



# Řízení nákladů v dodavatelském řetězci

## Disertační práce

*Studijní program:* P6208 – Ekonomika a management  
*Studijní obor:* 6208V119 – Organizace a řízení podniků

*Autor práce:* **Ing. Lucie Synáková, MBA**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Miroslav Žížka, Ph.D.



## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na moji dizertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé dizertační práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li dizertační práce nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Dizertační práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací se školitelem dizertační práce a s ostatními odborníky v oboru.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

# Abstrakt

Doktorská dizertační práce se zabývá problematikou řízení zásob se zohledněním výrobních nákladů v prostředí decentralizovaného dvouúrovňového řetězce sestávajícího z jednoho prodejce držícího zásoby hotových výrobků, čelícího stochastické poptávce konečných zákazníků a z jednoho výrobce s omezenou výrobní kapacitou vyrábějícího dle objednávky prodejce. Výzkum v oblasti řízení zásob jen zřídka zapojuje do svých předpokladů výrobní náklady, a když tak činí, zahrnuje pouze lineární náklady na výrobu, popř. uvažuje náklady na seřízení v případě výroby v samostatných dávkách. V případě nepřetržité, kontinuální výroby, která navíc operuje v blízkosti své kapacity, jsou jednotkové výrobní náklady významně ovlivněny mírou využití výrobní kapacity.

Hlavní cíl dizertační práce spočívá ve zkoumání, zda stabilizace využití výrobní kapacity může pozitivně ovlivnit hospodářský výsledek řetězce jako celku. Stabilizaci výroby zajišťuje výrobce stanovením minimálního objednáčím množství. Po určení cíle práce, jeho konkretizaci do jednotlivých hypotéz a stanovení metodiky výzkumu jsou vymezena a shrnuta teoretická východiska k prováděnému výzkumu, zejména z oblasti řízení zásob a integrovaných modelů. Je sestaven ekonomický a posléze i matematický model, který je řešen simulací v rámci nastavené numerické studie. Hlavní závěry představují výsledky simulací, včetně porovnání výsledků jednotlivých variant modelu. Získané výsledky ze simulací jednotlivých variant modelu jsou detailně představeny, vzájemně porovnány a je diskutován jejich význam, omezení, důsledky pro praxi a návrhy pro další výzkum.

Výsledky práce jsou určeny zejména pro praxi jako vodítko manažerům, v jakých podmínkách je možné, aby stabilizace využití výrobní kapacity zlepšila hospodářský výsledek řetězce jako celku. Na poli akademickém práce doplňuje poznatky integrovaných modelů zásob o model s předpoklady decentralizovaného řetězce s kontinuální výrobou a propojení s výzkumem stabilizace výroby.

## Klíčová slova

Dodavatelský řetězec, řízení zásob, omezená výrobní kapacita, náklady řetězce

# **Abstract**

This doctoral dissertation considers inventory management while taking into consideration production costs in the environment of a decentralized two-echelon supply chain consisting of a single retailer holding finished goods inventory and facing stochastic demand of final customers, and a single manufacturer with finite capacity producing on a make-to-order basis. Most of the inventory-focused research does not include production costs and when it does, they are considered as linear, or only in a form of a set-up cost in a batch production. In the case of continuous production operating close to its capacity the per-unit production costs are highly influenced by the capacity utilisation.

Main goal of this dissertation consists in examining if smoothing of production capacity utilisation can positively influence financial results of the supply chain as a whole. Production smoothing is reached by the supplier by imposing a minimum order quantity on retailer's replenishment orders. After setting the main goal of this dissertation, elaborating it further into individual hypotheses and setting research methods theoretical framework is set and introduced, especially on the topic of inventory management and integrated models. Economic model and subsequently mathematical model are built that are solved via simulation of a numerical study. The main outcomes from the simulation of the individual model versions are presented in detail and compared to each other. Finally, the obtained results are discussed regarding their substance, limitation and implications into practice, and suggestions for further research are presented.

Results of the dissertation are aimed mainly into practice for managers to know under which conditions it is possible that smoothing of production capacity utilisation can improve the financial results of the supply chain as a whole. The dissertation contributes to the existing body of literature in area of integrated systems with a new model of a decentralized supply chain with continuous production, and connecting it with the area of production smoothing.

## **Key words**

Supply chain, inventory management, capacitated system, base-stock policy, total system costs

# **Abstrakt**

Die Dissertation beschäftigt sich mit dem Thema Bestandsmanagement und dabei berücksichtigt auch Produktionskosten in einer dezentralisierten zweistufigen Lieferkette, die aus einem Verkäufer, der einen Vorrat an fertige Produkte haltet und stochastischer Nachfrage der Endkunden gegenübersteht, und aus einem Hersteller besteht, der bis zu seiner begrenzten Kapazität auf Bestellung des Verkäufers produziert. Die Mehrheit von Bestandsmanagementforschung beinhaltet keine Produktionskosten und wenn ja, dann werden nur lineare Produktionskosten, oder Set-up Kosten je Fertigungslos betrachtet. Im Falle einer kontinuierlichen Produktion werden Produktionskosten pro Einheit stark durch Produktionskapazitätsausnutzung beeinflusst.

Das Hauptziel der Dissertation besteht in der Forschung des Einflusses von Stabilisierung der Produktionskapazitätsausnutzung auf finanzielles Ergebnis der Gesamtlieferkette. Produktionsstabilisierung erreicht der Hersteller durch Einsatz von minimalem Bestellvolumen. Nach Festsetzung des Hauptziels, dessen Detaillierung in einzelnen Hypothesen und Setzung der Forschungsmethodologie werden bestehende theoretischen Quellen vorgestellt, insbesondere im Bereich von Bestandsmanagement und integrierte Modelle. Ein ökonomisches und ein mathematisches Modell werden gebaut, die durch Simulation einer vorbereiteten numerischen Studie gelöst werden. Ergebnisse der Simulationen werden vorgestellt, und einzelne Versionen des Modells verglichen. Es folgt eine Diskussion über den Ergebnissen, deren Beschränkungen und Folgen in die Praxis.

Ergebnisse der Dissertation sind besonders für Führungskräfte in der Praxis interessant, um zu wissen, in welchen Bedingungen eine Produktionsstabilisierung finanzielle Ergebnisse der Gesamtlieferkette verbessern kann. Die Dissertation ergänzt bestehende Theorie im Bereich der integrierten Systeme um ein Modell von dezentralisierter Lieferkette mit kontinuierlicher Produktion und verbindet es mit Bereich der Produktionsstabilisierung.

## **Schlüsselwörter**

Supply chain, Bestandsmanagement, begrenzte Produktionskapazität, Gesamtkosten des Systems

# Obsah

<b>Seznam ilustrací.....</b>	<b>8</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>10</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>11</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>1 Cíle práce a hypotézy.....</b>	<b>16</b>
<b>2 Metodika výzkumu.....</b>	<b>20</b>
<b>3 Teoretická východiska.....</b>	<b>23</b>
3.1 Řízení zásob.....	23
3.2 Modely zásob.....	25
3.2.1 Newsvendor model.....	25
3.2.2 Model EOQ.....	26
3.3 Řízení zásob v dodavatelských řetězcích.....	28
3.3.1 Rozhodování o zásobách v dodavatelských řetězcích.....	29
3.3.2 Rozhodování o zásobách v dodavatelských řetězcích s omezenou kapacitou.....	30
3.3.3 Společná koordinace kupujícího a dodavatele.....	31
3.3.4 Vyrovnávání výroby.....	36
<b>4 Charakteristika modelů.....</b>	<b>38</b>
4.1 Ekonomický model.....	40
4.2 Matematický model.....	45
4.2.1 Zápis modelu a sled událostí.....	45
4.2.2 Náklady, výnosy a zisky dodavatele a prodejce.....	49
4.3 Numerická studie.....	52
<b>5 Výsledky simulace.....</b>	<b>59</b>
5.1 Model se ztracenou poptávkou (varianta 1).....	59
5.1.1 Náklady a zisk dodavatele ve variantě 1.....	62
5.1.2 Náklady a zisk prodejce ve variantě 1.....	65
5.1.3 Náklady a zisk řetězce ve variantě 1.....	69
5.2 Model se ztracenou poptávkou a přesčasy (varianta 2).....	72

5.2.1	Náklady a zisk dodavatele ve variantě 2.....	76
5.2.2	Náklady a zisk prodejce ve variantě 2 .....	80
5.2.3	Náklady a zisk řetězce ve variantě 2.....	83
5.3	Model s kumulací nedodělků (varianta 3).....	90
5.3.1	Náklady a zisk dodavatele ve variantě 3.....	94
5.3.2	Náklady a zisk prodejce ve variantě 3 .....	95
5.3.3	Náklady a zisk řetězce ve variantě 3.....	98
5.4	Model s kumulací nedodělků a přesčasy (varianta 4).....	101
5.4.1	Náklady a zisk dodavatele ve variantě 4.....	105
5.4.2	Náklady a zisk prodejce ve variantě 4 .....	107
5.4.3	Náklady a zisk řetězce ve variantě 4.....	110
5.5	Porovnání variant modelů .....	117
5.6	Diskuze.....	124
<b>Závěr .....</b>		<b>131</b>
<b>Citace .....</b>		<b>133</b>
<b>Bibliografie.....</b>		<b>142</b>
<b>Vlastní publikace související s tématem .....</b>		<b>143</b>

## Seznam ilustrací

Obr. 3.1: Průběh stavu zásob kupujícího a dodavatele .....	33
Obr. 4.1: Dodavatelský řetězec a cyklus událostí v modelu .....	44
Obr. 4.2: Sled událostí v modelu se ztracenou poptávkou.....	46
Obr. 4.3: Sled událostí v modelu s kumulací nedodělků.....	47
Obr. 5.1: Průběh poptávky a objednávek v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů .....	61
Obr. 5.2: Celkové náklady dodavatele.....	63
Obr. 5.3: Jednotkové náklady dodavatele.....	63
Obr. 5.4: Stav zásob prodejce v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů .....	67
Obr. 5.5: Dodávky zákazníkům v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů.....	68
Obr. 5.6: Jednotkové náklady řetězce – ztracená poptávka bez přesčasů .....	71
Obr. 5.7: Celkový zisk řetězce – ztracená poptávka bez přesčasů.....	72
Obr. 5.8: Průběh poptávky a objednávek v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy .....	75
Obr. 5.9: Celkové náklady dodavatele při využití přesčasu .....	76
Obr. 5.10: Jednotkové náklady dodavatele při využití přesčasu .....	77
Obr. 5.11: Stav zásob prodejce v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy .....	80
Obr. 5.12: Dodávky zákazníkům v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy.....	81
Obr. 5.13: Jednotkové náklady řetězce dle personálních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy .....	85
Obr. 5.14: Jednotkové náklady řetězce dle fixních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy .....	86
Obr. 5.15: Jednotkové náklady řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy .....	87
Obr. 5.16: Celkový zisk řetězce dle personálních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy .....	89
Obr. 5.17: Celkový zisk řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy .....	90
Obr. 5.18: Průběh poptávky a objednávek v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů .....	93



<b>Obr. 5.19: Stav zásob prodejce v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů .....</b>	<b>96</b>
<b>Obr. 5.20: Dodávky zákazníkům v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů .....</b>	<b>97</b>
<b>Obr. 5.21: Jednotkové náklady řetězce – kumulace nedodělků bez práce přesčas ...</b>	<b>100</b>
<b>Obr. 5.22: Celkový zisk řetězce – kumulace nedodělků bez práce přesčas.....</b>	<b>101</b>
<b>Obr. 5.23: Průběh poptávky a objednávek v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>104</b>
<b>Obr. 5.24: Stav zásob prodejce v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>108</b>
<b>Obr. 5.25: Dodávky zákazníkům v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>109</b>
<b>Obr. 5.26: Jednotkové náklady řetězce dle personálních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>112</b>
<b>Obr. 5.27: Jednotkové náklady řetězce dle fixních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>113</b>
<b>Obr. 5.28: Jednotkové náklady řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>114</b>
<b>Obr. 5.29: Celkový zisk řetězce dle personálních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>116</b>
<b>Obr. 5.30: Celkový zisk řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy .....</b>	<b>117</b>

## Seznam tabulek

Tab. 4.1: Varianty modelu .....	45
Tab. 4.2: Podíly nákladových druhů ve scénářích bez práce přesčas.....	56
Tab. 4.3: Podíly nákladových druhů ve scénářích s prací přesčas .....	57
Tab. 5.1: Rovnice relevantní k modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů.....	59
Tab. 5.2: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou .....	60
Tab. 5.3: Varianta ztracené poptávky z pohledu dodavatele .....	64
Tab. 5.4: Varianta ztracené poptávky z pohledu prodejce.....	68
Tab. 5.5: Varianta ztracené poptávky z pohledu celého řetězce .....	70
Tab. 5.6: Rovnice relevantní k modelu se ztracenou poptávkou a s přesčasy .....	73
Tab. 5.7: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou a s přesčasy	74
Tab. 5.8: Varianta ztracené poptávky a práce přesčas z pohledu dodavatele.....	79
Tab. 5.9: Varianta ztracené poptávky a práce přesčas z pohledu prodejce.....	81
Tab. 5.10: Jednotkové náklady řetězce – ztracená poptávka a práce přesčas.....	84
Tab. 5.11: Celkový zisk řetězce – ztracená poptávka a práce přesčas .....	88
Tab. 5.12: Rovnice relevantní k modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů.....	91
Tab. 5.13: Ukázka roční simulace modelu OUT s kumulací nedodělků .....	92
Tab. 5.14: Varianta kumulace nedodělků z pohledu dodavatele .....	95
Tab. 5.15: Varianta kumulace nedodělků z pohledu prodejce.....	97
Tab. 5.16: Varianta kumulace nedodělků z pohledu celého řetězce .....	99
Tab. 5.17: Rovnice relevantní k modelu s kumulací nedodělků a s přesčasy .....	102
Tab. 5.18: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou a s přesčasy .....	103
Tab. 5.19: Varianta kumulace nedodělků a práce přesčas z pohledu dodavatele.....	106
Tab. 5.20: Varianta kumulace nedodělků a práce přesčas z pohledu prodejce.....	109
Tab. 5.21: Jednotkové náklady řetězce – kumulace nedodělků a práce přesčas.....	111
Tab. 5.22: Celkový zisk řetězce – kumulace nedodělků a práce přesčas.....	115
Tab. 5.23: Přehled prokázaných výzkumných hypotéz .....	118
Tab. 5.24: Jednotkové náklady řetězce v modelech s přesčasy .....	123
Tab. 5.25: Faktory ovlivňující pozitivní efekt stabilizace výroby na výsledek řetězce .....	127

