeň mezi S&OP a rozvrhem.

Rozvrh je podrobný plán, který rozvrhuje zdroje v kratších časových intervalech, sloužící ke splnění konkrétních úkolů.

Úrovně v obchodně-provozním plánování jsou:

1. *Plánování prodeje a provozu*

Tady probíhá agregace přes 3 dimenze – seskupování produktů nebo služeb, pracovní síly, nebo časového období. Informační vstupy se ze všech oddělení, zejména z provozu, distribuce a marketingu, účetnictví a financí, lidských zdrojů, a technologií. Zhotoví se podnikatelský plán, nebo roční / finanční plán.

2. *Plánování zdrojů*

Plán zdrojů poskytuje termíny dodávky materiálů, komponent, produktů, a ostatních zdrojů, jako jsou pracovníci, prostory, atd.

3. *Rozvrhování*

Ve zpracování rozvrhu se převede plán zdrojů do specifických provozních úkolů. Vypracuje se rozvrh směn.

Následující příklad ukazuje obchodně-provozní plán pro jednu produktovou řadu. Historie od ledna do března ukazuje, jak ve skutečnosti odpovídá prodej prognózám, a výroba plánům. Plán je na 18 měsíců. Prvních 6 měsíců je rozepsaných detailně po sloupcích. Následujících 6 měsíců

je sloučených do dvou sloupců, čímž vznikne čtvrtletní plán. Posledních 6 měsíců je sloučených v jednom sloupci. Tahle produktová řada má sezónní poptávku, proto se tady využívají předběžné zásoby, vyráběné od ledna do dubna. Dovolené se plánují na listopad až prosinec, kdy už není vysoká poptávka. V hlavní sezóně od června do srpna se využívají přesčasy.

Artic Air Company—April Sales and Operations Plan

Family: Medium window units (make-to-stock)

Unit of measure: 100 units

SALES	HISTORY			A*	M	J	J	A	S	3rd 3 Mos**	4th 3 Mos	Mos 13-18	Fiscal Year Projection (\$000)	Business Plan (\$000)
	J	F	M											
New forecast	45	55	60	70	85	95	130	110	70	150	176	275	\$8,700	\$8,560
Actual sales	52	40	63											
Diff for month	7	-15	3											
Cum		-8	-5											
OPERATIONS														
New Plan	75	75	75	75	75	85	85	85	75	177	225			
Actual	75	78	76											
Diff for month	0	3	1											
Cum		3	4											
INVENTORY														
Plan	85	105	120	125	115	105	60	35	40	198	321			
Actual	92	130	143											

DEMAND ISSUES AND ASSUMPTIONS

1. New product design to be launched in January of next year.

SUPPLY ISSUES

1. Vacations primarily in November and December.
2. Overtime in June–August.

Uvedený obchodně–provozní plán neuvádí možnosti zdrojů a náklady s nimi spojené. Ty jsou detailně uvedené v plánu výrobní firmy v následující tabulce.

	1	2	3	4	5	6	Total
Inputs							
Forecasted demand	24	142	220	180	136	168	870
Workforce level	120	158	158	158	158	158	910
Undertime	6	0	0	0	0	0	6
Overtime	0	0	0	0	0	0	0
Vacation time	20	6	0	0	4	10	40
Subcontracting time	0	0	0	0	0	6	6
Backorders	0	0	0	4	0	0	4
Derived							
Utilized time	94	152	158	158	154	148	864
Inventory	70	80	18	0	14	0	182
Hires	0	38	0	0	0	0	38
Layoffs	0	0	0	0	0	0	0
Calculated							
Utilized time cost	\$376,000	\$608,000	\$632,000	\$632,000	\$616,000	\$592,000	\$3,456,000
Undertime cost	\$24,000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$24,000
Overtime cost	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Vacation time cost	\$80,000	\$24,000	\$0	\$0	\$16,000	\$40,000	\$160,000
Inventory cost	\$2,800	\$3,200	\$720	\$0	\$560	\$0	\$7,280
Backorders cost	\$0	\$0	\$0	\$4,000	\$0	\$0	\$4,000
Hiring cost	\$0	\$91,200	\$0	\$0	\$0	\$0	\$91,200
Layoff cost	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Subcontracting cost	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$43,200	\$43,200
Total cost	\$482,800	726,400	632,720	636,000	632,560	675,200	\$3,785,680

Rozvrhování zaměstnanců a pracovišť

Tato část obchodně–provozního plánování určuje, kdy bude který zaměstnanec pracovat. Jako s možnými omezeními musíme počítat se zohledňováním zdrojů, individuálních požadavků a právních aspektů. Plán směn může být pevný nebo rotující.

