

## 7. Systémy řízení zásob

**Cílem** této kapitoly je vysvětlit odlišnost dvou základních systémů řízení zásob, které vycházejí buď ze závislé nebo nezávislé poptávky. V další části kapitoly se soustředíme na řízení zásob při nezávislé poptávce, která je běžná v obchodním podnikání. Zde existují opět dvě základní metody. Pozornost bude věnována metodě časově rozvrženého objednávacího okamžiku, která má 4 základní varianty, označované jako BQ, BS, SQ, sS.

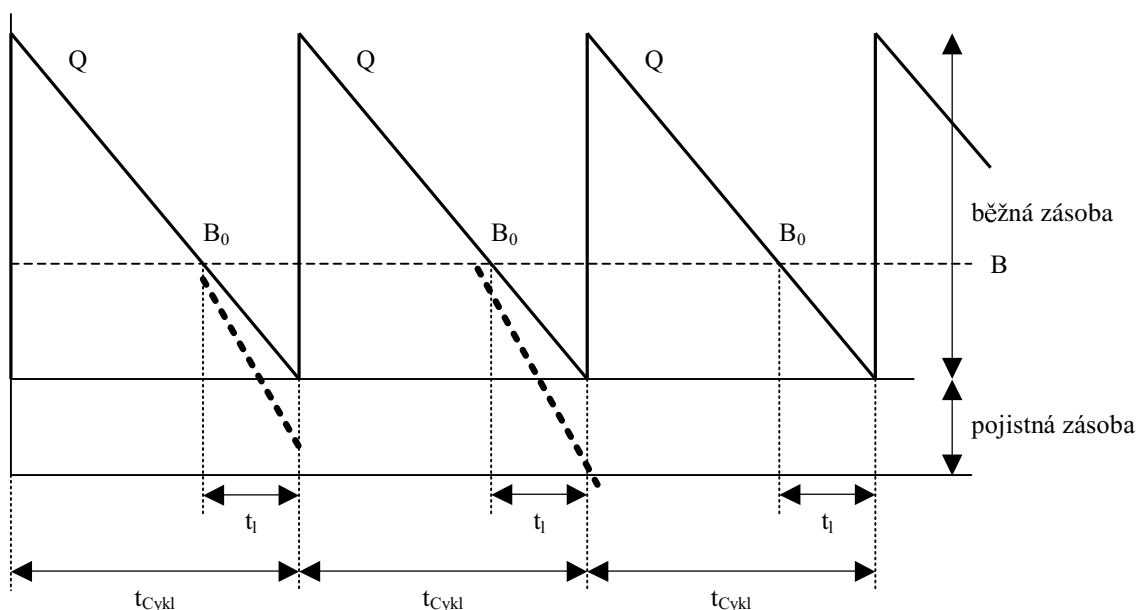
**Klíčová slova:** řízení zásob, závislá a nezávislá poptávka, objednávací systémy, systém dvou zásobníků

### 7.1. VÝCHOZÍ PŘEDPOKLADY

Sledujeme-li průběžně stavy zásob určitého zboží, vidíme, že v důsledku prodeje se tyto zásoby postupně snižují. Průběh tohoto snižování budeme v dalších úvahách považovat pro zjednodušení za rovnoměrný. Jakmile se sníží zásoba na nulu, měla by být opět doplněna. Toto doplňování se provádí v určitých dávkách, protože je to vhodnější z hlediska objednávání, manipulace s materiálem i z hlediska možností získání určitých slev při větších objednávkách. Velikost této dávky se označuje „ $Q$ “. Protože však vyřízení objednávky trvá určitou dobu  $t_l$  (dodací lhůta), musí být objednávka podána dříve než zásoba klesne na nulu, a to právě o dobu  $t_l$ .

Výšší zásoby, při jejímž dosažení nebo podkročení je nutné provést objednávku, nazýváme „objednávací úroveň - (b)“. Protože však může dojít oproti našim předpokladům k jistému prodloužení dodací lhůty nebo ke zvýšení poptávky během ní (viz tečkovaně), nemohli bychom v takovém případě zákazníka ihned uspokojit. Z toho důvodu se vytváří ještě tzv. „pojistná zásoba - ( $Z_{poj}$ )“, která by měla pomoci vykrýt tyto odchylky (pojistná zásoba bude rozebrána v samostatné kapitole).

Obr. 7.1. Dodací (dodávkový) cyklus ( $t_{cykl}$ ) - (doba, která uplyne mezi dvěma dodávkami).



Systémy řízení zásob se zabývají stanovením těchto hlavních ukazatelů:

- Predikování očekávané budoucí poptávky (D),
- Výpočtem optimální velikosti objednací dávky (Q),
- Stanovením objednací úrovně (B),
- Stanovením pojistné zásoby ( $Z_{poj}$ ).

## 7.2. ZÁVISLÁ A NEZÁVISLÁ POPTÁVKA

### 7.21. Nezavislá poptávka

Tato poptávka vzniká libovolně a nemá vztah k poptávce po jiných druzích výrobků. Je to například poptávka zákazníků po zboží v obchodním domě. Výše této poptávky může být pouze predikována a nelze ji stanovit se 100% jistotou. Nazývá se také poptávka stochastická.

### 7.22. Závislá poptávka

Jde o takovou poptávku, kterou je možné odvodit z poptávky po jiném zboží (položce). Je to například poptávka montážní dílny, která požaduje od skladu určité druhy součástí a jejich konkrétní množství, aby mohla sestavit plánovaný počet konečných výrobků. Tento druh potřeby lze vypočítat a naplánovat pomocí kusovníku (viz metoda MRP-1).

Jestliže v oblasti nezávislé poptávky je nutné udržovat pojistnou zásobu na vyrovnání rozdílů mezi předpokládanou a skutečnou spotřebou, u závislé poptávky můžeme pojistnou zásobu zmenšit, případně ji zcela vynechat (princip Just - in - time).

## 7.3. HLAVNÍ SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB

Z následující tabulky je zřejmé, že systémy řízení zásob lze rozdělit dle druhu poptávky do dvou hlavních skupin

Tab. 7.1. Systémy řízení zásob

	<b>Nezávislá poptávka</b>	<b>Závislá poptávka</b>
Zjišťování údajů pro stanovení objednávky	Prognóza, predikce	Výpočet
Údaje pouze o množství	Statistická metoda stanovení velikosti dávky (př. dle Campova vzorce, výpočet EOQ)	Metoda plánování potřeby dávek (jednoduché matematické metody pro počet dávek za rok)
Údaje o množství a času	Metoda časově rozvrženého objednacího okamžiku (stanovení objednací hladiny - viz následující objednací systémy	Technika plánování potřeby materiálu mrp-1 (bere v úvahu počty a velikost dávek i jejich časovou potřebu).

## 7.31. Systémy řízení zásob pro nezávislou poptávku

### 7.31.1. Statistická metoda stanovení velikosti dávky

Je to běžně používaná metoda řízení zásob pro uspokojování nezávislé poptávky. Z údajů za minulé období se například vypočte pomocí Campova vzorce, jakou dávku by bylo vhodné objednat, aby objednávací a skladovací náklady byly minimální. S touto dávkou dále uvažujeme, ale nevíme přesně okamžiky, kdy zboží objednat.

### 7.31.2. Metoda časově rozvrženého objednávacího okamžiku

Podle této metody se k prvkům, jako je velikost dávky, pojistná zásoba aj., které byly vypočteny konvenčními způsoby, doplňuje ještě další veličina, čas. Počítá se, v kterém termínu budou muset být podány objednávky, aby se zabezpečila očekávaná potřeba a vychází se z postupného průběhu prodeje, který většinou kolísá.