## Seznam použitých zkratek a symbolů

B	výše doobjednávek (z angl. „Backorders“)
BC	náklady na doobjednání
Bullwhip	poměr rozptylu objednávky a rozptylu poptávky
C	výrobní kapacita
$C_e$	rozšířená výrobní kapacita (o přesčasovou práci)
CU	jednotkové náklady
$C_v$	výrobní náklady dodavatele na jednotku zboží (bez nákladů na seřízení strojů)
D	poptávka
Del	dodávka koncovým zákazníkům
Dlost	ztracená poptávka
EOQ	(z angl. „Economic Order Quantity“) ekonomická (optimální) velikost objednávky
FC	fixní náklady
$H_0$	nulová hypotéza
$H_1$	alternativní hypotéza
HC	náklady spojené s držbou zásob
HY	hypotéza
I	stav zásob
JELS	(z angl. „Joint Economic Lot Size“) společná ekonomická (optimální) velikost objednávky
K	pojistný faktor
L	dodací lhůta
M	náklady dodavatele na seřízení strojů (z angl. „Setup Costs“)
MC	materiálové náklady
MOQ	(z angl. „Minimum Order Quantity“) minimální objednávací množství
n	rozsah výběru
OC	náklady spojené s objednáním zásob
OR	přesčasová sazba personálních nákladů
OUT	(z angl. „Order up-to“) do předem stanovené vše
p	cena
P	výše produkce

PC	personální náklady
$p_r$	cena zboží pro koncové zákazníky
$p_s$	cena zboží pro mezi dodavatelem a prodejcem
Q	velikost objednávky
R	objednávka prodejce vůči dodavateli
r	roční náklady na držbu zásob vyjádřené jako procentní sazba z hodnoty zásob
RCU	jednotkové náklady prodejce
RTC	celkové náklady prodejce
RTP	celkový zisk prodejce
$s'^2$	výběrový rozptyl
S	výše pro doplňování zásob
SC	náklady z nedostatku zásob
SCU	jednotkové náklady dodavatele
STC	celkové náklady dodavatele
STP	celkový zisk dodavatele
t	cyklus (interval) doplňování zásob
TC	celkové náklady
$t_n$	interval nejistoty
TP	celkový zisk řetězce
TRC	celkové relevantní náklady
u	kvantil normovaného normálního rozdělení
U	testové kritérium pro testování shody dvou středních hodnot
V	roční kapacita produkce zboží dodavatele
VC	variabilní náklady
VO	výzkumná otázka
$x_p$	pojistná zásoba
$\bar{x}$	průměr
$\alpha$	hladina významnosti
$\Delta$	přípustná chyba
$\theta$	stupeň úplnosti dodávky
$\mu$	střední hodnota
$\sigma_d$	směrodatná odchylka velikosti poptávky za jednotku času
$\sigma_r$	směrodatná odchylka velikosti objednávky prodejce za jednotku času

# Úvod

Jednou z hlavních podmínek úspěchu podniku v konkurenčním tržním prostředí je jeho efektivita. Mezi prostředky k dosažení tohoto cíle patří snaha o optimalizaci podnikových procesů. V oblasti zásobování to pak může být hledání nových cest ke snížení nákladů, které jsou se zásobováním spojeny.

Než je však přistoupeno k optimalizaci, je vhodné se zamyslet nad tím, zda je vůbec nutné zásoby vytvářet a udržovat. Horáková a Kubát (1998, s. 70) tuto myšlenku vyjadřují takto: „*Nejprve je třeba analyzovat a omezovat problémy, které jsou příčinou vytváření zásob, a teprve potom se zabývat problematikou vlastního řízení zásob.*“ To jinými slovy znamená, že hlavní otázkou je, zda vůbec zásoby udržovat, a teprve dále řešit otázky množství, načasování a umístění zásob. Pernica (2005) tuto myšlenku dovádí ještě dále, když tvrdí, že zásoby mohou být v extrémní poloze vnímány jako neschopnost managementu optimálně řídit logistický řetězec. V každodenní realitě výrobních a obchodních podniků je třeba zaujmout poněkud shovívavější postoj k zásobám. Existuje mnoho pádných argumentů vedoucích k vytváření zásob. Patří mezi ně nejružnější nesoulady na sebe navazujících činností, např. prostorový nesoulad mezi místy výroby a spotřeby, nesoulad kapacit navazujících výrobních procesů, nesoulad mezi intenzitou výroby a poptávkou. Kromě toho vznikají zásoby, aby bylo možné čelit nenadálým situacím (ve výrobě, spotřebě, dopravě), které by mohly vést k nedostatku zásob a v důsledku mít pro podnik až fatální následky.

Se sílící konkurencí, rostoucí specializací a dělbou práce však již úspěch podniku nemusí záviset pouze na jeho vlastních výsledcích. Konkurují si celé dodavatelské řetězce. Podniky se tak stávají vzájemně závislými a musejí hledat cesty ke společnému úspěchu.

Problematika dodavatelských řetězců a jejich řízení je v současnosti jednou z rychle se rozvíjejících oblastí. Ač je zapojení podniků do dodavatelských řetězců v podstatě nevyhnutelné, podniky se stále nejvíce zaměřují na vlastní cíle. Je dobře známo, že individuální rozhodování jednotlivých hráčů v rámci dodavatelského řetězce, při kterém se každý snaží optimalizovat svou vlastní situaci a dosáhnout vlastních cílů, vede

k neefektivnostem a ztrátě zisku pro celý řetězec. Spengler (1950) tento jev nazval jako efekt dvojí ziskové marže.

Většina výzkumu týkajícího se zásob a jejich optimalizace se věnuje pouze řízení úrovně zásob, zatímco úroveň výroby nechává kolísat takřka neomezeně. Nicméně, fluktuace ve výrobě mohou být poměrně nákladné a někdy takové kolísání výrobní technologie ani neumožňuje. V praxi naráží řada výrobních systémů na hranice dané kapacitou. Vyrobené množství je omezené stávající pracovní silou, instalovaným výrobním zařízením a dostupností surovin.

Fluktuace výroby jsou spojené s přesčasy na jedné straně a nečinností na straně druhé, negativně ovlivňují jednotkové náklady výrobce a mohou být silně demotivující pro zaměstnance. Výrobce proto preferuje stabilní využití výrobní kapacity. Negativně na stabilitu výroby v dodavatelských řetězcích působí mj. efekt biče (z angl. „Bullwhip-effect“), jenž byl poprvé popsán Forresterem (1961), ale nejčastěji je spojován s příspěvkem Lee et al. (1997). Je to efekt charakterizovaný stále se zvětšujícími výkyvy v objemu objednávek s narůstající vzdáleností článku řetězce od koncového zákazníka.

Aby dodavatelský řetězec fungoval optimálně, je nezbytně nutný rychlý a přesný přenos všech důležitých informací mezi jeho jednotlivými články. Hlavním cílem řetězce je totiž uspokojit přání konečných zákazníků, a to lépe než jiné řetězce. Vzhledem ke klíčovému významu konečného zákazníka pro řetězec by se informace o tomto zákazníkovi a charakteru jeho poptávky měly šířit co nejrychleji a nejpresněji celým řetězcem. Kromě počtu prodaných kusů ovlivňují očekávání o prodeji konečným zákazníkům také např. plánované marketingové akce, ale i konkurence a její chování. Aby mohla být poptávka zákazníků řádně a včas uspokojena, je nutné její vývoj předem správně odhadnout a mít k dispozici dostatečné množství zboží. Zásoby zde mohou sehrát klíčovou roli. Řada podniků spoléhá na to, že zásoby lze alespoň částečně nahradit flexibilní a pohotovou výrobou.

Cílem řízení zásob v dodavatelském řetězci je minimalizovat náklady v celém dodavatelském řetězci a zároveň maximalizovat uspokojení poptávky. Tyto cíle jsou protichůdné. Jeli navíc vzato v úvahu, že každý podnik bývá zapojen do více než jednoho

dodavatelského řetězce, a že podniky nejsou ochotné sdílet interní informace, lze konstatovat, že dosažení těchto cílů bývá v praxi více než složité.

Kvůli nejistému, často až turbulentnímu vývoji na trzích, kolísání poptávky či výroby a měnícím se dodacím lhůtám je řízení zásob velmi obtížné. Univerzální model neexistuje. Je mnoho faktorů, které mají na zásoby a jejich výši vliv. Při řešení modelů, které mají realisticky kopírovat skutečnost, čistě analytický přístup často nestačí a je třeba využít simulačních metody.

Tato práce se zaměřuje na zkoumání modelu řízení zásob v dodavatelském řetězci spojeném s kontinuální výrobou s omezenou výrobní kapacitou. Oproti převažujícímu trendu výzkumu se však nezaměřuje na zásoby, ale pozornost soustředí na výrobu, její stabilizaci a vliv této stabilizace na náklady řetězce jako celku.

Cílem práce je zjistit, zda v decentralizovaném dvouúrovňovém řetězci může dodavatel (výrobce) ovlivnit chování prodejce takovým způsobem, který by v důsledku vedl ke snížení nejen výrobních nákladů dodavatele, ale i nákladů řetězce jako celku.

Práce je rozčleněna do pěti základních kapitol. V první kapitole je stanoven cíl práce, který je rozčleněn do šesti výzkumných otázek a příslušných hypotéz. Ve druhé kapitole je stanovena metodika výzkumu a jeho postup. Třetí kapitola se věnuje teoretickým východiskům oblasti řízení zásob a zejména propojení této oblasti s výrobou a výrobními náklady. Čtvrtá kapitola definuje na základě zkušeností autorky z praxe v kontextu s teoretickými východisky třetí kapitoly ekonomický a matematický model, který je poté řešen pomocí simulace v nastavené numerické studii a slouží k verifikaci výzkumných hypotéz. Pátá kapitola představuje získané výsledky a především diskuzi o těchto výsledcích, přínos provedeného výzkumu i jeho omezení.

# 1 Cíle práce a hypotézy

Cílem této práce je zkoumat efekt lokální optimalizace v decentralizovaném dodavatelském řetězci na řetězec jako celek. Lokální optimalizací je zde myšlena změna chování jednoho členu řetězce tak, že ovlivní ostatní členy řetězce a sám při tom dosáhne vyššího zisku, popř. snížení jednotkových nákladů pod úroveň, na které byly před touto změnou. Řetězec se před touto dílčí optimalizací nenachází ve svém Paretovském optimu (tj. ve stavu, kdy by dosahoval nejvyššího možného zisku a nebylo by možné zvýšit zisk jednoho článku řetězce bez stejně velkého či většího snížení zisku ostatních článků řetězce) a ani tato dílčí optimalizace nemá ambici řetězec do Paretovského optima posunout.

Tato práce nehledá optimální parametry systému, ale zkoumá vliv běžně uplatňovaných strategií chování jednotlivých článků dodavatelského řetězce na výsledek řetězce jako celku, jako součtu výsledků jednotlivých článků řetězce.

Na poli řízení zásob je velká pozornost věnována zásobám, jejich výši a strategiím objednávání zboží. V dodavatelských řetězcích je však třeba zboží také vyrobit. Výroba a s ní spojené náklady jsou nedílnou součástí celkových nákladů dodavatelského řetězce.

**Cíl práce** lze konkretizovat takto:

Zjistit, zda v decentralizovaném dvouúrovňovém řetězci sestávajícím z jednoho prodejce (distributora) a jednoho dodavatele (výrobce) může dodavatel ovlivnit prodejce takovým způsobem, který by vedl ke snížení nákladů nejen dodavatele samotného, ale i nákladů celého řetězce.

Hlavní cíl je rozdělen do několika dílčích výzkumných otázek (VO) a k nim jsou dále přiřazeny testovatelné hypotézy (HY).

V počátečním stavu průběh zásob zkoumaným řetězcem, a tedy i velikost výroby, určuje svými objednávkami prodejce, který v modelu OUT (blíže viz kapitola 4.1) objednává do předem stanovené úrovně a snaží se tak optimalizovat své náklady. To ovšem není optimální situace pro dodavatele, jehož velikost výroba za této situace silně kolísá. V druhém modelu



MOQ (opět blíže viz kapitola 4.1) dodavatel uplatní na objednávky prodejce administrativní omezení v podobě minimálního objednáčím množství, které se v praxi vyskytuje poměrně často z různých důvodů, především pak logistických. Dodavatel tak usiluje o omezení kolísání využití výrobní kapacity.

**VO 1:** Jaký vliv má navrhované omezení objednávek prodejce prostřednictvím minimálního objednáčím množství na fluktuace úrovně využití výrobní kapacity dodavatele?

**HY 1.1:** V modelu MOQ jsou objednávky prodejce, tj. úroveň výroby dodavatele, stabilnější než v modelu OUT.

Lze předpokládat, že stabilnější úroveň vytížení výrobní kapacity po uplatnění minimálního objednáčím množství s sebou přinese celkově vyšší průměrnou úroveň výroby. Celkové náklady dodavatele, sestávající z materiálních (variabilních), fixních a personálních (smíšených) nákladů, tedy budou ovlivněny vyšší výrobou, ale na druhé straně nižšími jednotkovými náklady, a proto nejsou relevantním ukazatelem prospěchu dodavatele ze stabilizace úrovně produkce. Náklady na jednotku produkce a celkový zisk dodavatele relevantními ukazateli jsou.

**VO 2:** Jaký vliv má stabilizace úrovně vytížení výrobní kapacity dodavatele na průměrnou výši výroby dodavatele?

**HY 2.1:** Průměrná výše výroby dodavatele je v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT.

**VO 3:** Jaký vliv má stabilizace úrovně vytížení výrobní kapacity dodavatele na hospodářský výsledek dodavatele?

**HY 3.1:** Náklady dodavatele na jednotku produkce jsou v modelu MOQ nižší než v modelu OUT.

**HY 3.2:** Celkový zisk dodavatele je v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT.

Vzhledem k tomu, že v modelu MOQ mají objednávky prodejce dolní mez, tj. jsou zdola omezeny minimálním objednacím množstvím, lze předpokládat, že bude muset v některých případech objednat více, než by v dané chvíli chtěl dle své optimální objednávací strategie. Celkové náklady prodejce jistě vzrostou, ať již z důvodu růstu nákladů spojených s držbou zásob, když lze očekávat vyšší průměrnou výši zásob, nebo proto, že nakoupí větší množství zboží. Na druhé straně s vyšším stavem zásob je spojena větší připravenost reagovat na poptávku zákazníků, v důsledku čehož by měly růst tržby prodejce a klesat náklady z nedostatku (případně náklady na doobjednání). Celkový zisk prodejce je ovlivněn tím, kolik prodejce dodá zboží konečným zákazníkům a jaké budou jeho jednotkové náklady. Zisk tedy může v modelu MOQ vzrůst, ale i klesnout.

**VO 4:** Jaký vliv má omezení výše objednávek zdola minimálním objednacím množstvím na zásoby prodejce?

**HY 4.1:** Průměrný stav zásob prodejce je v modelu MOQ vyšší než v OUT modelu.

**HY 4.2:** Dodávky zákazníkům jsou v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT.

**VO 5:** Jaký vliv má omezení výše objednávek zdola minimálním objednacím množstvím na hospodářský výsledek prodejce?

**HY 5.1:** Jednotkové náklady prodejce jsou v MOQ modelu vyšší než v OUT modelu.

**HY 5.2a:** Celkový zisk prodejce je v MOQ modelu vyšší než v OUT modelu.

**HY 5.2b:** Celkový zisk prodejce je v MOQ modelu nižší než v OUT modelu.

Využití administrativního omezení na výši objednávek prodejce, tj. uplatnění institutu minimálního objednávacího množství, zřejmě přinese snížení jednotkových nákladů dodavatele. Vliv na jednotkové náklady prodejce lze očekávat spíše negativní. Efekt na jednotkové náklady řetězce je tedy dopředu nejednoznačný a cílem této práce je zjistit, zda je možné dosáhnout zlepšení jednotkových nákladů řetězce jako celku.