Příklad: Vypracování rozvrhu směn s dvěma po sobě jdoucími dny volna

Postup:

1. Z plánu požadavků na celý týden vybereme dva po sobě jdoucí dny, které mají dohromady nejnižší požadavky (v případě více možností se vybere dvojice podle preferencí zaměstnance, nebo upřednostnit víkendy).
2. Zaměstnanci přidělíme tyto dva dny volna a ve všech ostatních dnech odečteme splněný požadavek z plánu požadavků.
3. Opakujeme kroky 1–2, až kým nemáme pokryté všechny požadavky nebo mají všichni zaměstnanci naplánovanou směnu.

Úvodní kroky jsou shrnuty v následující tabulce.

SCHEDULING DAYS OFF

M	T	W	Th	F	S	Su	Employee	Comments
6	4	8	9	10	3	2	1	The S–Su pair has the lowest total requirements. Assign Employee 1 to a Monday through Friday schedule and update the requirements.
5	3	7	8	9	3	2	2	The S–Su pair has the lowest total requirements. Assign Employee 2 to a Monday through Friday schedule and update the requirements.
4	2	6	7	8	3	2	3	The S–Su pair has the lowest total requirements. Assign Employee 3 to a Monday through Friday schedule and update the requirements.
3	1	5	6	7	3	2	4	The M–T pair has the lowest total requirements. Assign Employee 4 to a Wednesday through Sunday schedule and update the requirements.

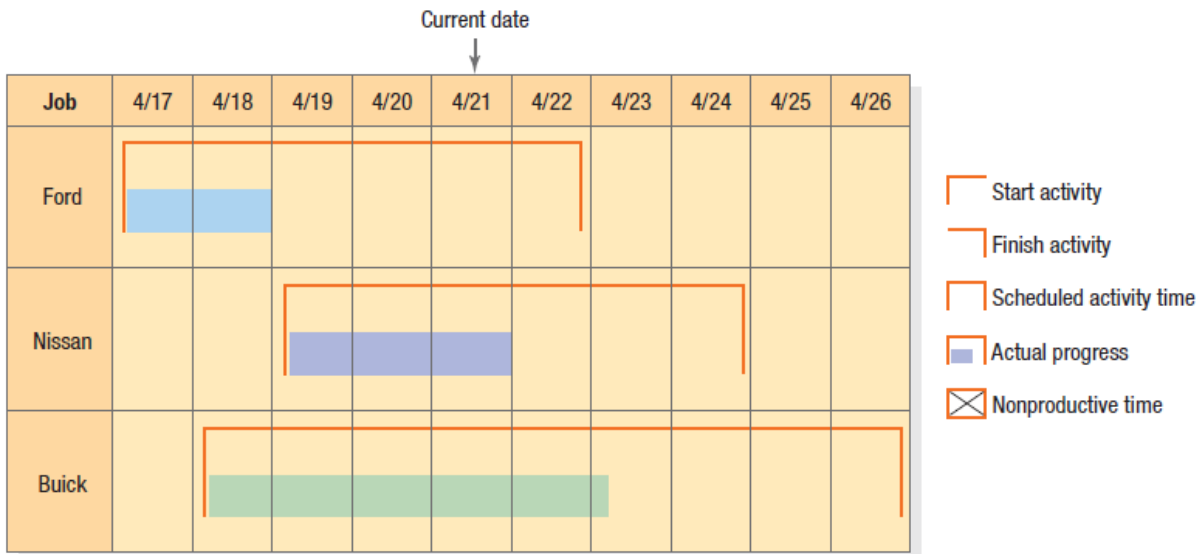
Výsledný rozvrh by mohl vypadat následovně.