## 7.32. Systémy řízení zásob pro závislou poptávku

### 7.32.1. Metoda plánování potřeby dávek

Metodu lze použít ve výrobních (montážních) podnicích. Pro všechny konečné výrobky se sestaví montážní program. Pak se pomocí kusovníku vypočte potřeba všech součástek a případně se stanoví velikost těchto dávek (dávka může být dána například kapacitou pece aj.).

Tyto dávky potřebných součástek či dílů musí být pochopitelně k dispozici dříve než konečné výrobky. Časový předstih se však v tomto systému nepočítá. Praktický význam to má tehdy, jsou-li průběžné doby výroby krátké nebo když se dají stanovit jinými postupy, které však nejsou součástí tohoto systému.

### 7.32.2. Technika plánování potřeby materiálu MRP-1

Je určena pro výpočet závislé poptávky v množství i čase. Používá se ve výrobních podnicích. Výpočet vychází ze stanoveného výrobního plánu, z kusovníku, z údajů o existujících i dosud nevyřízených objednávkách aj. Systém plánování je zaměřen takovým způsobem, aby byl konečný výrobek hotov v okamžiku, kdy ho požaduje zákazník.

V další části budou rozebírány metody pro stanovení časově rozvrženého objednávacího okamžiku, které jsou v tabulce 7.1. silně zarámovány.

## 7.4. OBJEDNACÍ SYSTÉMY

U nezávislé poptávky rozeznáváme 4 základní objednávací systémy podle toho, zda plánujeme pevné nebo proměnné objednávací množství (velikost dávky  $Q$ ) v kombinaci s objednávkami v pevných nebo proměnných okamžicích (tj. pevných, stálých, nebo volných objednávacích termínech). Tyto systémy jsou uvedeny v tabulce 7.2.

Tab. 7.2: Základní objednáací systémy

	Pevné objednáací množství Q	Proměnné objednáací množství, doplňované do výše „S“
Objednávání v proměnných okamžicích (testuje se „B“)	<b>Systém B,Q:</b> Proměnný okamžik objednávky, pevné objednáací množství „Q“	<b>Systém B,S:</b> Proměnný okamžik objednávky, objednávání do cílové úrovně „S“
Objednávání v pevných okamžicích (testuje se „s“)	<b>Systém S,Q:</b> Pevný okamžik objednávky, pevné objednáací množství	<b>Systém s,S:</b> Pevný okamžik objednávky, doplňování do cílové úrovně „S“

### 7.41. Systém B,Q

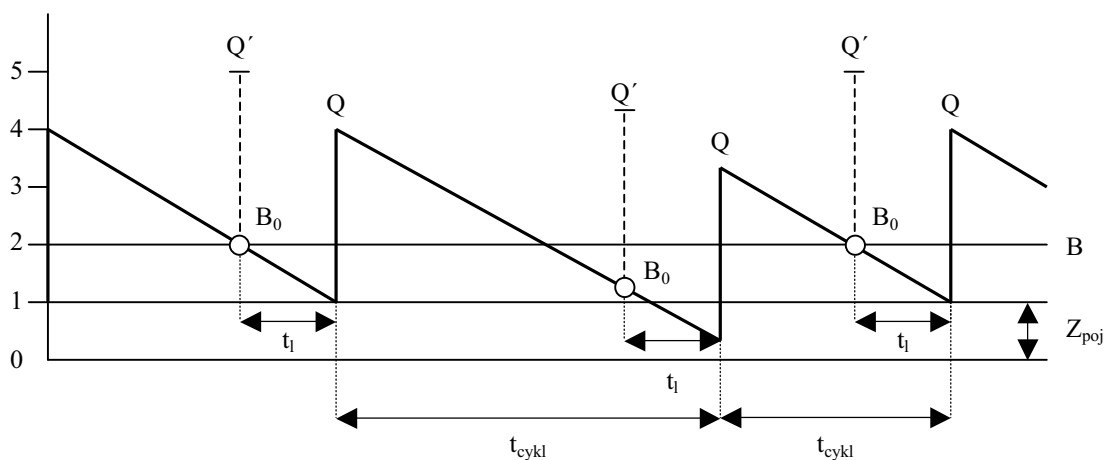
V tomto systému se používá objednáací úroveň „B“ a pevné objednáací množství „Q“. Objednávka se podává v tom okamžiku, kdy se zásoba sníží na objednáací úroveň „B“ nebo těsně pod ní (záleží na velikosti posledního odběru). Stav zásoby se s úrovní „B“ porovnává při každém výdeji položky.

Ke stanovení výše pevného objednáacího množství „Q“ se používá většinou Campův vzorec. Veličiny „B“ a „Q“ jsou známy předem. „B“ se stanoví následovně:

$$B = (d \times t_L) + Z_p$$

Použití tohoto systému je vhodné tehdy, když se jedná o pravidelný odběr a položky mají velkou odbytovou hodnotu. Je totiž nutné průběžně sledovat výši zásob a doobjednat ihned při dosažení objednáací úrovně „B“.

Obr. 7.2: Systém BQ (může dojít k občasnému podkročení objednáací úrovně v důsledku většího posledního odběru, rovnoměrná spotřeba).



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

## 7.42. Systém B,S

Je to podobný systém jako B,Q. Rozdíl je v tom, že se neobjednává pevné množství „Q“, ale vždy se doobjednává do cílové úrovně „S“. Cílová úroveň „S“ se vypočte následovně:

$$S = B + Q$$

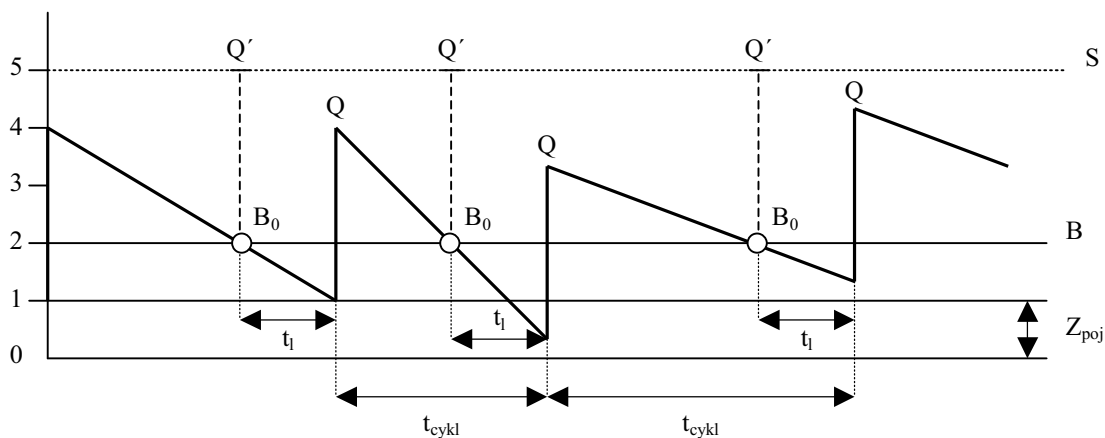
Přičemž „B“ se počítá stejně, jako v systému B,Q.

Tento systém má použití pro následující podmínky:

- položky mají velkou odbytovou hodnotu;
- Odběr je většinou nepravidelný;
- Doba spotřeby Q je několikrát delší než objednací interval.

V systému se objednávají různá množství tehdy, když poslední prodej před novou objednávkou podkročil objednací úroveň B.