**VO 6:** Jaký vliv má uplatnění minimálního objednáčím množství na objednávky prodejce na hospodářský výsledek řetězce jako celku?

**HY 6.1:** Jednotkové náklady řetězce jsou v MOQ modelu nižší než v OUT modelu.

**HY 6.2:** Zisk řetězce je v MOQ modelu vyšší než v OUT modelu.

Výzkumné otázky a hypotézy týkající se dodavatele (tj. VO 1 – VO 3) hledají odpověď na otázku, zda je pro dodavatele samotného vůbec výhodné uplatňovat strategii minimálního objednáčím množství. V opačném případě by nemělo smysl pokračovat s výzkumem dále, protože dodavatel samotný by postrádal motivaci tuto strategii chování uplatňovat.

Výzkumné otázky a hypotézy týkající se prodejce (tj. VO 4 a VO 5) se věnují tomu, jak se změní situace prodejce, když dodavatel omezí výši jeho objednávek zdola.

Poslední výzkumná otázka (VO 6) konkretizuje samotný hlavní cíl této práce.

## 2 Metodika výzkumu

Tato kapitola nastiňuje metodologická východiska pro prováděný výzkum.

**Cíle práce**, výzkumné otázky i jednotlivé hypotézy byly již představeny v kapitole 1. Postup výzkumu lze rozdělit do následujících fází.

V první fázi (kapitola 3) byla vymezena a shrnuta **teoretická východiska** k prováděnému výzkumu. Zařazeny sem byly příspěvky dle relevantnosti vzhledem k tématu: zejména z oblasti řízení zásob: modely řízení zásob, problematika zásob v dodavatelských řetězcích a modely zahrnující řízení zásob a výrobu.

Na základě teoretických východisek a zkušeností autorky z praxe byl ve druhé fázi (kapitola 4) formulován **ekonomický model**, včetně jeho různých variant odpovídajících různému nastavení prostředí modelu. Ač model vychází z praktických zkušeností, byl zde také zasazen do rámce již existujících odborných studií. Ve stejné kapitole byl sestaven také **matematický model**, tj. jednotlivé části modelu a události v modelu byly podrobně popsány rovnicemi. Nakonec byly připraveny číselné **vstupy pro numerickou studii**, která je hlavní částí této práce.

Ve třetí fázi (kapitola 5) proběhlo **řešení matematického modelu pomocí simulací** v rámci nastavené numerické studie. Simulace a simulační modelování je hojně využívanou technikou pro napodobení reálné situace. Největší výhodou simulačního modelování je fakt, že vše probíhá pouze v počítačovém modelu. Lze tak velmi rychle vyzkoušet řadu variant a možností bez nutnosti náročných zásahů do reálného systému (tj. reálné stavby, přestavby), který je zkoumán. Simulace proběhla metodou Monte Carlo. Tato metoda vychází z prostého opakování náhodných pokusů a ze získaných výsledků následuje odhad cílového parametru. Celá simulace se odehrála v prostředí MS Excel, zejména pro jeho snadnou dostupnost, a tedy možnost navázat na tento výzkum kdykoli v budoucnu. Základem metody Monte Carlo je potom generátor náhodných (či spíše pseudonáhodných) čísel. Pro studii byl využit generátor pseudonáhodných čísel v prostředí MS Excel. Jak v průběhu sestavování modelu,

tak v průběhu vyhodnocování výsledků probíhala verifikace modelu, tj. zda jsou výsledky v souladu s pozorováními z praxe a zda jsou navzájem konzistentní.

V kapitole 5 jsou **představeny výsledky** dosažené v provedených simulacích pro jednotlivé varianty modelu, zodpovězeny výzkumné otázky a verifikovány hypotézy představené v kapitole 1.

Pro vyhodnocení všech hypotéz představených v kapitole 1 bylo využito statistické testování hypotéz, konkrétně test hypotézy o shodě dvou středních hodnot. Nulová hypotéza:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad (2.1)$$

a alternativní jednostranná hypotéza buď:

$$H_1: \mu_1 > \mu_2 \quad (2.2)$$

v případě, že zkoumaná hypotéza tvrdí, že daná veličina klesá, nebo:

$$H_1: \mu_1 < \mu_2 \quad (2.3)$$

v případě, že zkoumaná hypotéza tvrdí, že daná veličina roste.

Statistické rozdělení zkoumaných veličin sice není známé, ale rozsah výběru je velký (1 000 opakování), proto bylo použito testové kritérium:

$$U = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1'^2}{n_1} + \frac{s_2'^2}{n_2}}} \quad (2.4),$$

které má při platnosti  $H_0$  přibližně normované normální rozdělení.

V případě, že výzkumná hypotéza této práce tvrdí, že zkoumaná veličina klesá, byla použita pro statistické vyhodnocení alternativní hypotéza (2.2) a testové kritérium na 5% hladině významnosti bylo srovnáváno s hodnotou 1,645, přičemž hodnota testového kritéria musí být vyšší, aby spadala do kritického oboru pro přijetí alternativní hypotézy.

V případě, že výzkumná hypotéza této práce tvrdí, že zkoumaná veličina roste, byla použita pro statistické vyhodnocení alternativní hypotéza (2.3) a testové kritérium na 5% hladině významnosti bylo srovnáváno s hodnotou -1,645, přičemž, aby hodnota patřila do kritického oboru pro přijetí alternativní hypotézy, musí být nižší.

Závěr kapitoly 5 byl věnován **diskuzi a interpretaci výsledků**, včetně jejich přínosu pro praxi a přínosu k již existujícímu výzkumu.

## 3 Teoretická východiska

Tato kapitola shrnuje současný stav teoretických poznatků o dodavatelských řetězcích a řízení zásob relevantní pro výzkum představovaný v této práci.

### 3.1 Řízení zásob

V rámci teorie zásob se zásobou rozumí libovolný pohotový ekonomický zdroj, který se v daném časovém intervalu trvale plně nevyužívá. Jeho velikost je stanovena tak, aby zdroj z ekonomického hlediska umožňoval co nejvýhodnější krytí budoucí potřeby tohoto zdroje. Zdroj může být charakteru finančního, hmotného, pracovních sil, výrobních kapacit aj.

#### **Příčiny vzniku a existence zásob:**

- umožňují překlenout prostorový a časový nesoulad výroby a spotřeby zdrojů,
- zabezpečují plynulost výrobního procesu,
- odstraňují kapacitní nesoulad mezi jednotlivými kroky procesu,
- snížení rizika nepředvídatelných výkyvů v poptávce nebo poruchy při doplňování zásob,
- důsledek zvláštnosti přepravy od výrobce ke spotřebiteli,
- ekonomické důvody – umožňují dosáhnout úspor z rozsahu, např. při nákupu většího množství lze získat slevu v ceně nebo lze lépe využít dopravní prostředky, a tím snížit náklady,
- vytváření zásob při přechodném snížení ceny nebo pro spekulaci s očekávaným zvýšením cen.

Ač zásoby mají svůj účel a opodstatnění, jsou s nimi spojeny také náklady.

**Náklady držby zásob** se dělí do následujících skupin (viz např. Axsäter, 2006):

- náklady na pořízení zásob (náklady na objednávku) – zahrnují náklady, které je nutné vynaložit na vystavení objednávky. Patří sem např. náklady spojené

s určováním spotřeby, poptávkovým řízením, vypracováním objednávky, dopravou, převzetím zásilky, uhrazením faktury. Pro účely řízení zásob se předpokládá, že tyto náklady jsou funkcí počtu dodávek ve sledovaném období.

- Náklady na udržování a skladování zásob (skladovací náklady) – jsou funkcí průměrné zásoby, neboť se vztahují ke každé jednotce udržované na skladu po určitou jednotku času. V optimalizačních modelech tak dochází k určitému zjednodušení, protože v praxi má část těchto nákladů charakter fixních nákladů. Tyto náklady zahrnují např. mzdy skladníků, náklady na údržbu skladovacích zařízení, nájemné skladovacích prostor, pojištění. Významnou položkou jsou také náklady vázanosti kapitálu v zásobách. Řada podniků tuto položku opomíjí, protože se neprojevuje v nákladech v účetních knihách.
- Náklady z nedostatku zásob – jsou náklady, které vznikají v důsledku neuspokojení poptávky. Tyto náklady nabývají různé formy, např. penále za pozdě dodané zboží, ztráta tržeb, vícenáklady na pořízení zásob. Mnohé z těchto nákladů lze jen obtížně kvantifikovat, např. ztráta dobrého jména podniku. Nicméně lze konstatovat, že tyto náklady jsou funkcí průměrného chybějícího množství ve sledovaném období.

Optimalizace nákladů není jednoduchou záležitostí, neboť již z tohoto krátkého přehledu je zřejmé, že jednotlivé druhy nákladů se s rostoucí velikostí dodávky chovají různě.

Při rozhodování o velikosti zásob na sebe působí dva protichůdné požadavky. Na jedné straně je třeba, aby zásoby byly co nejnižší, zejména kvůli velikosti prostředků v nich vázaných. Na druhé straně je vhodné mít k dispozici dostatečnou zásobu pro pohotové uspokojení potřeb zákazníků. Manažeři podniků pak musejí hledat kompromis mezi těmito dvěma požadavky a otázce zásob věnovat náležitou pozornost.

Základní snahou všech systémů řízení zásob je určit velikost objednávky a časový interval mezi vystavením objednávek tak, aby byly minimalizovány náklady spojené se zásobováním a skladováním. Mezi tyto náklady patří především skladovací náklady *HC* (včetně započtení nákladů vázanosti peněžních prostředků v zásobách), pořizovací náklady spojené s každou jednotlivou objednávkou *OC* a případně náklady z nedostatku zásob *SC*.



## 3.2 Modely zásob

Při zkoumání zásob, jejich aktuální výše a chování v čase se musí přihlížet k tomu, v jakém prostředí jsou vlastně zkoumány. Problematika řízení zásob je velmi rozmanitá, proto se rozlišují různé modely zásob. Univerzální model neexistuje a každá situace v praxi je jedinečná a žádá si specifické řešení. Vědci proto zkoumají obecnější teoretické modely, které později slouží jako inspirace pro konkrétní řešení v praxi.

Modely spojené s optimalizací zásob mohou být klasifikovány podle mnoha znaků. Např. podle typu poptávky a zásobování na deterministickou (poptávka během časového období je pevně dána) a stochastickou (s pravděpodobnostním rozdělením), podle charakteru doplňování zásob na dynamickou (opakované objednávky) a statickou (jednorázová zásoba), podle množství úrovní na jednoúrovňovou nebo víceúrovňovou, podle množství produktů na modely s jedním či více produkty, podle omezenosti produkce nebo zdrojů na kapacitně omezenou či neomezenou. Podle možností při nedostatku zásob lze dělit modely zásob na ty, kde je možné nedodělky kumulovat, tj. je možné uspokojit poptávku této periody v periodách následujících, a modely, v nichž je v případě poptávky převyšující aktuální úroveň zásob považována neuspokojená poptávka za ztracenou. Dále je možné systémy pozorovat neustále, nebo v diskrétních okamžicích. Z hlediska doplňování zásob lze rozlišit dvě alternativy, ve statických modelech dojde pouze k jedinému doplnění stavu zásob, kdežto v dynamických modelech je stav zásob doplňován opakovaně.

Základní jednoúrovňové modely s jedním produktem, na kterých staví celá řada dalších prací, jsou tzv. problém prodavače novin (z angl. „Newsvendor problem“) a EOQ model, z angl. „Economic Order Quantity“.

### 3.2.1 Newsvendor model

Typickým příkladem systému řízení zásob, který řeší podmínky statického modelu, je tzv. „Newsvendor problem“ přisuzovaný F. Y. Edgeworthovi. V české literatuře je možné setkat s názvem „problém prodavače novin“ (např. Fiala, 2005).

V tomto modelu se prodavač novin rozhoduje, kolik výtisků pořídit, přičemž nezná skutečnou budoucí poptávku. Nutno dodat, že se jedná vždy o rozhodování pro jedno časové období. Další den už jsou noviny z předchozího dne neprodejné. Obdobně se může rozhodovat pekař o počtu rohlíků, či prodavač vánočních stromků.

Prodavač každé ráno nakupuje noviny, aby je během dne prodal. Má jistě obecnou představu o tom, kolik výtisků může prodat, ale nikdy neví s jistotou, kolik jich opravdu prodá. Někdy prodá všechny výtisky, ale byl by schopen jich prodat i více. V takovém případě utrpí náklady z nedostatku, neboli z výtisků, které ještě mohl prodat a realizovat na nich zisk. Jindy část výtisků skončí ve sběru a prodavač utrpí ztrátu z nadbytku rovnající se pořizovacím nákladům těchto přebytečných výtisků, popř. i nákladům na jejich skladování a likvidaci.

Dosažení shody mezi nabídkou a poptávkou, při nejisté poptávce, je pro ekonomy velkou výzvou. Na tomto modelu se prezentují nejrůznější strategie a kontrakty, jak omezit riziko prodejců. Dále jsou základní poznatky tohoto modelu převáděny i do dynamických modelů (např. Laderman, Littauer a Weiss, 1953).

Karlin a Scarf (1958) stavějí na práci Arrowa, Harrise a Marschaka (1951) a uvažují verzi problému prodavače novin s více periodami. Ukazují, že při sledování kritéria diskontovaných nákladů je optimální přístup objednávání dle základního stavu zásob (z angl. „Base-stock policy“) neboli doplňování zásob do předem stanovené výše (z angl. „Order up-to“), pokud lze kumulovat nedodělky a zásoby k naplnění požadavků neuspokojené poptávky doobjednávat.

### **3.2.2 Model EOQ**

V souvislosti se systémy řízení zásob nelze vynechat model EOQ. Tento model poprvé formuloval F. W. Harris v článku „How many parts to make at once“ již v roce 1913. Harris (1913) se snažil obecně určit takovou velikost výrobní dávky, aby výroba byla ekonomicky nejvýhodnější. Na tento ne příliš precizně formulovaný model pak navázal v roce 1934

R. H. Wilson (Wilson, 1934), proto je tento model v literatuře často označován také jako Harris-Wilsonův.

Dnes běžně užívaný název EOQ vychází z anglického názvu „Economic Order Quantity“ (volně přeloženo: „model optimální velikosti objednávky“). Cílem je stanovení takové velikosti objednávky, která by minimalizovala náklady spojené se zásobami. Model je založen na následujících předpokladech (viz např. Jablonský, 2007):

- poptávka ( $D$ ) je známá, konstantní a spojitá v čase;
- čerpání zásob ze skladu je rovnoměrné;
- dodací lhůta ( $L$ ) je známá a konstantní;
- neexistuje limit ve velikosti objednávky ( $Q$ ), všechny objednávky jsou stejně velké;
- náklady na vystavení objednávky ( $OC$ ) nezávisí na její velikosti, stejně tak náklady na dodání;
- náklady na skladování jednotky zásob ( $HC$ ) za jednotku času (obvykle 1 rok) nezávisí na množství zásob na skladě;
- všechny ceny jsou známy a konstantní;
- vznik nedostatku zásob není přípustný;
- k doplnění skladu dochází v okamžiku jeho vyčerpání.

Model neuvažuje pojistnou zásobu, průměrnou výši zásob lze spočítat jako výši objednávky  $Q$  děleno dvěma. Počet objednávek za rok (nebo také počet objednávkových cyklů) při výši poptávky  $D$  je dán podílem  $D/Q$ .