FINAL SCHEDULE

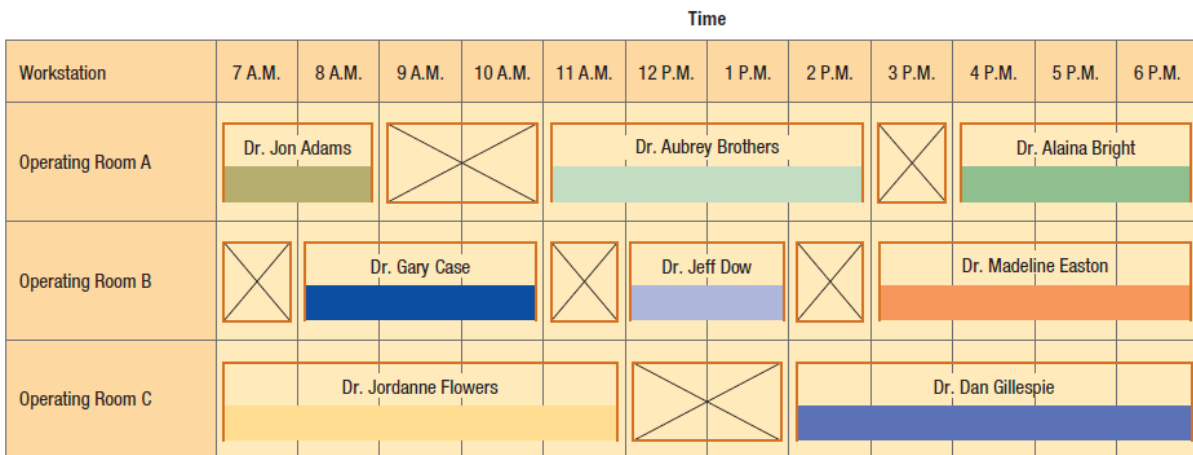
Employee	M	T	W	Th	F	S	Su	Total
1	X	X	X	X	X	off	off	
2	X	X	X	X	X	off	off	
3	X	X	X	X	X	off	off	
4	off	off	X	X	X	X	X	
5	X	X	X	X	X	off	off	
6	off	off	X	X	X	X	X	
7	X	X	X	X	X	off	off	
8	X	X	X	X	X	off	off	
9	off	X	X	X	X	X	off	
10	X	X	X	X	X	off	off	
Capacity, C	7	8	10	10	10	3	2	50
Requirements, R	6	4	8	9	10	3	2	42
Slack, C – R	1	4	2	1	0	0	0	8

Tento problém má více řešení. Cílem je minimalizovat rozdíl mezi požadavky na zaměstnance a počet naplánovaných zaměstnanců (slack).

Grafickým výstupem rozvrhu zaměstnanců a pracovišť může být *Ganttův diagram*.



Na vodorovné osy je znázorněno trvání projektu rozdělené do stejných časových úseků, na svislé osy jednotlivé činnosti nebo projekty. Příklad využití Ganttova diagramu pro rozvrh zaměstnanců a pracovišť by mohl vypadat následovně.



Pro rozvrhování směn a pracovišť potřebujeme znát:

- Požadavky na počet zaměstnanců na den
- Seznam zaměstnanců

Pořadí úkolů na pracovištích

Dalším aspektem rozvrhování je přiřazování úkolů pracovištím. Prioritu můžeme určit podle následujících pravidel:

- FCFS (First – come, first–served)
První se zpracuje úkol, který přišel první do systému
- EDD (Earliest due date)
První se zpracuje úkol, který má nejbližší termín uzávěrky

- SPT (Shortest processing time)
První se zpracuje úkol, který má nejkratší dobu zpracování

Podle pravidla, které zvolíme, můžeme upravovat:

- dobu zpracování – čas, který úkol stráví v systému
- dobu po termínu – čas mezi termínem uzávěrky a termínem, kdy se úkol skutečně dodělá.

Příklad: Použití prioritních pravidel k úpravě doby zpracování a doby po termínu

Úkoly čekající na zpracování, jejich doba strávena v systému, doba zpracování, a termín je uvedený v tabulce:

Customer	Time Since Order Arrived (days ago)	Processing Time (days)	Due Date (days from now)
A	15	25	29
B	12	16	27
C	5	14	68
D	10	10	48
E	0	12	80

Pro pravidlo FCFS, pořadí úkolů bude A, B, D, C a E.

Průměrná doba zpracování bude činit 60,2 dny a průměrná doba po termínu 3,4 dne.

Pro pravidlo SPT, pořadí úkolů bude D, E, C, B a A.

Průměrná doba zpracování se zkrátí na 47,8 dne, ale průměrná doba po termínu se prodlouží na 14,6 dne.