Obr. 7.3: Systém BS (objednací úroveň B, nerovnoměrná spotřeba )



S = úroveň, do jejíž výše se objednává, Q' = objednané množství, Q = dodané množství,  $t_l$  = dodací doba,  $t_{cykl}$  = doba cyklu,  $B_0$  = bod objednávky,  $Z_{poj}$  = zásoba pojistná.

## 7.43. Systém s,Q

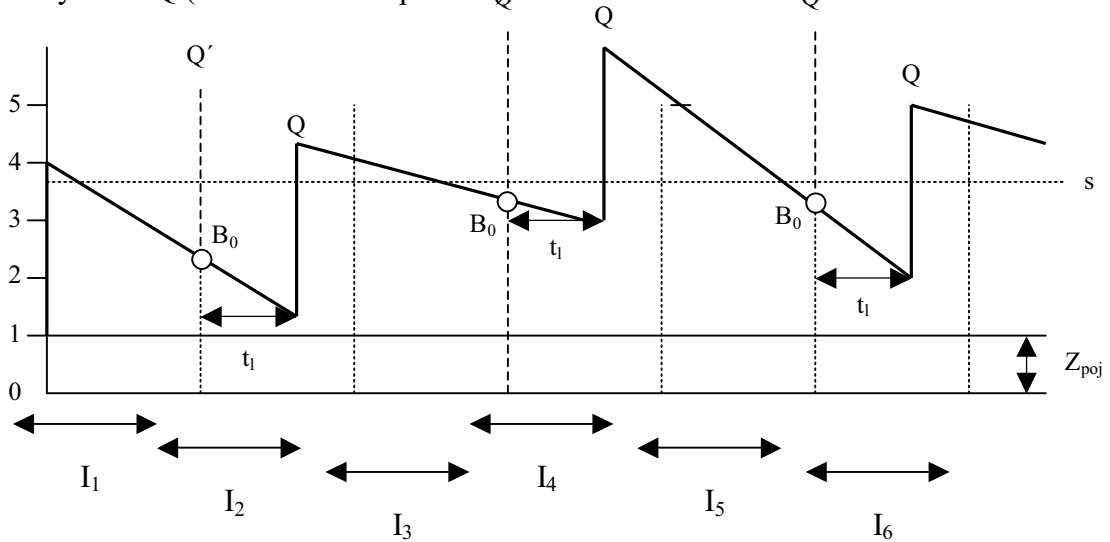
Systém je charakterizován pevným okamžikem objednávání (například každý první den v měsíci nebo každé pondělí), pevným objednacím množstvím „Q“ a objednacím úrovní „s“.

Jestliže u b-systémů se doobjednává ihned po dosažení nebo podkročení objednací úrovně „B“, u s-systémů se porovnává rozdíl mezi výší zásoby a objednacím úrovní „s“ pouze ve zvolených periodických obdobích po periodické kontrole stavu zásob. Objednává se to zboží, jehož zásoba klesla na úroveň „s“ nebo pod ni. Pro stanovení výše „s“ se doporučuje tento hrubý výpočet:

$$s = (t_L + 0,7 \times I) \times d + Z_p$$

- Kde:  $d$  = průměrná spotřeba za časovou jednotku (zpravidla 1 den)  
 $t_l$  = dodací lhůta (v čase)  
 $Z_{poj}$  = výše pojistné zásoby  
 $I$  = délka intervalu při kontrolách stavu zásob (v čase)

Obr. 7.4: Systém sQ (nerovnoměrná spotřeba)

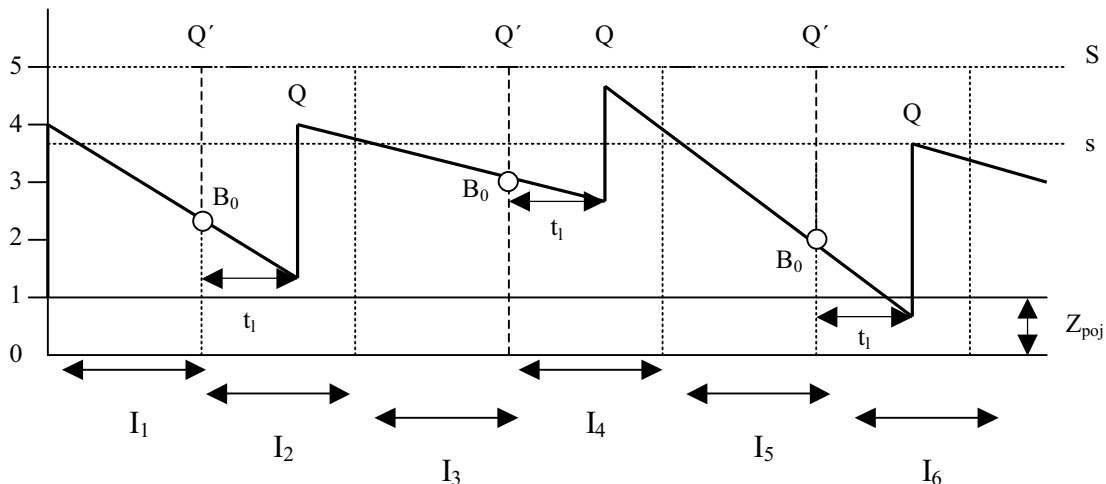


Kolmé přerušované čáry vyznačují opět pravidelná období kontroly zásob. Objednat jen tehdy, když v daném kontrolním období je stav zásoby pod úroveň "s" ( $I_1, I_3, I_5$ ) objednat stálá množství.  $Z_{poj}$  = pojistná zásoba,  $Q'$  = objednané množství,  $Q$  = dodané množství.

## 7.44. Systém s,S

Je to rovněž periodický systém doplňování zásob, ale s proměnným objednacím množstvím. Do cílové úrovně „S“ se objednávají pouze ty položky, jejichž výše klesla pod úroveň „s“. Výše s, S, se stanoví stejným způsobem, jako v předchozích případech. Uvedený systém je vhodný v těch případech, jestliže se v nepravidelných okamžicích odebírají dosti velká množství.

Obr. 7.5. Systém sS (nerovnoměrná spotřeba)



Kolmé přerušované čáry vyznačují opět pravidelná období pro kontrolu zásob. Je-li v době kontroly stav zásob pod úrovní "s", doobjedná se do úrovně "S" ( $I_1, I_3, I_5, I_6$ ).  $Q'$  = objednané množství,  $Q$  = dodané množství,  $B_o$  = bod objednávky i úroveň zásoby v době kontroly,  $t_1$  = dodací doba,  $t_{cykl}$  = doba cyklu,  $Z_{poj}$  = pojistná zásoba.

## 7.45. Systém s,s

Je to pouze modifikace s,S systému, kdy se předpokládá, že  $s = S$ . Rovněž zde se provádí periodické zjišťování stavu zásob a objednávají se všechny položky, které měly od poslední kontroly nějaký výdej. Přitom se objednává vždy jen tolik kusů, kolik jich bylo vydáno.

Tento systém má použití např. při doplňování zásob určitých skupin zboží v regálech obchodních domů. Lze ho použít též pro doplňování náhradních dílů v pojízdných opravárnách. Např. ráno před výjezdem si pojízdná dílna doplní zásoby o ty díly, které byly minulý den spotřebovány na opravy.

Z uvedeného vyplývá, že systémy „S“ se používají tam, kde podkročení objednacích úrovní u zásoby nezjišťujeme průběžně, po každém odběru, ale pouze periodicky, v určitých pravidelných intervalech. Tyto systémy jsou vhodné u položek s nízkou hodnotou odbytu, pokud jsou pravidelně odebírány. Bývají to většinou položky kategorie „C“ podle metody ABC (viz samostatná kapitola o metodě ABC).