Celkové náklady (variabilní a fixní) lze vyjádřit vztahem (3.1).

$$TC = VC + FC = HC \frac{Q}{2} + OC \frac{D}{Q} \quad (3.1)$$

Při hledání minimální hodnoty funkce je třeba položit první derivaci funkce  $TC$  (podle  $Q$ ) rovnu nule. Úpravou do podoby (3.2) lze získat známý **Harris-Wilsonův vzorec pro optimální velikost objednávky ( $Q^*$ )**.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot OC}{HC}} \quad (3.2)$$

V praxi naráží použití Harris-Wilsonova vzorce na řadu problémů, které jsou ve své podstatě dány velmi omezujícími předpoklady modelu:

- poptávka musí být známá a konstantní, bez výkyvů (např. sezónních);
- náklady musí být stabilizované;
- nebere se v úvahu kapacita přepravních prostředků, velikost použitelných obalů;
- velikost skladu může být omezená a nemusí pojmout vypočtené objednávací množství;
- ignoruje se doba použitelnosti zboží (z fyzických i morálních důvodů);
- optimální velikost dodávky se počítá pro každou položku zásob zvlášť, nezávisle na dalších položkách;
- vzorec optimalizuje situaci pouze jednoho článku dodavatelského řetězce bez ohledu na vazby na ostatní články, popř. řetězec jako celek.

Ač je podle svých předpokladů tento model deterministický a dynamický, je výše uvedený Harris-Wilsonův vzorec dodnes jedním z nejpoužívanějších v teorii zásob. I přes značně omezující předpoklady modelu, se vztah (3.2) používá alespoň jako odhad optimální velikosti objednávky i pro modely stochastické.

Stejnou klíčovou otázku řeší také deterministický model s časově proměnnou poptávkou, známý jako Wagner-Whitinův model (Wagner a Whitin, 1958).

### 3.3 Řízení zásob v dodavatelských řetězcích

Jak se začalo šířit povědomí o dodavatelských řetězcích, začali se i vědci zkoumající zásoby zabývat interakcí podnikatelských subjektů a optimalizací zásob v nich. Jak bylo uvedeno již v úvodu této práce, optimalizace zásob na úrovni jednotlivých subjektů vede k celkově neefektivnímu systému s vysokými náklady.

### 3.3.1 Rozhodování o zásobách v dodavatelských řetězcích

Od padesátých let 20. století se rozvíjí široké spektrum výzkumu v oblasti řízení zásob. Z velké části navazují na základní modely, problém prodavače novin a EOQ model zmíněné v předchozí podkapitole.

Karlin a Scarf (1958) uvažují verzi problému prodavače novin s více periodami. Ukazují, že při sledování kritéria diskontovaných nákladů je optimální přístup objednávání dle základního stavu zásob (z angl. „Base-stock policy“) neboli **doplňování zásob do předem stanovené výše** (z angl. „Order up-to“), pokud lze kumulovat nedodělky a zásoby k naplnění požadavků neuspokojené poptávky doobjednat.

Na problematiku optimální objednacích strategie a optimalizace zásob ve víceúrovňových dodavatelských řetězcích bez jakýchkoliv kapacitních omezení se ve svém výzkumu zaměřili Clark a Scarf (1960). Ve svém klíčovém příspěvku uvažují čistě sériový dodavatelský řetězec, periodické doplňování zásob, lineární náklady na držbu zásob a doobjednávání, žádné náklady na seřízení a stochastickou poptávku konečných zákazníků. V případě konečného plánovacího horizontu pak zjišťují, že optimální objednacích strategie pro celý dodavatelský řetězec může být rozložena na rozhodnutí založená výhradně na stavu zásob jednotlivých úrovní řetězce. Představují koncept stavu zásob na celé úrovni řetězce a prokazují, že optimální objednacích strategie je doplňování zásob do předem stanovené výše (z angl. „Base-stock policy“). Federgruen a Zipkin (1984) rozšiřují toto zjištění i pro případ nekonečného plánovacího horizontu. V sériových systémech může být doplňování zásob do předem stanované výše pro celou úroveň řetězce považováno za ekvivalentní k lokálnímu doplňování zásob do předem stanovené výše. Chen a Zheng (1994) poskytují jednoduchý způsob jak prokázat optimalitu této objednacích strategie. Rosling (1989) ukazuje, že obecný dodavatelský řetězec (s libovolným počtem produktů) je ekvivalentní k sériovému systému, a tak výsledky Clarka a Scarfa stále platí.

Cachon a Zipkin (1999) uvažují decentralizovaný dvouúrovňový řetězec (prodejce a dodavatel) bez kapacitních omezení. K problému přistupují s využitím teorie her. Porovnávají hry lokální a úrovněvé (myšlena je úroveň dodavatelského řetězce) s výsledky

Clarka a Scarfa (1960), tj. s optimumem pro dodavatelský řetězec. Cachon (1999) rozšiřuje platnost výsledků pro verzi se ztracenou poptávkou.

Další příspěvky k tomuto směru výzkumu uvažují např. nestacionární poptávku – viz Karlin (1960), Zipkin (1989) a Morton a Pentico (1995); modely s nepřetržitým sledováním stavu zásob – viz Song a Zipkin (1993); náklady na seřízení / nastavení – viz Beyer a Sethi (1997) a Sethi a Cheng (1997); nebo objednávání ve várkách – viz Cachon (2001).

### **3.3.2 Rozhodování o zásobách v dodavatelských řetězcích s omezenou kapacitou**

Všechny výše zmíněné modely předpokládají, že kapacita výroby je neomezená a s konstantními, nebo nezávislými dodacími lhůtami.

Federgruen a Zipkin (1986a, 1986b) však uvažují model s diskrétním časem, jednoúrovňový, s jedním produktem, s periodickým doplňováním zásob, se stacionární stochastickou poptávkou a **s omezenou výrobní kapacitou**. Za těchto podmínek ukazují na kritériu průměrných a poté i diskontovaných nákladů, že optimální objednávací strategií je **modifikovaná verze doplňování zásob do předem stanovené výše** (z angl. „Modified base-stock policy“). Při uplatňování této strategie se nechá v každém časovém úseku úroveň produkce kolísat až do předem stanovené maximální výrobní kapacity. Pozornost se přitom soustředí na minimalizaci nákladů na držení zásob a doobjednávání.

Modifikovaná verze doplňování zásob do předem stanovené úrovně na počátku stanoví cílovou úroveň zásob. Pokud je úroveň zásob na počátku periody pod touto cílovou hodnotou, objednává se rozdíl mezi cílovou a současnou úrovní stavu zásob. Přitom je však třeba dbát na omezení výrobní kapacitou. Velikost objednávky je jí shora omezená.

Tayur (1993) předkládá metodu výpočtu optimální hodnoty cílové úrovně stavu zásob při této objednávací strategii. Ve své analýze Tayur používá proces nedostatku (modelovaný jako Markovův řetězec) k popisu vývoje objednávek, které nebyly vyrobeny právě z důvodu omezené výrobní kapacity.

Kapuscinski a Tayur (1998) navazují na tuto analýzu a rozšiřují závěry Federgruena a Zipkina na model se stochastickou cyklickou poptávkou. Metters (1997) aplikuje heuristický přístup na ten samý problém se ztracenou poptávkou. Aviv a Federgruen (1997) uvažují model s omezenou kapacitou, ve kterém dochází k cyklickým změnám parametrů.

Výzkum víceúrovňových modelů s omezenou kapacitou v každé jednotce se objevuje jen zřídka. Glasserman and Tayur (1994, 1995) studují stabilitu takových víceúrovňových modelů s omezenou kapacitou za předpokladu používání objednacích strategie doplňování zásob do předem dané výše. Docházejí k závěru, že pokud je průměrná poptávka nižší než kapacita každého článku řetězce, pak zásoby i nedodělky jsou stabilní. Speck a Van der Wal (1991a, 1991b) studují dvouúrovňový řetězec a naznačují, že užití modifikované verze doplňování zásob do předem dané úrovně nemusí být vždy optimální, a nabízejí „blízkou“ strategii doplňování zásob do předem dané úrovně jako odhad optimální strategie.

Také Rao et al. (1999) ve specifických podmínkách dodavatelského řetězce s částečnou kumulací nedodělků a poptávkou závislou na rychlosti dodávky konstatují, že ač objednacích strategie doplňování zásob do předem dané výše nemusí být vždy optimální, má velkou výhodu v tom, že je jednoduchá a blízko k optimu.

### **3.3.3 Společná koordinace kupujícího a dodavatele**

Goyal (1977) je považován za prvního, který vyslovil myšlenku optimalizace společně pro kupujícího a dodavatele (z angl. „Buyer vendor coordination“). Cílem jeho modelu bylo minimalizovat celkové relevantní náklady jak pro kupujícího, tak pro dodavatele na základě objednacích množství ( $q$ ). Předpokládal neomezenou rychlost doplnění zásob dodavatele, tj. předpokládal, že dodavatel sám zboží nevyrábí, ale kupuje od jiného dodavatele. Navíc pracoval s předpokladem, že náklady na držbu zásob nejsou závislé na jejich ceně (jinými slovy jejich cena je fixní). Spolupráce (tj. úsilí o koordinaci) kupujícího a dodavatele zde probíhala na základě smluvního ujednání.

Tento model inicioval celý proud výzkumu, který se v angličtině nazývá obvykle „Buyer vendor coordination“, popř. „Integrated inventory model“ nebo také **JELS model** (z angl.

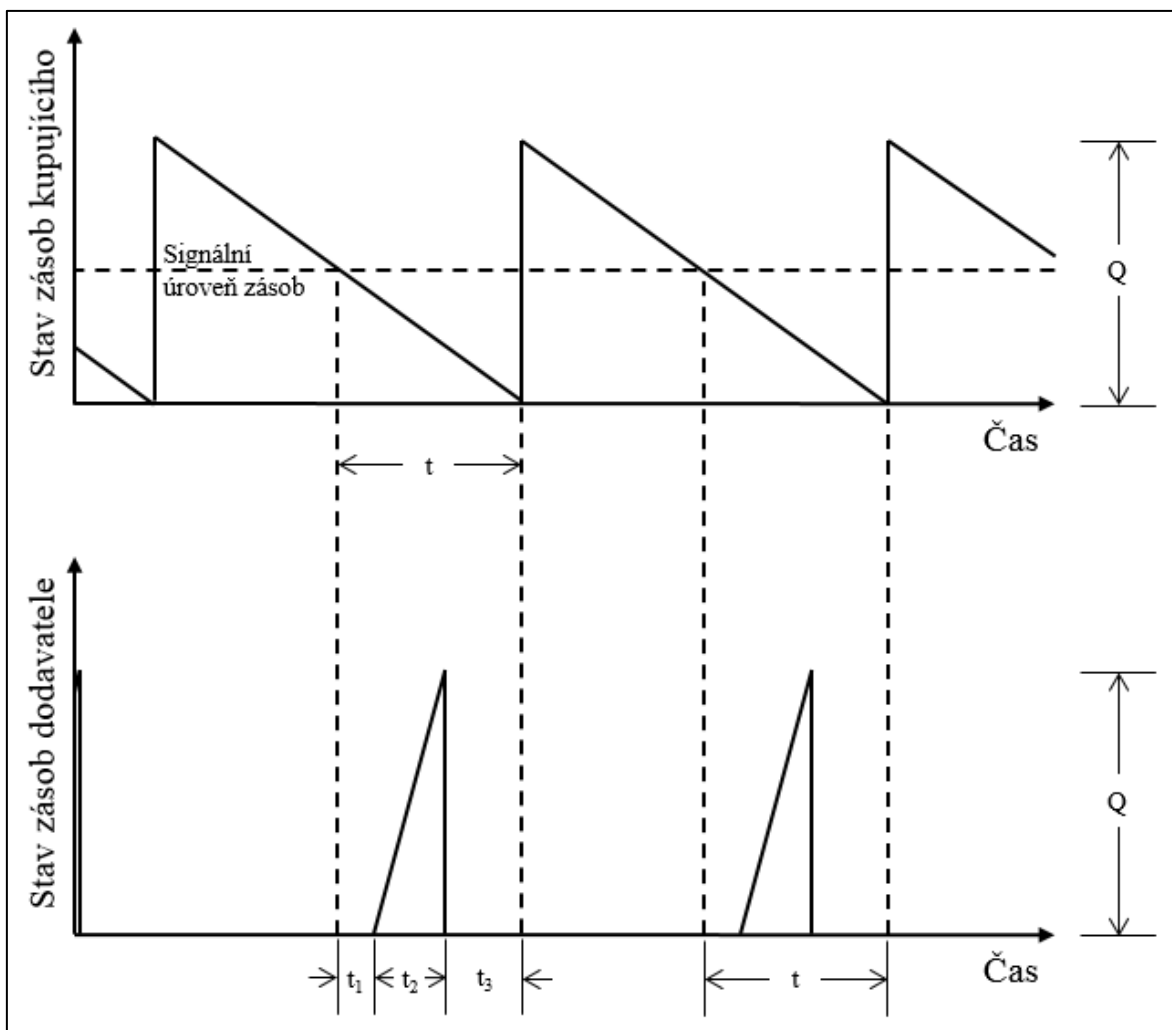
„Joint Economic Lot Size Model“). Podrobný přehled literatury na toto téma přináší např. Goyal a Gupta (1989), Sarmah et al. (2006) a nejnověji také Glock (2012).

Lee a Rosenblatt (1986) navázali na Goyalův model a uvažovali koordinaci mezi kupujícím a dodavatelem na základě obecného modelu množstevních slev. Tím přestaly být náklady na držbu zásob konstantní.

Přelomovým je další rozšíření Goyalova modelu, které představil Banerjee (1986), když zapracoval omezenou rychlost doplňování zásob u dodavatele. Tím vlastně **poprvé považoval dodavatele za výrobce**.

Ve své práci představuje jednoduchý model, kde kupující periodicky objednává určité množství ( $Q$ ) daného zboží od dodavatele. Dodavatel pak následuje objednávku kupujícího a objednané množství vyrobí. Když je dávka hotová, pošle ji celou ke kupujícímu. Tento proces ilustruje následující Obr. 3.1. Jak je z obrázku vidět celková dodací lhůta  $t$  sestává z času, který je potřeba na předání objednávky ( $t_1$ ), samotné doby výroby ( $t_2$ ) a času, který je potřeba na dodání celé dávky od dodavatele kupujícímu ( $t_3$ ).





Zdroj: upraveno dle Banerjee (1986)

**Obr. 3.1: Průběh stavu zásob kupujícího a dodavatele**

Celkové relevantní náklady kupujícího a dodavatele ( $TRC$ ) lze vyjádřit následovně (upraveno dle Banerjee, 1986):

$$TRC = \frac{D}{Q}OC + \frac{Q}{2}rp_s + \frac{D}{Q}M + \frac{DQ}{2V}rC_v \quad (3.3)$$

kde:

$TRC$  celkové relevantní náklady kupujícího a dodavatele;

$D$  roční poptávka po produktu;

$Q$  objednávací množství kupujícího (ale i výrobní dávka dodavatele);

$OC$  náklady kupujícího na vystavení objednávky;

$r$  roční náklady na držbu zásob vyjádřené jako procento z hodnoty zásob dané firmy;

- $p_s$  cena zboží zaplacená kupujícím za jednotku zboží;  
 $M$  náklady dodavatele na seřízení strojů před každou výrobní dávkou;  
 $V$  roční kapacita produkce zboží dodavatele;  
 $C_v$  výrobní náklady dodavatele na jednotku zboží (vyjma nákladů na seřízení strojů a nákladů na držbu zásob).