Pro stanovení pořadí úkolů v systému potřebujeme znát:

- Čas příchodu úkolu do systému
- Dobu potřebnou ke zpracování úkolu
- Termín uzávěrky úkolu

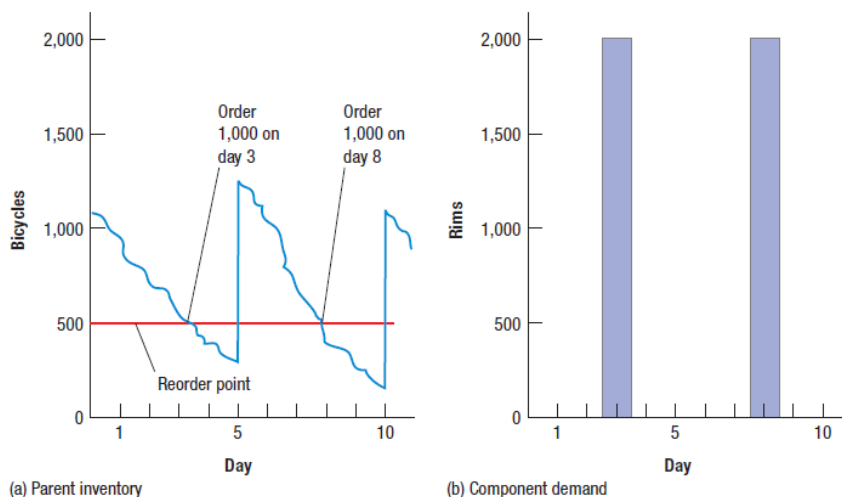
Plánování zdrojů

Pro výrobní firmy, plánování zahrnuje sledování velkého množství podsestav, komponent, materiálů a kapacit pro zajištění zdrojů potřebných k včasné výrobě hotových produktů. Prvním konceptem je *plánování potřeby materiálu* (materiál requirements planning, MRP). Tento informační systém byl vyvinutý pro řízení závislé poptávky a plánování doplňování zásob. Jeho klíčové vstupy jsou:

- hlavní plán výroby
- kusovník
- evidence inventáře.

MRP identifikuje činnosti, které musí plánovači provést, aby se dodržely plány, např. rozeslání nových zakázek, úprava množství objednávek, upřednostnění objednávek po termínu. Systém převádí hlavní plán výroby a další možné zdroje poptávky, jako je nezávislá poptávka a poptávka po náhradních dílech, na požadavky na podsestavy, komponenty a suroviny potřebné k výrobě hotových položek.

Závislá poptávka je poptávka po položce, které množství se mění v závislosti na plánech výroby jiných položek z nabídky firmy. Příkladem může být výrobce jízdních kol – poptávka po finálním produktu, jízdním kole, je nezávislá poptávka, protože závisí jen na podmínkách trhu. Poptávka po součástkách jízdního kola má závislou poptávku, protože jejich množství závisí na plánech výroby jízdních kol. Závislá poptávka se vyznačuje kolísavou poptávkou, komponenty jsou objednávány nebo vyráběny sporadicky (např. když jejich množství klesne pod určitou mez) a ve velkých množstvích.



Hlavní plán výroby

Hlavní plán výroby (master production schedule, MPS) obsahuje podrobnosti o tom, kolik konečných položek bude vyrobeno během stanovených časových období. Výrobní množství musí být v průběhu času efektivně alokováno. Načasování a velikost množství v hlavním plánu výroby mohou určovat kapacitní omezení a úzká místa (např. kapacita stroje nebo pracovní síly,

skladovací prostor nebo provozní kapitál).

Následující obrázek ukazuje hlavní plán výroby produktové řady židlí.

	April				May			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Dining-room chair	150					150		
Kitchen chair				120			120	
Desk chair		200	200		200			200
Sales and operations plan for chair family	670				670			

Postup vypracování hlavního plánu výroby:

1. Vypočteme plánované zásoby, tj. odhad inventáře po tom, co byla poptávka uspokojena
2. Určíme načasování začátku výroby a množství vyrobených produktů. První nové množství by mělo být naplánováno na týden, kdy plánované zásoby ukazují nedostatek.

V následující tabulce vidíme příklad vypracování hlavního plánu výroby pro jídelní židle po dobu následujících 8 týdnů. Výrobní množství je 150 jednotek. Pokud plánovač neposkytne dané množství, nastane v druhém týdnu nedostatek 13 židlí. Poslední řádek indikuje časové období, ve kterém musí výroba nové várky začít, aby byly produkty připraveny včas.

Item: Dining-room chair		Order Policy: 150 units Lead Time: 1 week							
Quantity on Hand: 55	April				May				
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Forecast	30	30	30	30	35	35	35	35	
Customer orders (booked)	38	27	24	8					
Projected on-hand inventory	17	137	107	77	42	7	122	87	
MPS quantity		150					150		
MPS start	150					150			

Explanation:
The time needed to assemble 150 chairs is 1 week. The assembly department must start assembling chairs in week 1 to have them ready by week 2.