Naproti tomu systémy „B“ jsou vhodné pro omezený počet položek s velkou odbytovou hodnotou, jedná se většinou o položky kategorie „A“ podle metody ABC, kdy je třeba provádět kontrolu stavu zboží po každém odběru a doplňovat zboží při dosažení nebo podkročení objednacích úrovní „B“. Systém se používá též pro drahé a jinak důležité druhy zboží.

## 7.5. PŘÍKLADY OBJEDNACÍCH SYSTÉMŮ

### Systém BQ

$F$  = objednacích náklady = 150,

$a \times K$  = náklady na zásoby za rok jako % z obrátu =  $0,15 \cdot 10 \text{ Kč} = 1,50 \text{ Kč}$ .

$D$  = očekávaná roční spotřeba, = 50 000 ks

$Q$  = objednacích množství (výpočet  $Q$  je uveden v kapitole 8.).

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 50000 \cdot 150}{0,15 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{600\,000}{1,5}} = \sqrt{4\,000\,000} = 3\,162 \text{ ks}$$

Počet objednávek za rok =  $50\,000 : 3\,162 = 15,8 = 16$

Doba cyklu =  $50 \text{ týdnů} : 16 = 3,12 = 3 \text{ týdny } (t_{cykl})$

Dodací lhůta = 2 týdny (stanoveno smluvně) =  $t_1$

$D$  = průměrná spotřeba za týden =  $50\,000 \text{ ks} : 50 \text{ týdnů} = 1\,000 \text{ ks}$

$B$  =  $d \cdot t_1 + Z_{poj} = (1000 \cdot 2) + 500 = 2500$

$B_o$  = bod objednávky (časový okamžik)

$Z_{poj}$  = výše pojistné zásoby, v našem případě předpokládejme 500.

Objednávat se bude vždy 3 162 ks, a to při dosažení (nebo mírném podkročení – (při velkém posledním odběru) hladiny B, která byla vypočtena ve výši 2500 ks.

### Systém B,S

Proměnný okamžik dodávky,

Doplňování do cílové úrovně „S“,

$$\text{Objednáací úroveň } B = d * t_1 + Z_{\text{poj}} = (1\,000 * 2) + 500 = 2500$$

$$\text{Cílová úroveň } S = B + Q = 2500 + 3\,162 = 5662$$

Objednávat se bude rozdíl mezi hladinami S, B, tj. 3162 ks. Rozdíly mohou vzniknout při nerovnoměrné spotřebě.

### Systém s,Q

Pevný okamžik objednávky,

Pevné objednáací množství,

I = pevný okamžik objednávání = 2 týdny,

$$\begin{aligned} s = \text{signální úroveň} &= [(t_1 + (0,7 * I)] * d + Z_{\text{poj}} \\ &= 2 + (0,7 * 2) * 1\,000 + 500 = 3900 \end{aligned}$$

$$Q = 3\,162$$

Stav zásob se bude kontrolovat pouze v pevných časových intervalech dvou týdnů a podle toho, zda v tomto pevně stanoveném okamžiku byla zásoba pod úrovní B, zboží se objedná. Je tedy možné, že někdy se objedná za 2 týdny, jindy za čtyři týdny nebo až za 6 týdnů, a to vždy pevná dávka 3162 ks.

### Systém s,S

- Pevný okamžik objednávání (periodicky) = 2 týdny

- Proměnné objednáací množství

- Objednávají se položky, které klesly pod úroveň „s“ a doobjednávají se do úrovně „S“

$$S = B + Q$$

$$B = (d * t_1) + Z_{\text{poj}} = (1\,000 * 2) + 500 = 2\,000 + 500 = 2500$$

$$Q = 3\,162$$

$$S = B + Q = 2500 + 3\,162 = 5662$$

$$s = [(t_1 + (0,7 * I)] * d + Z_{\text{poj}} = 2 + (0,7 * 2) * 1000 + 500 = 3900$$

Pokud v kontrolním intervalu (2, 4, 6ti týdnů) klesne zásoba pod signální úroveň s, doobjedná se do výše S. Tento pokles pod signální úroveň bude různý.

## 7.6. SYSTÉM DVOU ZÁSOBNÍKŮ

Je to jednoduchá metoda, vhodná pro levné položky (např. kategorie „C“), která zabraňuje vyčerpání zásoby. Existují sice dokonalejší systémy, ale s ohledem na hodnotu těchto levných položek jsou neekonomické.

Jedna položka se skladuje ve dvou zásobnících (krabicích), přičemž druhý je uzavřený a zaplombovaný. Vydává se z prvního zásobníku, který je otevřený. Obsah zásobníku musí být tak veliký, aby stačil k překlenutí dodací lhůty dané položky.



Jakmile dojde k vyprázdnění prvního zásobníku, otevře se plomba u druhého, vyjme se lístek, (tj. nová objednávka) který je tam vložený a předá se vedoucímu skladníkovi, který ihned objedná nový zásobník.

Čtenáře je třeba upozornit, že klasické metody optimalizace zásob, jak jsou uváděny v jednotlivých částech kapitoly 7, byť dosud hojně používané v domácí i zahraniční praxi, nemohou již nadále vyhovět požadavkům na celistvé, systémové řízení integrovaných logistických řetězců. Jejich vytržené použití nepovede ke zvýšení konkurenceschopnosti podniků. Důraz je třeba klást neustále na systémový přístup k řešení logistických problémů, nikoliv pouze na řízení zásob.

### **Kontrolní otázky**

1	Zakreslete schéma modelu řízení zásob s pevným objednacím množstvím a proměnnými okamžiky objednávání.
2	Zakreslete schéma modelu řízení zásob s pevným okamžikem objednávání a doplňováním do cílové úrovně „S“.
3	U kterých druhů zboží je výhodnější provádět kontrolu zásob po každém odběru a u kterých až v delších časových obdobích?

## 8. EKONOMICKY VÝHODNÉ OBJEDNACÍ MNOŽSTVÍ

**Cílem kapitoly** je seznámení se základními metodami pro stanovení ekonomicky výhodného objednacího množství (EOQ), které je závislé na odlišném průběhu objednacích a skladovacích nákladů. EOQ je takové objednací množství, při kterém je součet uvedených nákladů minimální. Základní postup při výpočtu EOQ lze dále modifikovat dle různých situací, například při poskytování množstevních slev, postupném dodávání, objednávání více druhů zboží najednou, jednorázovém objednávání a podobně.

**Klíčová slova:** deterministické a stochastické modely, ekonomicky výhodné objednací množství, Campův vzorec, objednací množství s postupným doplňováním, jednorázové vytváření zásob, množstevní rabat a EOQ

### 8.1. PROBLEMATIKA STANOVENÍ EOQ V DETERMINISTICKÝCH MODELECH

V deterministických modelech jsou základní veličiny předem známé. Jedná se především o výši poptávky a délku dodací lhůty. Jestliže některá z těchto veličin má náhodný charakter, jde o stochastické modely.

Při objednávání zboží pro doplnění zásob musí odpovědní pracovníci rozhodnout, jaké množství určité položky je třeba objednat.

- Velké množství čítající několik tisíc kusů sníží objednací náklady na kus, protože ty jsou v podstatě stejné, ať se jedná o objednání 10, 100, nebo 1000 kusů. Zboží se ale ze skladu rychle nevyčerpá, takže další objednávka může následovat až za několik měsíců. Rovněž manipulační náklady při přejímce zboží a uskladnění jsou výhodnější pro větší počet kusů než pro menší počet. Závěr: objednat co největší množství.
- Malé množství snižuje skladovací náklady, které mají zcela obrácenou tendenci. Čím menší množství určitého druhu je na skladě, tím nižší jsou skladovací náklady (potřebný prostor) a tím kratší dobu je budeme muset skladovat než se zásoby vyčerpají a provede se nová objednávka. Závěr: skladovat co nejmenší množství a doobjednat ho v krátkých časových okamžicích.