Celkové relevantní náklady řetězce se tak dle rovnice (3.3) rovnají součtu nákladů kupujícího na objednání, nákladů kupujícího na držbu zásob, náklady dodavatele na seřízení strojů před započítáním každé výrobní dávky a nákladů dodavatele na držbu zásob.

Derivací rovnice (3.3) podle množství  $Q$  lze získat rovnici (3.4) pro společné optimální objednávací množství  $Q^*$ .

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(OC+M)}{r(p_s + \frac{D}{V}C_v)}} \quad (3.4)$$

Goyal (1988) se pak vrátil ke svému modelu a zobecnil Banerjeeho úvahu tím, že dodavatel může vyrábět i celočíselný násobek objednávacího množství kupujícího ( $nq$ ). Přitom předpokládal, že celá výrobní dávka se vyrobí před první dodávkou kupujícímu. Poprvé tak opustil myšlenku výroby dávky po dávce (z angl. „Lot-for-lot“).

V dalším příspěvku k tomuto proudu výzkumu pak Goyal (1995) uvolňuje i předpoklad, že se celá výrobní dávka musí vyrobít před tím, než se pošle první objednávka kupujícímu. Snižuje tak proti předchozí verzi modelu náklady na držbu zásob u dodavatele.

Stále se rozrůstající proud výzkumu v této oblasti se v zásadě vydává jedním ze dvou směrů (Sari et al., 2012): buď slevuje z některých předpokladů původního modelu, nebo se zabývá komplexnějším dodavatelským řetězcem.

Chakravarty a Martin (1988) ve svém modelu uvažují neomezenou rychlost doplnění zásob, ale tentokrát zkoumají množstevní slevy v systému s periodickým vystavováním objednávek. Navrhují rozdělit roční úspory systému mezi kupujícího a dodavatele podle předem stanovených pravidel.

Weng (1995) pak zkoumá dvě různé verze množstevních slev v integrovaném modelu řízení zásob, tj. slevu na všechny jednotky a dodatečnou slevu na jednotky přesahující stanovenou hranici. Uvažuje poptávku citlivou na změnu ceny a sleduje přínos pro jak kupujícího, tak dodavatele, pokud je cílem maximalizace zisku dodavatele, popř. pokud je cílem maximalizace zisku celého řetězce. Ukazuje, že obě verze množstevních slev přinášejí prospěch kupujícímu i dodavateli.

Dosud zmíněné modely se zabývají především výrobním programem, popř. tím, kolik a jak velkých dodávek přesunovat mezi dodavatelem a kupujícím za podmínek deterministické poptávky. Za podmínek stochastické poptávky nabývá na důležitosti otázka dodací lhůty a její kontroly. Touto oblastí se zabývá také celá řada autorů, lze zmínit např. Ben-Daya a Hariga (2004), Hoque a Goyal (2006) nebo Boute et al. (2007).

Uvolňováním dalších předpokladů se lze dostat k modelům, které se zabývají nedokonalou kvalitou – viz např. Affisco et al. (2002), umožňují uspokojit objednávku ve vícero dodávkách – viz např. Pujawan a Kingsman (2002), zahrnují náklady na transport – viz např. Ertogral et al. (2007). Chang et al. (2006) uvažují klesající náklady na seřízení, popř. na objednávku. Chang a Chiu (2005) zpracovali přehled literatury, která se zabývá dodávkami v dávkách. Pentico a Drake (2011) zpracovali přehled modelů s částečnou kumulací nedodělků a slevami, Chang et al. (2008) pak poskytují přehled literatury modelů s dodavatelskými úvěry.

V druhém směru jsou příspěvky, které se zabývají více než dvěma články řetězce. Modelem zabývajícím se koordinací mezi jedním dodavatelem na straně jedné a více kupujícími na straně druhé se poprvé zabývá Banerjee a Burton (1994). Modely s jedním kupujícím a vícero dodavateli pak představuje např. Glock (2011).

Po charakteristice základních příspěvků na téma integrované modely řízení zásob je vhodné stručně shrnout jejich základní předpoklady a omezení. Přestože zobrazují dodavatelský řetězec značně zjednodušeně, přinášejí základní poznání, že je možné zvýšit zisk celého řetězce, pokud kupující bude objednávat větší množství, než je jeho individuální optimum na základě EOQ (Sarmah et al., 2006).

**Většina** výše zmíněných **integrovaných modelů řízení zásob předpokládá:**

- pouze dva články řetězce (kupujícího a dodavatele) a jeden produkt;
- dynamickou deterministickou poptávku necitlivou na cenu;
- nulové dodací lhůty (nebo alespoň deterministické);
- náklady na držbu zásob nezávislé na kupní ceně;
- žádné nedostatky, ani kumulace nedodělků;
- kompletní znalosti dodavatele o kupujícím (především co se týče nákladů ovlivňujících jeho objednávací chování a o poptávce).

Celkové relevantní náklady modelu pak zahrnují náklady na držbu zásob u dodavatele i kupujícího, objednávací náklady, transportní náklady a náklady na seřízení strojů.

Rozsáhlé přehledy literatury na poli integrovaných modelů představují Ben-Daya et al. (2008) nebo Glock (2012).

### **3.3.4 Vyrovnávání výroby**

Většina výzkumu týkajícího se zásob kontroluje model přes řízení úrovně zásob, zatímco úroveň výroby nechává kolísat od jedné časové periody k druhé. Nicméně, fluktuace ve výrobě mohou být poměrně nákladné, někdy takové kolísání ani výrobní technologie neumožňuje. Modigliani a Hohn (1955) poskytují jeden z prvních modelů vyrovnávání výroby, základní rámec pak byl shrnut např. Johnsonem a Montgomerym (1974).

Výrobní zařízení mají horní limit výroby stanovený výrobní kapacitou. Je to dáno zejména instalovaným strojním vybavením, obsazením personálem, nebo kombinací obou důvodů. Pokud poptávka převyší tuto kapacitu, tento přebytek poptávky může být uspokojen ze zásob, doobjednán nebo ztracen. Ke zmírnění přebytku poptávky může být použita přesčasová práce ve výrobě, ta ale znamená dodatečné náklady.

Naopak pokud je poptávka nižší než výrobní kapacita a výrobce se rozhodne nevyrábět na sklad, zařízení a pracovníci jsou nevyužiti. Oba případy, práce přesčas i nevyužití plné

kapacity, mají další následky. Ve vztahu k pracovníkům může např. nastat situace, že unavení pracovníci s větší pravděpodobností udělají při práci chybu, nevyužití pracovníci zase mohou ztrácet schopnosti a motivaci.

Jak nevyužití pracovníci, tak přesčasová práce ovlivňují náklady na jednotku produkce. Proto Chan a Muckstadt (1999) uvažují nad efekty svázání výroby nejen horním limitem daným kapacitou, ale také dolním limitem, tj. minimálním využitím výrobního zařízení. Navázali na tradiční koncept nedostatku (viz Tayur, 1993) a představili a analyzovali proces čistého nedostatku zásob (také jako Markovův řetězec) a prokazují, že výroba by měla být řízena „**modifikovanou-modifikovanou**“ **strategií doplňování zásob do předem dané úrovně**. Tato strategie minimalizuje očekávané náklady řetězce na jednotku produkce v neomezeném časovém horizontu.

„Modifikovaná-modifikovaná“ verze doplňování zásob do předem stanovené úrovně na počátku stanoví cílovou úroveň zásob. Pokud je úroveň zásob na počátku periody pod touto cílovou hodnotou, objednává se rozdíl mezi cílovou a současnou úrovní stavu zásob. Přitom je však třeba dbát na omezení výrobní kapacitou, jíž je velikost objednávky omezená shora, a také omezení dané minimálním využitím výrobního zařízení, jímž je velikost objednávky omezená zdola (na rozdíl od „jednou“ modifikované verze doplňování zásob do předem stanovené úrovně, kterou představili Federgruen a Zipkin, 1986a, a vztahuje se na případy, kdy je výroba omezena shora kapacitou, ale nemá žádné omezení zdola).

## 4 Charakteristika modelů

Tato práce zkoumá jednoduchý dodavatelský řetězec. Christopher (1998, str. 15) nabízí stručnou, přesto výstižnou definici dodavatelského řetězce: *„Dodavatelský řetězec je síť organizací, které jsou zapojeny do rozmanitých procesů a činností, které vytváří hodnotu pro konečného zákazníka v podobě výrobků a služeb.“*

Dodavatelské řetězce se skládají z jednotek s vlastními zájmy. Optimalizace jednotlivých částí nemusí nutně znamenat optimalizaci řetězce jako celku, jak poukázal již Spengler (1950). Proto je důležitý celkový pohled na řetězec a řízení jednotlivých článků řetězce jako celku.

V dodavatelském řetězci dochází k pohybu materiálu a informací. Materiálový tok představuje tok výrobků od výrobce k zákazníkovi, ale také tok výrobků, které zákazník vrací výrobcí k likvidaci a recyklaci. Vaněček (2008) si představuje ideální materiálový tok jako takový, který je dostatečně velký, aby umožnil pokrýt poptávku, a zároveň maximálně plynulý, tj. nikde se nezastavující, a pokud ano, pak jen z technických důvodů a na nezbytně nutnou dobu. V realitě dodávek materiálu v pevném skupenství je ovšem situace komplikovanější. Manipulace s tímto materiálem vyžaduje naložení, dopravu, složení, obvykle také balení. Tento materiál se dopravuje v určitých dávkách ovlivněných manipulovatelností, spotřebou a v neposlední řadě také kapacitou dopravních prostředků. Tok tedy ztrácí na plynulosti a vznikají místa skladování materiálu.

Většina prací na poli teorie zásob se zaměřuje na zásoby, kde a kolik jich vytvářet, jaké jsou náklady s nimi spojené, popř. na související logistické úkony (skladování, transport, sdružování dodávek apod.), a separuje tak témata zásob a výroby. Nicméně, zásoby ovlivňují výrobu vystavováním objednávek a výroba naopak ovlivňuje zásoby tím, jak rychle a spolehlivě objednávky plní.

Zásoby jsou odpovědí na to, jak rychle a včas uspokojit zákazníky. Nemusí to ale být odpověď jediná. Je možné, že adekvátní reakcí dodavatelského řetězce (nebo jednotlivé firmy) na tento problém je také zrychlení reakce na objednávku zákazníka (tj. zkrácení času

od přijetí objednávky přes výrobu po dodání zákazníkovi). Pokud by reakce (výroby) na objednávku byla tak rychlá, jak je zákazník ochoten čekat, není třeba držet zásoby.

Výroba je jedním z významných faktorů řetězce ovlivňujícím výši zásob. Náklady na výrobu jsou součástí nákladů dodavatelského řetězce, ač je většina teorií zásob (i těch, které se zabývají zásobami v celém dodavatelském řetězci) naprosto přehlíží. Benjaafar et al. (2005) předpokládají, že oddělení výroby a zásob do dvou nezávislých oblastí je realistické, pokud jsou od sebe tyto oblasti odděleny velkou zásobou drženou u výrobce nebo v následujících člancích řetězce. Také to může být rozumné, pokud zásobovací systém a výrobní systém patří různým subjektům a výrobce garantuje pevnou dodací dobu nebo pokud doba strávená přepravou je podstatně delší než výrobní dodací lhůta. Naproti tomu Boute et al. (2007) konstatují, že v propojených výrobně zásobovacích systémech tyto předpoklady bývají naplněny jen zřídka.

Před zahájením výroby produktu je nutné stanovit, jak velkou kapacitu vlastně bude výrobní linka mít. Na tomto rozhodnutí totiž záleží nejen to, kolik bude firma schopna dodávat svým zákazníkům, ale také její náklady. Náklady lze definovat jako spotřebu výrobních vstupů vyjádřenou v peněžních jednotkách. Náklady se z hlediska závislosti na objemu produkce rozdělují na variabilní a fixní. Přiřazení jednotlivých druhů nákladů do těchto dvou kategorií se však mění podle časového horizontu, po který jsou zkoumány. Obecně čím kratší je zkoumané období, tím více nákladových druhů bude patřit do fixních nákladů, čím delší období je pro případnou změnu k dispozici, tím více nákladových druhů lze změnit a zařadit je tak mezi variabilní náklady.

Tato práce a zkoumaný model staví na dlouholetých zkušenostech autorky z praxe v různých oblastech a pozicích automobilového průmyslu. V této oblasti je v rámci dodavatelského řetězce vytvářen vysoký tlak na výrobu na objednávku, minimální (či nejlépe vůbec žádné) zásoby a navíc dodávky v režimu JIT (z angl. „Just in Time“). Výroba je kontinuální, náklady z nedostatku vysoké – ať již ve formě ušlého okamžitého zisku, či ušlého zisku z poprodejních služeb, nebo také přímo smluvní pokuty v rámci dodavatelského řetězce při zastavení výroby následujícího článku řetězce.

Překvapivé je, jak často výroba jednotlivých článků řetězce naráží na své kapacity a jak vysoce kolísá úroveň vytížení výrobních kapacit i přes nasazení pokročilých plánovacích a komunikačních systémů.

Přes vyžadovanou a často také deklarovanou spolupráci a sdílení dat je mnoho informací jednotlivými články řetězce zadržováno, nesdíleno s ostatními, a to i v rámci spřízněných společností (např. v rámci jednoho koncernu, ale i jedné společnosti), natož pak mezi společnostmi nespřízněnými. Proto se tato práce zaměří na nekoordinovaný decentralizovaný dodavatelský řetězec.

Z předchozího přehledu literatury je zřejmé, že oblasti řízení zásob v dodavatelském řetězci se zohledněním kontinuální výroby s omezenou kapacitou se věnuje velmi málo pozornosti. Přínosem této práce je tedy i propojení oblastí řízení zásob a efektů vyhlazování úrovně vytížení výrobní kapacity kontinuální výroby na jednotkové náklady celého řetězce – jinými slovy na nákladovou konkurenceschopnost takového řetězce.

## 4.1 Ekonomický model

Model zkoumaný v této práci vychází nejen z praktických zkušeností autorky, ale je také postaven na dostupných pracích především z oblasti teorie zásob. Zkoumaný model odpovídá běžné situaci v automobilovém průmyslu, jedná se o sériový dodavatelský řetězec sestávající z jednoho prodejce a jednoho dodavatele s periodickým doplňováním zásob a omezenou výrobní kapacitou. Nutno podotknout, že systémy s periodickou kontrolou stavu zásob jsou v praxi obecně velmi rozšířené. Je to dáno mimo jiné jejich jednoduchostí a také možností objednávat různé položky zásob najednou u jednoho dodavatele.

**Dodavatel** (výrobce) vyrábí jeden produkt, který od něho kupuje **prodejce** (distributor), aby uspokojil stochastickou stacionární poptávku konečných zákazníků, jíž čelí. Pro tento produkt je zmíněný dodavatel jediným výrobcem a zmíněný prodejce výlučným kupujícím. Není zde tedy žádný jiný dodavatel pro prodejce a jiný odběratel pro dodavatele, což je standardní stav v praxi, jakmile si výrobce automobilů vybere svého dodavatele pro konkrétní produkt. Dodavatel jakožto výrobce má své další dodavatele surovin, ale v tomto



modelu se pro zjednodušení předpokládá, že dodavatel má suroviny k dispozici vždy včas a v potřebném množství. Zkoumaný dodavatelský řetězec je zobrazen dále na Obr. 4.1, přičemž pozornost se v této práci soustředí na dodavatele a prodejce, tj. zeleně vyznačený úsek řetězce.