Explanation:
On-hand inventory balance = $17 + 150 - 30 = 137$. The MPS quantity is needed to avoid a shortage of $30 - 17 = 13$ chairs in week 2.

Do této tabulky může přibýt nový řádek, ve kterém najdeme záznam o množství výrobků, které lze v daném časovém období nabízet. *Co lze slíbit* (available-to-promise, ATP inventory) je množství produktu, které lze zákazníkovi slíbit v daném termínu. Slouží jako ukazatel pro pracovníky prodeje. V příkladu vidíme, že je možné zákazníkovi slíbit 17 položek v týdnu 1, 91 položek přes týdny 2 až 6, a 150 dalších položek v týdnu 7 nebo 8.

Item: Dining-room chair					Order Policy: 150 units Lead Time: 1 week			
Quantity on Hand:	April				May			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Forecast	30	30	30	30	35	35	35	35
Customer orders (booked)	38	27	24	8				
Projected on-hand inventory	17	137	107	77	42	7	122	87
MPS quantity		150					150	
MPS start	150					150		
Available-to-promise (ATP) inventory	17	91					150	

Explanation:
The total of customer orders booked until the next MPS receipt is 38 units. The ATP = 55 (on-hand) + 0 (MPS quantity) – 38 = 17.

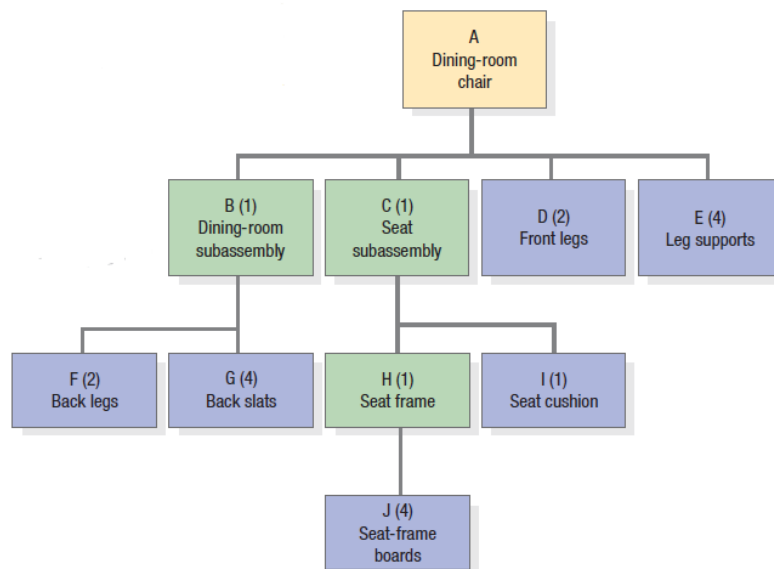
Explanation:
The total of customer orders booked until the next MPS receipt is 27 + 24 + 8 = 59 units. The ATP = 150 (MPS quantity) – 59 = 91 units.

K sestavení hlavního plánu výroby potřebujeme znát:

- Obchodně–provozní plán (plán množství koncových výrobků pro určité časové období)
- Plánovaná poptávka
- Doba zpracování výrobků
- Dodací lhůty

Plánování potřeby materiálu

Plánování potřeby materiálu se odvíjí od kusovníku. *Kusovník* je záznam všech součástek a podsestav výsledného produktu, vztahů mezi součástkami, a jejich použitím množství.



Další aspektem jsou *záznamy o zásobách* (inventory records), ve kterých jsou evidovány množství, dodací lhůty, data jsou časově rozfázovaná. V záznamu najdeme následující informace.

- celková poptávka odvozena od plánů produkce všech konečných produktů a včetně nezapočtené poptávky, např. náhradních dílů (gross requirements)
- otevřené objednávky, které byly zadány ale nebyly dokončeny (scheduled receipts)
- odhad inventáře dostupného každý týden, po tom co se uspokojila celková poptávka (projected on-hand inventory)
- plánované objednávky, které ještě nebyly odeslány obchodníkům a dodavatelům (planned receipts)
- plánované uvolnění objednávky označuje, kdy má být vydána objednávka na určité množství položky (planned order releases)

V tabulce vidíme příklad záznamu o podsestavě sedátka na židly.