Je zřejmé, že obě tendence jsou zcela protichůdné a že bude třeba mezi nimi hledat rozumný kompromis. Tím je ekonomicky výhodné objednací množství (EOQ, Economic Order Quantity).

EOQ je takové množství, které minimalizuje bilanci nákladů mezi objednacími a skladovacími náklady. Abychom EOQ zjistili, musíme vycházet z určitých předpokladů:

- EOQ se zjišťuje pouze u nezávislé poptávky;
- Jsou známy skladovací náklady;
- Jsou známy objednací náklady;
- Spotřeba je známá a je konstantní;

- Je známa cena za jednotku zboží, která je konstantní a neexistují zde žádné slevy na ceně v případě většího odběru;
- Doplnování zásob se provádí okamžitě, celá dávka je dodána najednou;
- Doba skladování i velikost objednávky jsou v podstatě neomezené.

### Pro výpočet EOQ je třeba znát:

$F$  = objednací náklady (resp. náklady na přestavení ve výrobě) vyvolané objednávkou, zahrnují ty složky nákladů, které jsou závislé na počtu objednávek (dodávek):

- náklady na predikci poptávky a její převedení do konečné výše objednávky;
- Administrativní náklady (např. v oddělení nákupu) - příprava a vyhotovení objednávky, její odeslání, sledování, urgence, reklamace, likvidace faktur;
- Věcné náklady na tiskopisy, poštovné, jízdné;
- Náklady na příjem a uložení ve skladu;
- Seřizovací, příp. přestavovací náklady ve výrobě;
- Náklady na náběh výroby, zmetky nebo odpad navíc;
- Náklady na kontrolu výrobků.

$a * K$  = skladovací náklady na kus a rok obsahují:

- požadovanou rentabilitu kapitálu vloženého do zásob (náklady na úrok);
- Náklady na vlastní uskladnění (otop, osvětlení, odpisy palet, mzdy, aj.);
- Rizika nepoužitelných zásob, zkažení, neprodejnosti, (ležáky);
- Pojištění zásob;
- Náklady na manipulaci.

Podle Grose by se do skladovacích a objednacích nákladů měly započítávat jen ty položky, které jsou ovlivnitelné různou výší objednaného množství (neměly by se započítávat například přímé mzdy pracovníků, přímé strojní hodiny apod.). Na druhé straně ale existují situace, kdy si skladovací plochu může podnikatel pronajmout u veřejného skladu, který si za ni bude účtovat všechny své nákladové položky). Proto se v další části skript přidržíme této druhé varianty.

Modely optimalizace zásob mohou být rozděleny do dvou skupin:

1. Deterministické, které vycházejí z pravidelné a pevně stanovené velikosti poptávky. Zboží je doplňováno do skladu vždy v okamžiku vyčerpání zásob.
2. Stochastické, kdy poptávka je náhodnou veličinou, vyjádřenou pravděpodobnostním rozdělením.

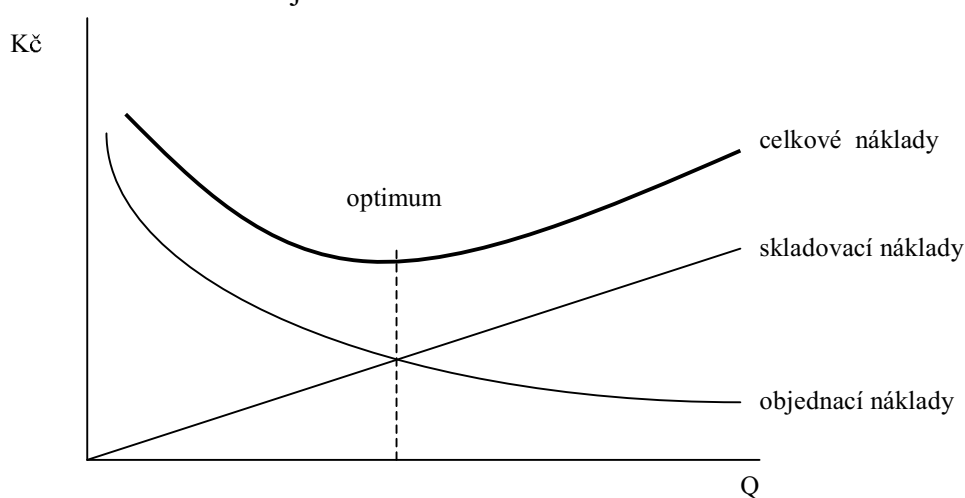
## 8.2. PŘIBLIŽNÁ KALKULACE EOQ

Předpokládejme, že supermarket prodává ročně 600 000 lahví džusu. Nákupní cena = 8 Kč/láhev, objednávací náklad 200 Kč na každou objednávku. Skladovací náklad byl odhadnut na 22 % z ceny pořizovací. Předpokládejme několik různých varianty objednávání po 4000 kusech, počínaje od 4000 a konče 28 000.

Tab. 8.1: Náklady při různých objednacích množstvích

Objednací množství	Počet objednávek za rok	Roční objednací náklady	Průměrná skladová zásoba	Skladovací náklady za rok	Celkem objednací + skladovací náklady
I	II	III	IV	V	VI
4 000	150	30 000	2 000	3 520	33 520
8 000	75	15 000	4 000	7 040	22 040
12 000	50	10 000	6 000	10 560	<b>20 560</b>
16 000	37,5	7 500	8 000	14 080	21 580
20 000	30	6 000	10 000	17 600	23 600
24 000	25	5 000	12 000	21 120	26 120
28 000	21,4	4 280	14 000	24 640	28 920
Postup:	600 000: sl.1	Sl.2 * 200	Sl.1 : 2	Sl.1x*8*0,22	Sl.III + sl. V

Obr.8.1: Průběh objednacích a skladovacích nákladů



Je zřejmé, že skladovací náklady vzrůstají lineárně, objednací náklady klesají, přičemž pokles je zprvu značný, později se zmenšuje. Křivka celkových skladovacích a objednacích nákladů má tvar "U", a dosahuje svého minima 20 560 Kč, přičemž skladovací a objednací náklady jsou stejné, pokud by se jednalo o přesný výpočet. Jiné objednací množství než 12 000 ks již vede ke zvýšeným nákladům. Tato metoda je ovšem pouze přibližná. Pokud skladovací a objednací náklady zakreslíme do grafu, minimum bude nad bodem, kde se protínají obě nákladové čáry a je ve dvojnásobné výši než jejich průsečík. Protože křivka celkových nákladů je v oblasti minima značně plochá, znamená to, že při zaokrouhlení vypočteného objednacího množství směrem dolů nebo nahoru se celkové náklady změní jen nepatrně, což nám umožňuje objednat s výhodou i taková množství, která se prodávají jen v určitých, pevně stanovených baleních.

### 8.3. VÝPOČET EOQ DLE CAMPOVA VZORCE

Camp vyvinul uvedený vzorec již v roce 1922, v přibližně stejné době i Wilson.

Při stanovení optimální velikosti objednávací dávky (Q) nám jde o dosažení minima nákladů, spojených s pořizováním i udržováním zásob.