Z teoretických východisek je důležitý příspěvek Clarka a Scarfa (1960). I oni uvažují sériový řetězec s periodickým doplňováním zásob, lineární náklady na držbu zásob a doobjednávání, žádné náklady na seřízení a stochastickou poptávku konečných zákazníků. Clark a Scarf pak prokazují, že optimální objednávací strategií je doplňování zásob do předem dané výše (z angl. „Base-stock policy“).

Stejně tak prodejce v modelu zkoumaném v této práci držíc zásoby hotových výrobků k uspokojení stochastické poptávky koncových zákazníků preferuje řídit úroveň svých zásob za pomoci strategie doplňování zásob do předem stanovené výše.

Cachon (1999) pak rozšiřuje platnost výsledků Clarka a Scarfa (1960) pro verzi modelu se ztracenou poptávkou. V této práci bude model zkoumán ve dvou variantách s ohledem na situaci, kdy je poptávka spotřebitelů vyšší než zásoby prodejce:

- se ztracenou poptávkou;
- s možností kumulace nedodělků.

Ve variantě modelu **se ztracenou poptávkou** musí být poptávka zákazníků v dané periodě uspokojena před jejím koncem, přebytek poptávky nad dostupnými zásobami na konci časové periody je ztracen. Zákazník je netrpělivý a není ochoten čekat. Ztracená poptávka s sebou nese náklady z nedostatku. Pro ilustraci si je lze představit jako ušlý zisk z poprodejních služeb, nebo přímo různé pokuty za nedodání.

Ve variantě modelu **s možností kumulace nedodělků** je přebytek poptávky doobjednán a uspokojen v některé z dalších časových period. Ovšem toto doobjednání s sebou nese penalizaci (tj. náklady na doobjednání). Lze si je představit i jako slevu poskytnutou zákazníkovi proto, aby byl ochotný na zboží čekat do další časové periody.

Výrobní kapacita dodavatele je stanovena předem, na základě dohody mezi oběma hráči, a to lehce nad průměrnou poptávkou spotřebitelů. Dodavatel vyrábí na objednávku prodejce. Nedrží žádné zásoby hotových výrobků. Toto jsou opět předpoklady postavené na zkušenostech z praxe automobilového průmyslu, kde je tlak na štíhlou výrobu a minimum zásob.

Ať už je počáteční dohoda o výrobní kapacitě jakákoliv, nezřídka v praxi dochází k situacím, že odběratel by si přál větší flexibilitu dodávek, tj. navýšení původní kapacity. To se často děje za pomoci přesčasové práce. S ohledem na **(ne)využití přesčasové práce** k dodatečnému navýšení výrobní kapacity se rozlišují dvě varianty modelu:

- bez využití přesčasu;
- s využitím přesčasové práce.

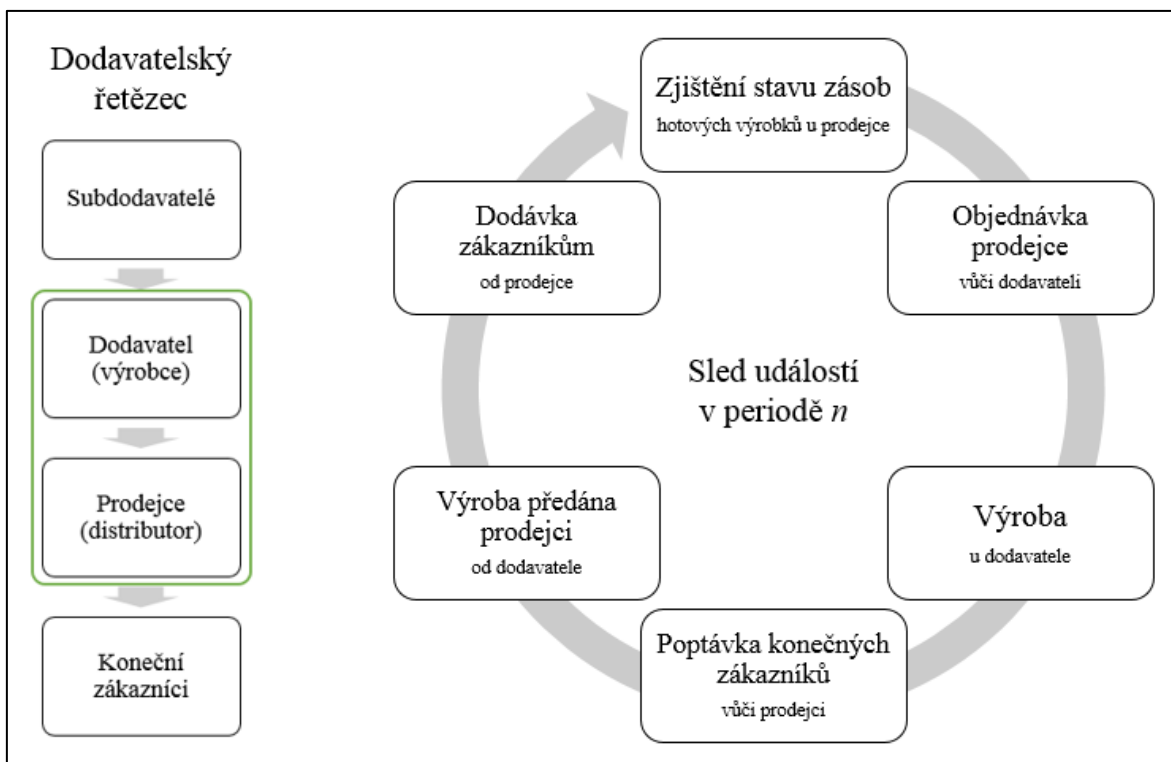
Protože je výrobní kapacita omezená, nelze se spoléhat čistě na závěry modelu Clarka a Scarfa (1960), ale je třeba hledat i další, které zahrnou toto výrobní omezení. Takový model představují a zkoumají Federgruen a Zipkin (1986a, 1986b). V případě omezené výrobní kapacity ukazují, že optimální objednávací strategií je modifikovaná verze doplňování zásob do předem stanovené výše (z angl. „Modified base-stock policy“). Při uplatňování této strategie se pozornost soustředí na zásoby, minimalizaci nákladů s nimi spojených a úroveň produkce se nechá v každém časovém úseku kolísat až do předem stanovené maximální výrobní kapacity. Výrobu zmiňují pouze ve formě omezení pro velikost objednávky, ale jejich model nezahrnuje náklady výroby jako takové. Jiné modely sice náklady výroby zmiňují, ale považují je buď za lineární, nebo se zabývají náklady na seřízení, jako relevantní vstup pro určení optimální výrobní dávky (např. Banerjee, 1986). Oproti zmíněným modelům tedy model zkoumaný v této práci zahrnuje kontinuální výrobu a náklady na jednotku produkce, které kolísají dle aktuální vytíženosti výrobní kapacity.

Prodejce v modelu zkoumaném v této práci bude uplatňovat modifikovanou verzi doplňování zásob do předem stanovené úrovně, tj. na počátku stanovené cílové úrovně zásob. Objednává se rozdíl mezi cílovou a současnou úrovní stavu zásob, je-li úroveň zásob na počátku periody pod touto cílovou hodnotou. Přitom je však třeba dbát na omezení výrobní kapacitou, kterou je velikost objednávky omezená shora.

Pro stanovení úrovně pro doplňování zásob je důležitá nejen průměrná poptávka, ale také zajištění proti náhodným výkyvům během intervalu nejistoty (od objednání po dodávku). Vzhledem k tomu, že v tomto modelu jsou během intervalu nejistoty jediným zdrojem nejistoty výkyvy v poptávce, bude využita ke stanovení pojistné zásoby a tedy úrovně pro doplňování metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti poptávky (blíže např. Sixta a Žižka, 2009).

Vzhledem k tomu, že model využívá **periodické doplňování zásob**, bude zkoumán v opakujících se periodách. Nejvíce zkušenostem autorky o průběhu takové periody a výzkumnému záměru odpovídá model prezentovaný Kijimou a Takimotem (1999). Jedná se o produkčně zásobovací systém s jedním produktem s periodickým objednáváním do předem dané úrovně, se stochastickou poptávkou a kapacitně limitovanou výrobou operující v blízkosti své kapacity. Jejich model nově přináší to, že rozhodnutí o velikosti výroby je učiněno před tím, než je známa poptávka, což je v hospodářské praxi velmi častá situace. Základní nastavení tohoto modelu si vypůjčuje i model zkoumaný v této práci. Příspěvek Kijima a Takimota (1999) však nezkoumá náklady v modelu, ale dodací lhůtu a čekací dobu zákazníka.

Sled událostí v modelu lze popsat následovně (viz také Obr. 4.1). Prodejce zjistí stav zásob (případně nedodělků), vystaví objednávku tak, aby doplnil výši zásob na předem stanovenou úroveň (s výjimkou situace, kdy je omezen horním či dolním limitem pro velikost objednávky – viz dále), dodavatel začne s výrobou dle objednávky prodejce, je identifikována celková poptávka konečných zákazníků, vyrobené zboží je předáno prodejci, který použije zásoby včetně nové dodávky na uspokojení poptávky zákazníků, znovu se zjistí stav zásob prodejce.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.1: Dodavatelský řetězec a cyklus událostí v modelu**

Autorčiny zkušenosti z praxe se shodují s pozorováním, které předkládají Modigliani a Hohn (1955), když tvrdí, že fluktuace výroby a s tím související práce přesčas, nebo naopak prostoje, mají neblahé následky. V souladu s již předloženými cíli této práce tedy bude zjišťováno, jaký efekt má vyhlazení úrovně vytížení výroby na jednotlivé články řetězce, ale i řetězec jako celek. Budou zkoumány a porovnávány dvě verze modelu s ohledem na objednávky prodejce vůči dodavateli:

- model OUT;
- model MOQ.

V prvním, základním modelu, který je dále v textu označován jako „**OUT model**“, je prodejce ve svém přání objednávat dle strategie doplňování zásob do předem stanovené výše omezen vzájemně dohodnutou kapacitou výroby dodavatele. Bude tedy objednávat dle modifikované verze objednávání zásob do předem stanovené úrovně, jak ji představili Federgruen a Zipkin (1986a).

Ve druhém modelu, který představuje verzi s vyhlazenou úrovní vytižení výroby a který je dále v textu označován jako „**MOQ model**“, není jediným omezením pro velikost objednávky prodejce kapacita výroby, ale souběžně výrobce smluvně omezuje také spodní velikost objednávky prodejce tzv. minimálním objednacím množstvím. V tomto modelu jsou tedy objednávky prodejce omezeny shora kapacitou výroby a zdola minimálním objednacím množstvím. Prodejce uplatňuje „modifikovanou-modifikovanou“ strategii doplňování zásob do předem dané úrovně tak, jak byla představena Chanem a Muckstadtem (1999).

V praxi se často uplatňuje omezení výše objednávek minimálním objednacím množstvím zejména z důvodů logistických, např. balení výrobků, kapacita přepravních prostředků. Je to ale také snadná možnost, která se dodavateli v nekoordinovaném řetězci nabízí při úsilí o stabilizaci objednávek od prodejce.

Celkově bude model OUT a MOQ porovnáván ve čtyřech různých variantách – viz Tab. 4.1.

**Tab. 4.1: Varianty modelu**

	Bez využití přesčasu	S využitím přesčasové práce
Se ztracenou poptávkou	Varianta 1	Varianta 2
S kumulací nedodělků	Varianta 3	Varianta 4

Zdroj: vlastní zpracování

## 4.2 Matematický model

V této kapitole bude představen zápis modelu, jeho jednotlivé varianty a rovnice tržeb, nákladů a zisku.

### 4.2.1 Zápis modelu a sled událostí

Při popisu modelu bude využíván následující zápis:

$C$  = pevně daná, předem stanovená výrobní kapacita ( $C > 0$ );

$S$  = výše pro doplňování zásob ( $S > 0$ );

$D_n$  = poptávka během periody  $n$  (poptávka je stochastická stacionární, nezáporné celé číslo);

$I_n$  = fyzický stav zásob na konci periody  $n$ ;

$P_n$  = aktuální výše produkce v periodě  $n$  ( $0 < P_n < C$ ).

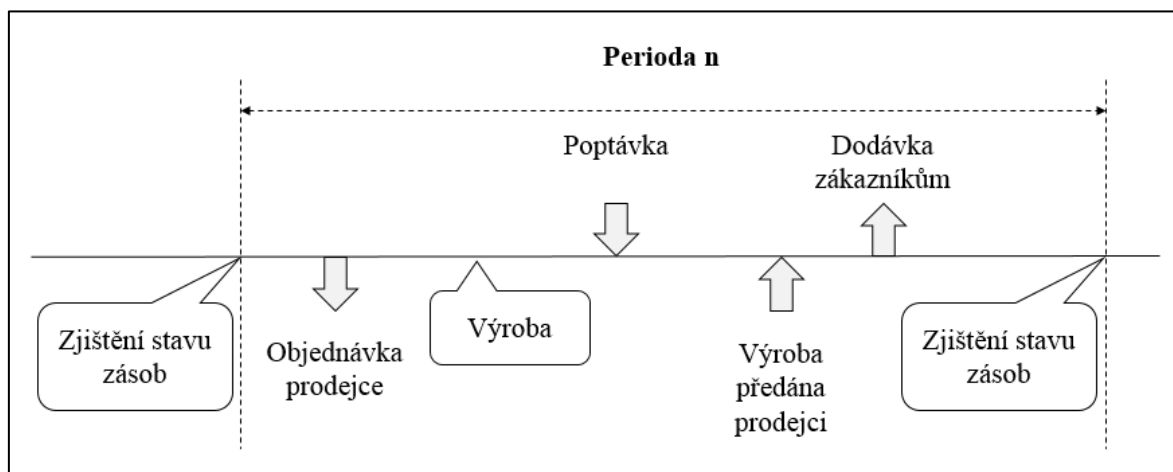
Ve variantách modelu s přesčasovou prací bude využívána také:

$C_e$  = kapacita výroby navýšená o přesčasovou práci ( $C_e > C$ ).

Ve variantách modelu s možností kumulace nedodělků bude dále využita:

$B_n$  = aktuální výše doobjednávek na konci periody  $n$ .

Jak již bylo zmíněno v předešlé subkapitole, základ modelu byl postaven podobně, jako to ve svém článku učinili Kijima a Takimoto (1999). **Sled událostí v modelu se ztracenou poptávkou** během každé periody zobrazuje Obr. 4.2. Prodejce zjistí stav zásob  $I_{n-1}$ , vystaví objednávku  $R_n$  tak, aby doplnil výši zásob na úroveň  $S$  (s výjimkou situace, kdy je omezen horním či dolním limitem pro velikost objednávky), dodavatel začne s výrobou množství  $P_n$  dle objednávky prodejce, je identifikována celková poptávka konečných zákazníků  $D_n$  v periodě  $n$ , vyrobené zboží je předáno prodejci, který použije zásoby včetně nové dodávky na uspokojení poptávky zákazníků, znovu se zjistí stav zásob prodejce  $I_n$ .