Item: C Description: Seat subassembly		Week							
		Lead Time: 2 weeks							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Gross requirements		150			120		150	120	
Scheduled receipts		230							
Projected on-hand inventory	37	117	117	117	227	227	77	187	187
Planned receipts				230				230	
Planned order releases			230			230			

Explanation:
Without a planned receipt in week 4, a shortage of 3 units will occur: $117 - 120 = -3$ units. Adding the planned receipt brings the balance to $117 + 230 - 120 = 227$ units. Offsetting for a 2-week lead time puts the corresponding planned order release back to week 2.

Explanation:
The first planned receipt lasts until week 7, when projected inventory would drop to $77 - 120 = -43$ units. Adding the second planned receipt brings the balance to $77 + 230 - 120 = 187$ units. The corresponding planned order release is for week 5 (or week 7 minus 2 weeks).

Dodací lhůty jsou odhady času mezi zadáním objednávky a dodáním položky. U zakoupeného zboží je to čas pro přijetí zásilky od dodavatele po odeslání objednávky, včetně běžné doby pro zadání objednávky. U položek vyrobených interně to může být průměr skutečných dodacích lhůt pro nedávné objednávky nebo vypočítané z doby nastavení a zpracování, manipulace s materiálem mezi operacemi a čekací doby.

Velikosti objednávky určují množství a načasování objednávky. Podle množství a načasování je můžeme rozdělit následujícím způsobem.

- Pevná velikost objednávky (fixed order quantity, FOQ) – udržuje stejné množství v každé objednávce.
- Periodická velikost objednávky (periodic order quantity, POQ) – dovoluje měnit množství v objednávkách, ale objednávky probíhají v pevně daných časových intervalech.
- Lot for lot (L4L) – speciální případ POQ, kde objednané množství pokryje poptávku na jeden týden ($P = 1$), cílem je minimalizovat zásoby.

Všechny strategie mají své výhody i nevýhody. Pevně dané velikosti objednávek generují vysoké

množství zásoby, protože vytvářejí zbytky. Zbytek je zásoba přenesená do dalšího týdne. Zbytky se vyskytují, protože velikosti objednávek neodpovídají požadavkům dostatečně přesně. Periodické velikosti objednávek snižují stavy dostupných zásob, protože se mohou víc přiblížit opravdovým požadavkům na materiál. Pravidlo L4L minimalizuje investice do zásob, ale také zvyšuje počet zadaných objednávek. Toto pravidlo se nejvíce vztahuje na drahé položky nebo položky s malými náklady na objednávku. Tím, že se vyhneme vytváření zbytků, může jak periodické, tak pravidlo L4L způsobit nestabilitu systému tím, že rozdíl mezi velikostmi objednávek a reálných požadavků je velmi malý. Pokud se změní jakýkoliv požadavek, musí se změnit i velikost objednávky, co může narušit plánování. Navýšení objednávek výsledných výrobků na poslední chvíli nebude možné kvůli chybějícím součástkám.

Výstupy z plánování potřeby materiálu jsou v první řadě požadavky na materiál. MRP převádí hlavní plán výroby a další zdroje poptávky na požadavky potřebné pro všechny podsestavy, komponenty a suroviny, které firma potřebuje k výrobě mateřských položek – tento proces generuje plán materiálových požadavků pro každou komponentu. Dále může systém generovat automatické připomínky, které upozorní plánovače na uvolnění nových objednávek a úpravu termínu splatnosti otevřených objednávek. Dalším výstupem mohou být reporty požadavků na zdroje. Plánování zdrojů kapacity (CRP) oznamuje časově rozdělené požadavky na kapacitu pracovišť, jejich účelem je sladit plán materiálových požadavků s kapacitou klíčových procesů. Dalšími reporty mohou být výstupy jako prioritizace objednávek a poskytování informací v MRP systému do ostatních oddělení.

K plánování potřeby materiálu potřebujeme znát:

- Celkovou poptávku
- Otevřené a plánované objednávky
- Odhady zásob
- Dobu zpracování výrobků
- Dodací lhůty



MINISTRY OF EDUCATION,
YOUTH AND SPORTS

This project has received funding from the European High-Performance Computing Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 951732. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Germany, Bulgaria, Austria, Croatia, Cyprus, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Lithuania, Latvia, Poland, Portugal, Romania, Slovenia, Spain, Sweden, the United Kingdom, France, the Netherlands, Belgium, Luxembourg, Slovakia, Norway, Switzerland, Turkey, the Republic of North Macedonia, Iceland, and Montenegro. This project has received funding from the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic (ID:MC2101).