Celkové náklady (TC) = + skladovací náklady  $\left(\frac{Q}{2} * H\right)$  + pořizovací  $\left(\frac{D}{Q} * F\right)$

$$TC = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times F$$

Minimum celkových nákladů se hledá metodami matematické analýzy jako lokální extrém funkce TC proměnné Q.

Výsledkem je Campův vzorec:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times F}{a \times K}}$$

Kde: Q = optimální objednávací množství  
 D = předpokládaná roční spotřeba  
 F = pořizovací (objednávací) náklady na jednu objednávku  
 a = koeficient pro roční náklady na držení zásob, jestliže se náklady vyjádří v % hodnoty zboží  
 K = pořizovací cena za 1 kus

Pro náš příklad, uváděný v kapitole „systémy řízení zásob“ z toho po dosazení vyplývá:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times F}{a \times K}} = \sqrt{\frac{2 \times 50\,000 \times 150}{0,15 \times 10}} = 3162 \text{ ks}$$

Poznámka: skladovací náklady se někdy vyjadřují přímo v Kč na kus za rok, někdy jako % z celkové hodnoty zboží za rok.

Další výpočet:

Doplňování zásoby se během roku uskuteční v následujícím počtu dávek:

$$\text{Počet dávek} = \frac{50000}{3162} = 15,6 = 16$$

Průměrná běžná zásoba bude:

$$\frac{3162}{2} = 1580 \text{ ks}$$

celkové náklady na pořízení zásob a jejich skladování za rok budou činit:

$$TC = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times F = \frac{3162}{2} \times 0,15 \times 10 + \frac{50000}{3162} \times 150 = 2372 + 2400 = 4772 \text{ Kč}$$

## 8.4. OBJEDNÁVÁNÍ VÍCE POLOŽEK

Dosud jsme věnovali pozornost pouze jedné objednávané položce. V praxi však podniky objednávají stovky až tisíce položek. Pokud výrobce nebo distribuční sklad dodává současně více výrobků, je možné vyřizovat agregované objednávky, objednávané po skupinách.

Při objednávání skupiny položek se vypočte optimální dodací cyklus dle vzorce (viz Gros, 1996):

$$t_{c\ opt} = \sqrt{\frac{2 \times T \times F}{\sum_{i=1}^k D_i \times a_i \times K_i}}$$

Kde: T = délka zásobovacího období, zpravidla 1 rok,  
 F = pořizovací náklady, nezávislé na počtu objednaných položek,  
 D<sub>i</sub> = předpokládaná roční potřeba pro i-tou položku,  
 a<sub>i</sub> = skladovací náklady v % z ceny i-té položky,  
 K<sub>i</sub> = pořizovací cena za 1 kus i-té položky.

Po stanovení optimálního dodacího cyklu se vypočte optimální počet objednávek za rok, který bude platný pro všechny položky.

$$Q_{opt} = \frac{T}{t_{c\ opt}}$$

Z toho lze potom vypočítat optimální výši dodávky pro každou položku:

$$Q_{oi} = \frac{D_i}{Q_{opt}}$$

### **Příklad**

Podnik chce hromadně objednat 3 položky. Jednorázové náklady na jednu objednávku, nezávislé na počtu objednaných položek a velikosti dodávky jsou 1000 Kč (F). Náklady na udržování zásob činí 20% hodnoty průměrné zásoby (stejně u všech položek) za období T = 365. Ostatní základní údaje jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 8.2 Výpočet EOQ pro agregovanou poptávku

Pol.	D	Kč za kus	EOQ při individuální objednávce.	Počet objednávek za rok	Celková hodnota dodávky v tis. Kč	Dodací cyklus u jednotlivých položek (dny)	Průměrná zásoba v tis.Kč	Struktura agregované objednávky
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10 000	50	1414	7,1	500	51,4	35,3	952
2	800	200	200	4	160	91,2	20,0	76

3	30	15000	4	6,7	450	54,5	33,5	3
<b>Σ</b>					1 110			

Pozn.: tučně je uvedeno zadání úlohy.

Sl. 4: výpočet EOQ pro každou položku individuálně

Sl. 5:  $10\ 000 : 1414 = 7,1$

Sl. 6:  $10\ 000 * 50\ \text{Kč} = 500\ 000\ \text{Kč}$

Sl. 7: (rok = 365).  $365 : 7,1 = 51,4$

Sl. 8: průměrná zásoba =  $(1414 * 50) : 2 = 35,3$

Sl. 9: provést nejprve následující dílčí výpočty:

$$t_{opt} = \sqrt{\frac{2 \times 1 \times 1000}{1110000 \times 0,2}} = 0,095 \text{ roku, tj. } 0,095 \times 365 = 34,6 \text{ dní}$$

$$Q_{opt} = \frac{365}{34,6} = 10,5 \text{ objednávek}$$

Optimální struktura dodávek pro poslední sloupec tabulky se vypočte:

$$1. \ 10\ 000 : 10,5 = 952 \text{ ks,}$$

$$2. \ 800 : 10,5 = 76 \text{ ks,}$$

$$3. \ 30 : 10,5 = 3 \text{ ks.}$$

## 8.5. OBJEDNÁVÁNÍ S POSTUPNÝM DOPLŇOVÁNÍM

V dříve uvedených příkladech se vycházelo z předpokladu, že potřebná položka (součást) byla zajišťována externě a že objednávkové množství přišlo najednou v jedné dávce. Jestliže by ale tato položka byla vyráběna interně, v některé dílně továrny, byla by patrně dodávána do skladu nebo do montážní haly průběžně každý den během určitého období, nutného k výrobě celé dávky.

Čistá výše dodávek je určena dodacím množstvím a množstvím spotřebovaným během dodacího období. Abychom se vyrovnali s touto situací, je třeba upravit základní vzorec následovně:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times D \times F}{a \times K}} \times \sqrt{\frac{p}{p-u}}$$

Kde:  $p$  = denní produkce vyráběné položky  
 $u$  = denní spotřeba vyráběné položky

### Příklad

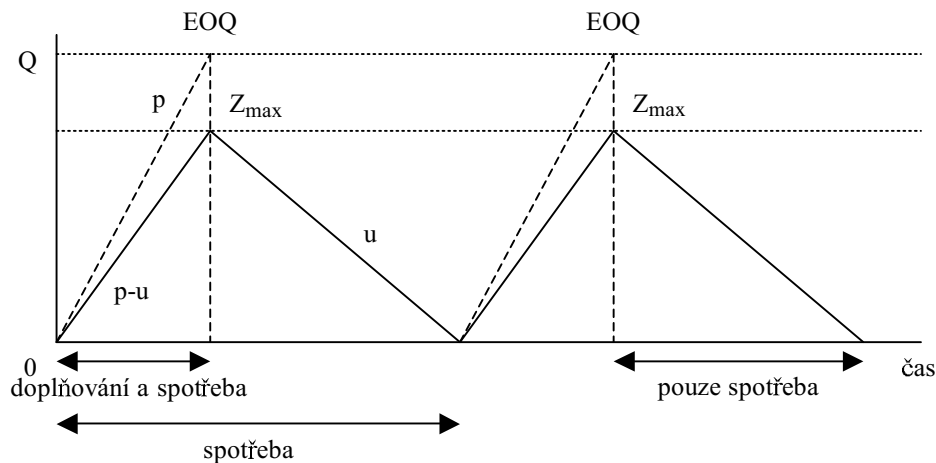
$p$  = produkce součástky = 200 ks/den,

$u$  = denní potřeba v oddělení montáže = 80 ks/den,

$T$  = rok = 365 dnů,

$t_{\text{cykl}}$  = dodací cyklus = 7 dnů,  
 $D$  = roční potřeba = 80ks \* 250 dnů = 20 000 ks,  
 $F$  = přestavovací náklady = 50 Kč jednorázově,  
 $a \cdot K$  = skladovací náklad = 0,5 Kč/kus/rok