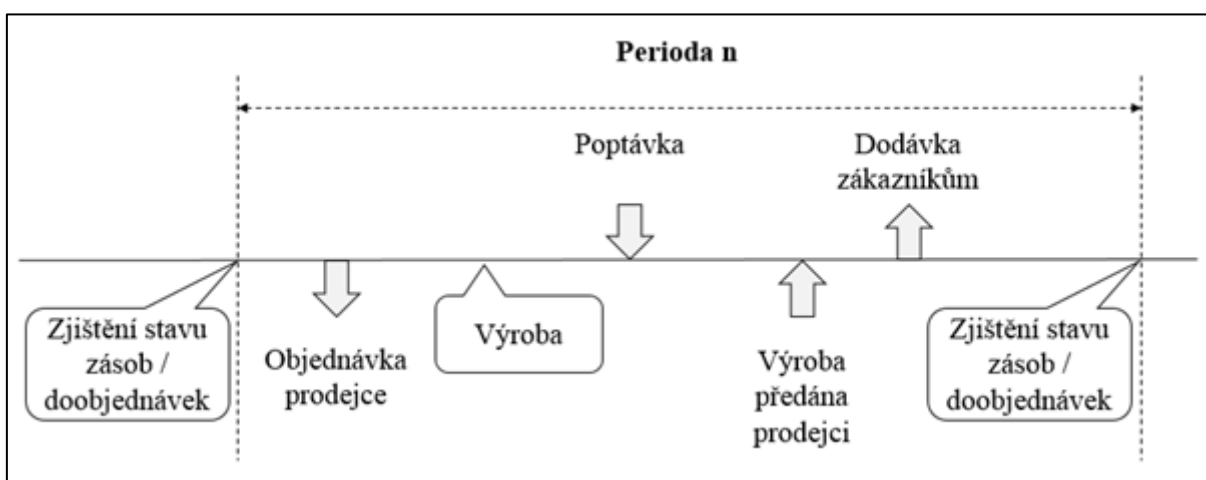


Zdroj: upraveno dle Kijima a Takimoto (1999)

**Obr. 4.2:** Sled událostí v modelu se ztracenou poptávkou

**Sled událostí v modelu s možností kumulace nedodělků** během každé periody vyplývá z Obr. 4.3. Prodejce zjistí stav zásob  $I_{n-1}$  a výši nedodělků  $B_{n-1}$ , vystaví objednávku  $R_n$  tak,

aby doplnil výši zásob na úroveň  $S$  (s výjimkou situace, kdy je omezen horním či dolním limitem pro velikost objednávky), dodavatel začne s výrobou množství  $P_n$  dle objednávky prodejce, je identifikována celková poptávka konečných zákazníků  $D_n$  v periodě  $n$ , vyrobené zboží je předáno prodejci, který použije zásoby včetně nové dodávky na uspokojení poptávky zákazníků. Pokud zásoby nejsou dostatečně velké pro uspokojení celé poptávky zákazníků, zboží se doobjedná, tj. bude součástí objednávky v příští periodě  $n+1$ , znovu se zjistí stav zásob  $I_n$  a výše doobjednávek  $B_n$ .



Zdroj: upraveno dle Kijima a Takimoto (1999)

**Obr. 4.3: Sled událostí v modelu s kumulací nedodělků**

Prodejce vystavuje svou objednávku  $R_n$  tak, aby doplnil aktuální stav zásob do předem stanovené výše  $S$ . Tato objednávka má však řadu omezení a v jednotlivých variantách modelu bude vypadat následovně.

Model se ztracenou poptávkou ve verzi OUT:

$$R_n = \min\{S - I_{n-1}; C\} \quad (4.1)$$

ve verzi MOQ:

$$R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1}; C\}; MOQ\} \quad (4.2)$$

Model se ztracenou poptávkou a s využitím práce přesčas ve verzi OUT:

$$R_n = \min\{S - I_{n-1}; C_e\} \quad (4.3)$$

ve verzi MOQ:

$$R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1}; C_e\}; MOQ\} \quad (4.4)$$

Model s možností kumulace nedodělků ve verzi OUT:

$$R_n = \min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C\} \quad (4.5)$$

ve verzi MOQ:

$$R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C\}; MOQ\} \quad (4.6)$$

Model s možností kumulace nedodělků a s využitím práce přesčas ve verzi OUT:

$$R_n = \min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C_e\} \quad (4.7)$$

ve verzi MOQ:

$$R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C_e\}; MOQ\} \quad (4.8)$$

Protože dodavatel nedrží žádné zásoby hotového zboží (tento stav může být sjednán smluvně mezi prodejcem a dodavatelem a tlak na tento stav lze pozorovat obzvláště v dodavatelských řetězcích, které usilují o „lean production“), dodavatel vyrábí přesně tolik zboží, kolik prodejce objedná:

$$P_n = R_n \quad (4.9)$$

Prodejce objednává zboží dříve, než je známa poptávka koncových zákazníků dané časové periody. Velikost dodávky zákazníkům lze popsat pro varianty modelu se ztracenou poptávkou takto:

$$Del_n = \min\{D_n; I_{n-1} + P_n\} \quad (4.10)$$

pro varianty modelu s možností kumulace nedodělků takto:

$$Del_n = \min\{D_n + B_{n-1}; I_{n-1} + P_n\} \quad (4.11)$$

Ve variantách modelu se ztracenou poptávkou, pokud poptávka převyšuje dostupnou zásobu hotového zboží, přebytek poptávky je ztracen:

$$Dlost_n = D_n - Del_n \quad (4.12)$$



Ve variantách modelu s možností kumulace nedodělků, pokud dostupné hotové zboží neuspokojí celou poptávku zákazníků, chybějící zboží je doobjednáno v další časové periodě. Na konci každé periody se zjišťuje velikost doobjednávek:

$$B_n = B_{n-1} + D_n - Del_n \quad (4.13)$$

Na konci každé periody se také zjišťuje aktuální stav zásob:

$$I_n = I_{n-1} + P_n - Del_n \quad (4.14)$$

#### 4.2.2 Náklady, výnosy a zisky dodavatele a prodejce

Ve zkoumaném modelu se sledují tržby prodejce, když prodává zboží konečným zákazníkům, a náklady prodejce vyplývající z pořízení a držby zásob, případně jejich nedostatku. Tato část se nijak zásadně neliší od jakýchkoliv standardních modelů z teorie zásob. Některé již představené modely (např. Banerjee, 1986) sice zohledňují jak náklady spojené se zásobami, tak náklady výrobní, ovšem výrobní náklady na jednotku produkce drží konstantní, případně jsou v nich uvažovány také náklady na seřízení, tj. náklady na dávku produkce. Zkoumaný model dále sleduje tržby dodavatele (výrobce), když prodává své výrobky prodejci, a výrobní náklady u dodavatele v dělení na tři základní typy: fixní, materiálové a personální. Při různém vytížení výroby pak náklady na jednotku výroby budou různé.

Co se týče tržeb a nákladů, v model bude použit následující zápis. **Prodejce** prodává hotové zboží koncovým zákazníkům za pevnou cenu  $p_r$ . Zboží nakupuje od dodavatele za cenu  $p_s$ . Kromě toho prodejce nese náklady spojené se zásobami, tj. náklady spojené s vystavením objednávky ( $OC$ ), náklady spojené s držením zásob ( $HC$ ) a náklady z nedostatku zásob ( $SC$ ) ve variantě modelu se ztracenou poptávkou a náklady na doobjednávku ( $BC$ ) ve variantě modelu s kumulací nedodělků. Přičemž náklady z nedostatku zásob lze vyjádřit např. pomocí ušlého zisku z poskytování poprodejních služeb, ztráty pověsti, nebo přímo různých smluvních pokut. Náklady na doobjednání mohou mít podobu skutečných dodatečných administrativních nákladů na objednání chybějícího množství, nebo mohou nabývat formy snížení ceny zákazníkům jako kompenzace za čekání na dodávku.

- $OC$  = fixní objednávací náklady na jednu objednávku, nezávislé na velikosti objednávky;  
 $HC$  = náklady na držení jednotky zásob po jednu časovou periodu;  
 $SC$  = náklady z nedostatku jednotky zásob;  
 $BC$  = náklady na doobjednání jednotky zásob.

Celkové náklady prodejce v periodě  $n$  ve variantě modelu se ztracenou poptávkou:

$$RTC_n = OC + \frac{(I_n + I_{n-1})}{2} HC + Dlost_n SC + P_n p_s \quad (4.15)$$

Ve variantě modelu s kumulací nedodělků pak celkové náklady prodejce v periodě  $n$  lze určit vztahem (4.16).

$$RTC_n = OC + \frac{I_n + I_{n-1}}{2} HC + B_n BC + P_n p_s \quad (4.16)$$

**Dodavatel** prodává své výrobky prodejci za pevnou cenu  $p_s$ . Co se týče nákladů, rozlišují se u dodavatele v tomto modelu tři druhy nákladů. Budou označovány jako materiálové ( $MC$ ), personální ( $PC$ ) a fixní ( $FC$ ).

Materiálové náklady za nákup surovin od subdodavatelů tu reprezentují veškeré čistě jednotkové (variabilní) náklady. Fixní náklady jsou v modelu veškeré náklady, které se nemění s úrovní produkce.

Ačkoliv ekonomická teorie zařazuje přímé personální náklady spíše mezi variabilní náklady, délka (nebo spíše krátkost) časové periody uvažované v tomto modelu neumožňuje změnu počtu zaměstnanců z periody na periodu, a proto se personální náklady ve variantě modelu bez přesčasové práce chovají jako fixní.

- $MC$  = materiálové náklady na jednotku produkce;  
 $PC$  = personální náklady za jednu časovou periodu;  
 $FC$  = fixní náklady za instalované zařízení za jednu časovou periodu, nezávislé na velikosti aktuální výroby.

Celkové náklady dodavatele v periodě  $n$  ve variantě modelu bez přesčasové práce popisuje vztah (4.17).

$$STC_n = P_n MC + PC + FC \quad (4.17)$$

V případě varianty modelu s přesčasovou prací jsou zaměstnanci odměněni za práci přesčas mzdovou sazbou navýšenou o příplatek 25 % (přesčasová sazba:  $OR = 1,25$ ). V tomto modelu je tedy důležité rozlišovat mezi náklady fixními a personálními. Personální náklady se zde totiž stávají částečně variabilními. V rámci standardní výrobní kapacity jsou fixní stejně jako ve variantě modelu bez práce přesčas, ale pokud se výroba dostane k využití práce přesčas, započítá se tolik práce, kolik je k výrobě potřeba, ale se zvýšenou sazbou (pouze za přesčasovou práci, ne v rámci standardní pracovní doby).

Celkové náklady dodavatele v periodě  $n$  ve variantě modelu s prací přesčas:

$$STC_n = P_n MC + PC + FC + OR \frac{(P_n - C)PC}{c} \quad (4.18)$$

Celkové náklady řetězce v periodě  $n$  jsou součtem nákladů prodejce a dodavatele:

$$TC_n = RTC_n + STC_n \quad (4.19)$$

Celkové náklady jsou ovlivněny množstvím zboží, které dodavatel vyrobí a prodejce prodá zákazníkům. Větší vypovídací schopnost o kvalitě nákladů mají **náklady vztažené na jednotku**. V případě prodejce jsou náklady na jednotku v periodě  $n$  ve variantě modelu se ztracenou poptávkou:

$$RCU_n = \frac{1}{Del_n} \left( OC + \frac{(I_n + I_{n-1})}{2} HC + Dlost_n SC + P_n p_s \right) \quad (4.20)$$

a ve variantě modelu s kumulací nedodělků:

$$RCU_n = \frac{1}{Del_n} \left( OC + \frac{(I_n + I_{n-1})}{2} HC + B_n BC + P_n p_s \right) \quad (4.21)$$

Jednotkové náklady dodavatele v periodě  $n$  ve variantě modelu bez práce přesčas:

$$SCU_n = \frac{1}{P_n} (P_n MC + PC + FC) = MC + \frac{1}{P_n} (PC + FC) \quad (4.22)$$

a ve variantě modelu s prací přesčas:

$$SCU_n = MC + \frac{1}{P_n} \left( PC + FC + OR \frac{(P_n - C)PC}{c} \right) \quad (4.23)$$

Celkové náklady řetězce na jednotku v periodě  $n$  jsou součtem jednotkových nákladů prodejce a dodavatele:

$$CU_n = RCU_n + SCU_n \quad (4.24)$$

Celkový zisk prodejce v periodě  $n$  je rozdíl mezi jeho příjmem za prodej zboží zákazníkům a jeho náklady v dané periodě:

$$RTP_n = p_r Del_n - RTC_n \quad (4.25)$$

Celkový zisk dodavatele v periodě  $n$  je rozdíl mezi jeho příjmem za výrobky dodané prodejci a náklady na jejich výrobu:

$$STP_n = p_s P_n - STC_n \quad (4.26)$$

Celkový zisk celého řetězce v periodě  $n$  je pak součtem zisku prodejce a dodavatele z příslušné periody:

$$TP_n = RTP_n + STP_n \quad (4.27)$$

Ziskem se zde rozumí přebytek výnosů nad sledovanými náklady.

### 4.3 Numerická studie

Model řízení zásob s periodickým objednáváním a omezenou kapacitou, který čelí stochastické poptávce konečných zákazníků, je pro vyhodnocení výpočetně náročný (Levi et al., 2008). Efekty stabilizace výroby na jednotkové náklady řetězce budou zkoumány prostřednictvím numerické simulace. To navíc umožní vzít v úvahu také nákladově různé typy výroby. Pro svou rozšířenost a dostupnost je simulace prováděna v prostředí MS Excel.

Stejně tak jako již dříve představené obecné nastavení modelu, tak také vstupy numerické studie vycházejí z autorčinných zkušeností z praxe s nezbytným zjednodušením a generalizací, neboť se jedná o citlivá data.

Jedna časová perioda je jeden týden a každá simulace sestává z 52 týdnů, tedy jednoho roku, v němž lze uvažovat, že výrobek je stále v jedné fázi svého životního cyklu. Abstrahuje se od sezónních výkyvů a v rámci prováděných simulací je uvažována stochastická stacionární poptávka s průměrnou hodnotou 500 kusů za týden s normálním rozdělením a směrodatnou

odchylkou 75. Poptávka je na základě těchto parametrů v rámci simulací v prostředí MS Excel generována touto funkcí:

$$=CELÁ.ČÁST(NORMINV(NÁHČÍSLO();500;75)) \quad (4.28)$$

Pro každý scénář probíhá simulace v 1 000 opakováních. Minimální rozsah výběru byl stanoven tak, aby na  $\alpha = 5\%$  hladině významnosti byla střední hodnota poptávky  $\mu = 500$  kusů za týden s přípustnou chybou  $\Delta = 0,5$  ks tak, aby při zaokrouhlení na celá čísla byla simulovaná průměrná poptávka 500 kusů za týden. To vede při směrodatné odchylce  $\sigma = 75$  k minimálnímu rozsahu 44 100 týdnů – viz rovnice (4.29). Každá simulace obsahuje 52 týdnů, takže minimální počet ročních simulací za těchto předpokladů je 848 opakování ročních simulací.

$$n \geq \frac{u^2 \frac{\alpha \sigma^2}{1-\frac{\alpha}{2}}}{\Delta^2} \quad (4.29)$$

Výrobní kapacita je stanovena vzájemnou dohodou prodejce a dodavatele 5 % nad průměrem poptávky, tedy  $C = 525$  ks. Tím je naplněná podmínka, že se výroba pohybuje v blízkosti výrobní kapacity.