Obr. 8.2



### Řešení

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times F}{a \times K}} \times \sqrt{\frac{p}{p-u}} = \sqrt{\frac{2 \times 20\,000 \times 50}{0,50}} \times \sqrt{\frac{200}{200-80}} = 2\,000 \times 1,29 = 2\,580 \text{ ks} = (EOQ)$$

Objednací úroveň - B

$$B = d \times t_L = 80 \times 7 = 560 \text{ ks}$$

Výrobní doba jedné dávky -  $V_d$

$$V_d = \frac{Q}{p} = \frac{2\,580}{200} = 12,9 = 13 \text{ dnů}$$

Doba cyklu -  $t_{\text{cykl}}$

$$t_{\text{cykl}} = \frac{Q}{u} = \frac{2\,580}{80} = 32,25 \text{ dne}$$

Maximální výše zásoby -  $Z_{\text{max}}$

$$Z_{\text{max}} = (p-u) \times V_d = (200-80) \times 12,9 = 1\,548 \text{ ks}$$



průměrná zásoba -  $Z_{prum}$

$$Z_{prum} = \frac{Z_{max}}{2} = \frac{1548}{2} = 774 \text{ ks}$$

Výsledné EOQ je větší než při jednorázovém doplňování, protože spotřeba během doplňovaného období působí na snižování průměrných skladovacích nákladů, takže EOQ může být vyšší.

## 8.6. JEDNORÁZOVÉ VYTVÁŘENÍ ZÁSOB PŘI NÁHODNÉ POPTÁVCE

Jestliže některý druh zboží po jisté době zastarává, jeho zásoba se vytváří pouze jednorázově (typickým příkladem je módní nebo sezónní výrobky nebo vánoční stromky).

Předpokládejme, že poptávka po zboží je diskrétní náhodná veličina (označme ji  $D$ ) se známým rozdělením pravděpodobnosti. Dále předpokládejme, že pro dané časové období bylo zakoupeno zboží v množství  $q$ . Po skončení tohoto období mohou nastat dvě krajní situace:

- $D < q$ , přičemž přebývajícím množství se prodá se ztrátou  $c_s$  za jednotku, celková ztráta z neprodaného zboží tedy bude  $c_s(q - D)$ .
- $D > q$ , přičemž nedostávající se množství zboží způsobí ztrátu  $c_z$  za jednotku. Celková ztráta z chybějícího zboží tedy bude  $c_z(D - q)$ .

Jestliže neuvažujeme náklady na pořízení zásob (provádí se pouze jedna objednávka) a náklady na skladování (předpokládáme, že skladovací doba není dlouhá), pak cílem řešení uvažovaného modelu zásob je stanovení takové výše počáteční zásoby (a tudíž i velikosti jednorázové objednávky zboží), aby očekávané ztráty byly minimální.

Výpočet optimální výše počáteční zásoby je patrný z následujícího příkladu (bližší podrobnosti uvádí Vaněčková, E., 1998):

### Příklad

Obchodní firma objednává módní obuv jednorázově pro letní sezónu, přičemž na základě zkušeností z minulého roku odhaduje pravděpodobnost různé poptávky po tomto zboží tak, jak je uvedeno v následující tabulce. (prodej 40 párů obuvi se očekává s pravděpodobností 10%, spotřeba prodeje zvýšeného na 50 párů se odhaduje s pravděpodobností 30% atd.).

Tab. 8.3

Poptávka (páry)	40	50	60	70
Pravděpodobnost	0,1	0,3	0,4	0,2

Nebude-li poptávka po obuvi plně uspokojena, odhaduje firma ztrátu na ušlém zisku ve výši 30 Kč za každý neuspokojený požadavek ( $c_s$ ). Zůstane-li po skončení letní sezóny část obuvi

na skladě, její cena se v posezónním výprodeji sníží o 50 Kč za pár ( $c_z$ ). Jaký je nejvýhodnější počet objednaných párů obuvi?

### Řešení

Při známých ztrátách  $c_s$  a  $c_z$  určíme optimální výši jednorázové objednávky tak, že pro každou hodnotu objednávky spočítáme souhrnné ztráty, vyplývající z nižší, respektive vyšší poptávky. Nejnižší zjištěná hodnota udává optimum.

1. Objednávka 40.  $(10*0,3 + 20*0,4 + 30*0,2) * 30 = \dots 510$
2. Objednávka 50.  $(10*0,1)*50 + (10*0,4 + 20*0,2)*30 = \dots \mathbf{290}$
3. Objednávka 60.  $(20*0,1 + 10*0,3)*50 + (10*0,2)*30 = \dots 310$
4. Objednávka 70.  $(30*0,1 + 20*0,3 + 10*0,4) * 50 = \dots 650$

Optimum = objednat 50 párů obuvi.

## 8.7. MNOŽSTEVNÍ RABAT A EOQ

Zatím jsme při výpočtu EOQ předpokládali, že nákupní cena je stále stejná a nezávisí na velikosti objednané dávky. To je ale v praxi nereálné. Obyčejně lze získat určitou formu diskontu (slevy) při objednání většího množství. Takové finanční zvýhodnění může být včleněno do základního vzorce pro výpočet EOQ, ale výpočet se tím stává komplikovaným. Jednodušší způsob je, když vypočítáme náklady bez rabatu a srovnáme je s několika různými variantami rabatu, které jsou nám nabízeny.

Diskontní ceny za různá množství nákupu mají tři finanční efekty, dva z nich jsou kladné a jeden záporný.

#### Kladné stránky:

- nižší cena za jednotku
- Větší objednané množství znamená menší počet objednávek za rok a tím snížení objednacích nákladů.

#### Záporné stránky:

- zvýšené skladovací náklady, protože skladujeme větší počet kusů.

Při výpočtu EOQ musíme brát v úvahu nejen objednacích a skladovacích náklady, ale i náklady (cenu) celé nakupované dávky, pro kterou se rozhodneme.

### Příklad

Výrobce nabízí určitou surovinu v následujících cenách za 1 kg:

nakoupené množství:	1 - 99 kg .....	20 Euro/kg
	100 - 999 kg .....	19 Euro/kg
	1 000 a více kg .....	18 Euro/kg

Objednacích náklady = 40 Euro, roční potřeba = 3 000 kg. Skladovací náklady = 25 % z ceny zboží. Jaké množství bude nejvýhodnější objednat?

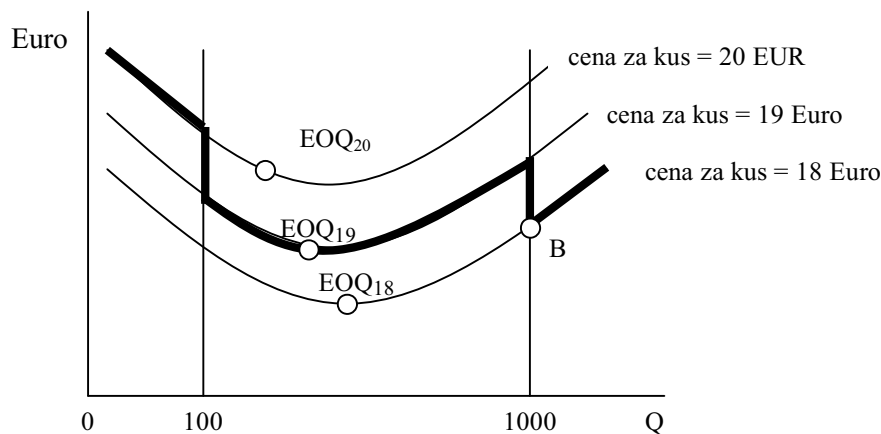
### Řešení

Tři různé ceny za kilogram vytvářejí tři různé křivky souhrnných objednacích a skladovacích nákladů (často dle tvaru označované jako "U" křivky). Tyto křivky mají stejný tvar, ale na nákladové ose jsou umístěny nad sebou, pokud k nim přičteme ještě náklady na nákup celé dávky. Nejvýše je křivka s cenou 20 Euro za kus, pod ní je křivka s cenou za 19 a nejnižší křivka s cenou za 18 Euro/kus.

Z těchto křivek vždy jen určitá jejich část přichází v úvahu pro optimální řešení, v našem případě a následujícím grafu vždy jen asi jedna třetina. Z první křivky (20 Euro/kg) můžeme použít jen tu část, která je ohraničena rozsahem 1 - 99 kg, ze druhé část vymezenou rozsahem 100 - 999 kg a ze třetí pak zbytek, tj. nad 1000 kg, jak to odpovídá podmínkám pro poskytnutí slevy.

Obr. 8.3

$\Sigma$  objednacích + skladovacích  
nákladů + nákupní cena



Výsledné optimum je třeba hledat někde na těchto třech částech, které vytvářejí dohromady novou, stupňovitou křivku (znázorněno silnou čarou). Jestliže vypočteme optimum podle Campova vzorce pro cenu za 20 Euro/kg, pak toto optimum bude ležet mimo uvedenou tlustou čáru a nepřichází tedy v úvahu. ( $EOQ_{20} = 219$  ks, ale cena 20 Euro/kus platí jen v intervalu 1-99 ks).

Vypočteme EOQ ještě pro cenu 19 Euro/kus ....(224) a pro cenu 18 Euro/kus (231). Je zřejmé, že do řešení lze použít jen cenu 19 Euro/kus a množství 224 ks. To ale ještě nemusí být nejlepší řešení. Optimální řešení by mohlo být i ve zlomovém bodu křivky, kdy začíná platit největší nabízená sleva. V našem případě by to mohl být bod B, určený množstvím 1000 ks. Abychom zjistili, ve kterém leží optimální řešení, musíme pro oba tyto dva body vypočítat celkové náklady, tj. součet nákladů objednacích, skladovacích a nákladů na nákup daného množství kusů.

Tab. 8.4

	Q = 224	Q = 1000
Počet objednávek za rok D : q	13,4	3,0
Objednacích nákladů za rok (F = 40)	536	120
Průměrná zásoba (Q : 2)	112	500

Skladovací náklady za rok (Q:2)*a*K	532	2 250
Cena za nakoupené zboží (3000*K)	57 000	54 000
Celkový náklad ( objednacích + skladovacích + cena zboží)	58 068	<b>56 370</b>

Minimálních souhrnných nákladů dosáhneme, když objednáme 1000 kg. Je zřejmé, že snížená cena za kus ovlivnila zde výsledek více než objednacích a skladovacích náklady.

dnes ale podniky poskytují slevy raději za krátkou dobu splatnosti než za nákup ve velkém.

V praxi existují dva typy množstevních rabatů. U prvního typu slev je snížená cena aplikována na celý objem objednávky, u druhého je pro každou část objednávky použita cena toho intervalu, v němž se daná část nachází.

## 8.8. OPTIMALIZACE OBJEDNÁVEK V OBDOBÍCH S RŮZNOU POPTÁVKOU

V tomto případě se poptávka v jednotlivých obdobích liší, ale je známá (předpověď). Kdybychom objednávali zboží pro každé období (např. týden) zvlášť, byly by vysoké objednacích náklady. Když ale objednáme zboží pro několik období najednou, objednacích náklady se sníží, ale vzrostou náklady skladovacích. Předpokládáme, že objednané zboží pro první periodu nemá žádné skladovacích náklady (je např. vystaveno přímo v obchodech), avšak zboží objednané o jednu periodu dopředu bude mít již fixní skladovacích náklady na kus, zboží objednané s předstihem dvou period bude mít skladovacích náklady již dvojnásobné a tak dále. Kalkulační postup je následující:

1. Vypočtou se celkové jednotkové náklady na kus (objednacích + skladovacích) pro první časové období.
2. Vypočtou se celkové jednotkové náklady na kus dohromady za první a druhé časové období. Jestliže náklad na jeden kus bude nižší než v bodě 1), pokračuje se ve výpočtu jednotkových nákladů za období 1-3 dohromady. Tak se postupuje, dokud se jednotkové
3. Od časového období, kde jednotlivé náklady začaly vzrůstat, začne se celý postup znova opakovat.

### Příklad

Tab. 8.5.

Časové období	1	2	3	4	5	6
Potřeba kusů	20	60	30	50	100	80

F = 120 Euro, skladovací náklad = a \* K = 1,50 Euro/kus/období

### Řešení

**První krok:** objednat pro období 1 .

(V úvahu se berou pouze objednacích, nikoliv skladovacích náklady)

$$Q_1 = \frac{120}{20} = 6,0 \text{ EUR / ks}$$

**Druhý krok:** objednat dohromady pro období 1-2:

$$Q_{1-2} = \frac{120 + (1,5 \times 60)}{20 + 60} = 2,6 \text{ EUR / ks}$$

protože  $2,6 < \text{než } 6,0$ , pokračovat ve výpočtu.

**Třetí krok:** objednat dohromady pro období 1-3.

$$Q_{1-3} = \frac{120 + (1,5 \times 60) + (3,0 \times 30)}{20 + 60 + 30} = 2,72 \text{ EUR / ks}$$

Protože  $2,72 > 2,6$ , objednat dohromady pouze pro období 1+ 2 a od třetího období začít výpočet znova, jako v kroku 1.

**Čtvrtý krok:** objednat pouze pro třetí období  
(v úvahu se berou opět pouze objednáci, nikoliv skladovací náklady).

$$Q_3 = \frac{120}{30} = 4,0 \text{ EUR / ks}$$

**Pátý krok:** objednat pro období 3-4 dohromady

$$Q_{3-4} = \frac{120 + (1,5 \times 50)}{30 + 50} = 2,43 \text{ EUR / ks}$$

Protože  $2,43 < 4,0$  pokračovat ve výpočtu

**Šestý krok:** objednat dohromady pro období 3-5.

$$Q_{3-5} = \frac{120 + (1,5 \times 50) + (3,0 \times 100)}{30 + 50 + 100} = 2,75 \text{ EUR / ks}$$

Protože  $2,75 > 2,43$ , objednat dohromady pouze pro období 3 + 4 a od 5. období opakovat postup jako v období 1. Tak postupovat až do konce. Výsledek je následující:

Tab. 8.6

Období	1	2	3	4	5	6
Očekávaná poptávka	20	60	30	50	100	80
Vypočtená objednávka	80	-	80	--	100	80
Skladová zásoba	60	--	50	--	--	--

**Kontrolní otázky:**

1	Které dílčí položky se počítají do skladovacích a do objednávacích nákladů?
2	Proč se počítá ekonomicky výhodné objednávkové množství?
3	Proč není nutné striktně dodržovat vyšší objednávky, vypočtené dle Campova vzorce?
4	Jaký je rozdíl při výpočtu EOQ při jednorázovém a při postupném doplňování zboží?
5	Podniky poskytují rabaty nejen za větší množství odebraného zboží, ale i při splnění