Ve variantách modelu s využitím přesčasové práce je tato výrobní kapacita navýšena o dalších 5 %, tedy  $C_e = 551$  ks. Ovšem práce přesčas je oceněna sazbou zvýšenou o 25 % (v souladu s českými právními předpisy), tj. přesčasová sazba:  $OR = 1,25$ .

Cena pro konečného zákazníka je stanovena na  $p_r = 4\,000$  Kč, dodavatel prodává své zboží prodejci za  $p_s = 3\,000$  Kč.

Náklady prodejce na objednání jsou  $OC = 50$  Kč za objednávku a náklady na držení jedné jednotky zásob po dobu jednoho týdne  $HC = 10$  Kč. Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou model počítá s náklady na ztracenou poptávku  $SC = 1\,000$  Kč za kus. Ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků jsou náklady na doobjednání jedné jednotky zásob  $BC = 40$  Kč, tj. 1 % z prodejní ceny konečným zákazníkům  $p_r$ .

Úroveň zásob  $S$ , do které se prodejce snaží doplnit aktuální stav svých zásob při vystavování objednávky, je stanovena s ohledem na ochranu před náhodnými výkyvy poptávky během intervalu nejistoty, tj. od okamžiku objednání do okamžiku dodání vyrobeného zboží dodavatelem, jako průměrná poptávka během jednoho týdne navýšená o pojistnou zásobu. Ochranou před těmito výkyvy je tzv. pojistná zásoba. Spolehlivost tohoto zabezpečení se měří např. podle stupně úplnosti dodávky. Optimální stupeň úplnosti dodávky pak lze stanovit podle jednotlivých složek nákladů s tím, že náklady na udržování a skladování zásob se zvyšují s rostoucí pojistnou zásobou a naopak náklady z nedostatku zásob s rostoucí pojistnou zásobou klesají. Stupeň úplnosti dodávky lze stanovit přibližně takto:

$$\theta = \frac{SC}{SC+HC} \quad (4.30)$$

Požadovaný stupeň úplnosti dodávky  $\theta$  prodejce vůči zákazníkům je odvozen od výše nákladů na skladování zásob ( $HC$ ) a ve variantě modelu se ztracenou poptávkou od nákladů na ztracenou poptávku ( $SC$ ) – viz rovnice (4.30) – a obdobně ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků od nákladů na doobjednání ( $BC$ ) – viz rovnice (4.31).

$$\theta = \frac{BC}{HC+BC} \quad (4.31)$$

Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou byl vzhledem k vysokým nákladům na ztracenou poptávku požadovaný stupeň úplnosti dodávky stanoven dle vztahu (4.30) na 0,99. Ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků byl požadovaný stupeň úplnosti dodávky stanoven dle (4.31) na 0,80.

Ke stanovení výše pojistné zásoby lze použít řadu metod v závislosti na daných podmínkách a dostupných informacích (viz např. Sixta a Žižka, 2009). Metodu pracující se směrodatnou odchylkou velikosti poptávky během intervalu nejistoty je pak možné využít, pokud hlavním zdrojem nejistoty ve výši zásob jsou výkyvy v poptávce.

Výše pojistné zásoby  $x_p$  se pak touto metodou stanoví jako:

$$x_p = K \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{t_n} \quad (4.32)$$

kde  $K$  je pojistný faktor stanovený jako příslušný kvantil distribuční funkce normovaného normálního rozdělení pro stanovenou velikost  $\theta$ ;  $\sigma_d$  je směrodatná odchylka velikosti poptávky za jednotku času a  $t_n$  je interval nejistoty. Ve zkoumaném modelu je interval nejistoty, neboli časový úsek od vystavení objednávky do přijetí objednaného zboží, 1 týden. Na začátku každého týdne prodejce zboží objedná, následně se projeví poptávka konečných zákazníků a teprve poté dorazí objednané zboží, které slouží k uspokojení poptávky zákazníků.

Odpovídající pojistná zásoba  $x_p$  určená dle vztahu (4.32) ve variantě modelu se ztracenou poptávkou činí 174 ks, ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků je to pak 63 ks.

Úroveň zásob, do které se prodejce snaží doplnit aktuální stav svých zásob při vystavování objednávky, je stanovena na  $S = 674$  ve variantě modelu se ztracenou poptávkou a  $S = 563$  ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků.

Počáteční stav zásob  $I_0$  je stanoven na 174 kusů pro varianty modelu se ztracenou poptávkou a 63 kusů pro varianty modelu s možností kumulace nedodělků. Tento stav je odvozen od výše stanovené pojistné zásoby.

Jak bylo zmíněno výše, porovnávají se dvě varianty modelu. V modelu OUT jsou objednávky prodejce omezeny pouze shora kapacitou výroby. V modelu MOQ mají objednávky prodejce i dolní limit v podobě minimálního objednacího množství. Minimální objednací množství je stanoveno na úrovni 5 % pod výrobní kapacitou, tj.  $MOQ = 475$  jednotek.

Náklady dodavatele sestávají z materiálových nákladů ( $MC$ ), fixních nákladů ( $FC$ ) a personálních nákladů ( $PC$ ). Každá výroba je specifická poměrem těchto nákladů. Existuje celá šíře, od materiálově náročné výroby, přes výrobu náročnou na lidskou práci, a tedy s vysokým podílem personálních nákladů, k investičně náročné výrobě, v níž nejvyšší podíl zaujímají náklady fixní.

**Tab. 4.2: Podíly nákladových druhů ve scénářích bez práce přesčas**

Scénář	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady (tj. fixní a personální) v %
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50
6	40	60
7	30	70
8	20	80
9	10	90
10	5	95
11	2	98

Zdroj: vlastní zpracování

V každém takovémto nákladovém typu výroby jsou celkové výrobní náklady a potažmo náklady na vyrobenou jednotku samozřejmě jinak citlivé na změnu úrovně vytížení výrobní kapacity. Proto je pro náklady dodavatele ve variantě modelu bez přesčasové práce, kde personální náklady lze považovat za fixní, uvažováno 11 rozličných scénářů (viz Tab. 4.2) tak, aby byly znázorněny různé typy výroby, tj. výroba s vysokým podílem materiálových nákladů, ale také výroba s vysokým podílem fixních (fixních a personálních) nákladů.

Ve variantě modelu s využitím přesčasové práce, kde je třeba důsledně odlišovat mezi fixními náklady a personálními náklady, které se chovají jako smíšené, je v této práci představeno 39 různých scénářů – viz Tab. 4.3. Cílem je opět pokrýt celé spektrum různých možných nákladových typů výroby.



**Tab. 4.3: Podíly nákladových druhů ve scénářích s prací přesčas**

Scénář	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %
1	10	10	80
2	10	20	70
3	10	30	60
4	10	40	50
5	10	50	40
6	10	60	30
7	10	70	20
8	10	80	10
9	20	10	70
10	20	20	60
11	20	30	50
12	20	40	40
13	20	50	30
14	20	60	20
15	20	70	10
16	30	10	60
17	30	20	50
18	30	30	40
19	30	40	30
20	30	50	20
21	30	60	10
22	40	10	50
23	40	20	40
24	40	30	30
25	40	40	20
26	40	50	10
27	50	10	40
28	50	20	30
29	50	30	20
30	50	40	10
31	60	10	30
32	60	20	20
33	60	30	10
34	70	10	20
35	70	20	10
36	80	10	10
37	90	5	5
38	5	90	5
39	5	5	90

Zdroj: vlastní zpracování

Tyto podíly nákladových druhů jsou ovšem platné pouze za předpokladu plného využití výrobní kapacity. V takovém případě celkové náklady dodavatele dosahují 2 250 Kč za vyrobený kus, neboli 1 181 250 Kč za celou týdenní produkci. Jakmile využití kapacity klesá, snižují se celkové náklady, ale náklady na vyrobenou jednotku jsou vyšší, stejně tak roste i podíl fixních nákladů.

## 5 Výsledky simulace

V této kapitole bude představená samotná simulace pro jednotlivé varianty modelu, tj. model se ztracenou poptávkou bez využití přesčasu, model se ztracenou poptávkou s využitím přesčasu, model s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasu a modelu s možností kumulace nedodělků s využitím přesčasu, a budou diskutována z nich získaná zjištění.

### 5.1 Model se ztracenou poptávkou (varianta 1)

První zkoumanou variantu modelu lze zkráceně popsat jako model se ztracenou poptávkou a bez využití přesčasů. Znamená to, že v případě převisu poptávky konečných zákazníků nad aktuální výší zásob prodejce je tato neuspokojená poptávka ztracená. Dodavatel při výrobě dle objednávek prodejce využívá pouze předem sjednanou výrobní kapacitu a nezapojuje do výroby přesčasovou práci.

Sled událostí v této variantě modelu odpovídá Obr. 4.2 a Tab. 5.1 představuje výběr rovnic z kapitoly 4.2.2, které jsou relevantní k tomuto modelu, dle jednotlivých kroků simulace.

**Tab. 5.1: Rovnice relevantní k modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů**

Událost	Relevantní veličina a její rovnice
Zjištění stavu zásob	$I_{n-1}$
Objednávka prodejce	a) v modelu OUT: $R_n = \min\{S - I_{n-1}; C\}$ b) v modelu MOQ: $R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1}; C\}; MOQ\}$
Výroba	$P_n = R_n$
Poptávka konečných zákazníků	$D_n$
Vyrobené zboží předáno prodejci	$P_n$
Dodávka zákazníkům	$Del_n = \min\{D_n; I_{n-1} + P_n\}$
Ztracená poptávka	$Dlost_n = D_n - Del_n$
Zjištění stavu zásob	$I_n = I_{n-1} + P_n - Del_n$

Zdroj: vlastní zpracování

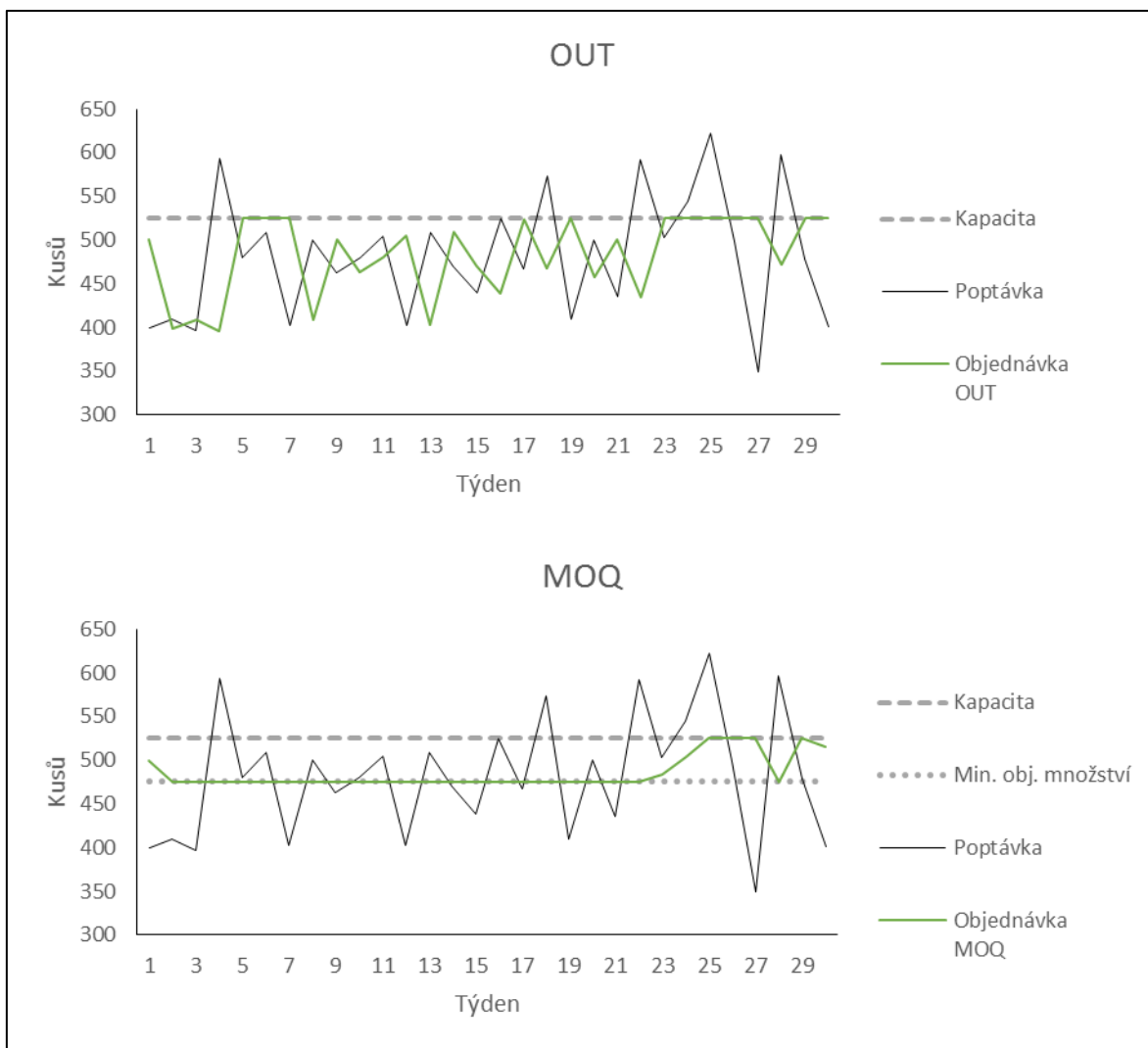
Ukázka průběhu jedné roční simulace ve verzi OUT je zobrazena v Tab. 5.2.

**Tab. 5.2: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou**

Týden	Počáteční stav zásob	Objednávka prodejce	Výroba	Poptávka zákazníků	Dodávka zákazníkům	Ztracená poptávka	Konečný stav zásob
n	$I_{(n-1)}$	$R_n$	$P_n$	$D_n$	$De_n$	$Dlost_n$	$I_n$
1	174	500	500	399	399	0	275
2	275	399	399	409	409	0	265
3	265	409	409	396	396	0	278
4	278	396	396	593	593	0	81
5	81	525	525	480	480	0	126
6	126	525	525	508	508	0	143
7	143	525	525	403	403	0	265
8	265	409	409	500	500	0	174
9	174	500	500	463	463	0	211
10	211	463	463	480	480	0	194
11	194	480	480	505	505	0	169
12	169	505	505	403	403	0	271
13	271	403	403	509	509	0	165
14	165	509	509	470	470	0	204
15	204	470	470	439	439	0	235
16	235	439	439	524	524	0	150
17	150	524	524	467	467	0	207
18	207	467	467	573	573	0	101
19	101	525	525	410	410	0	216
20	216	458	458	500	500	0	174
21	174	500	500	435	435	0	239
22	239	435	435	592	592	0	82
23	82	525	525	503	503	0	104
24	104	525	525	545	545	0	84
25	84	525	525	622	609	13	0
26	0	525	525	499	499	0	26
27	26	525	525	349	349	0	202
28	202	472	472	597	597	0	77
29	77	525	525	478	478	0	124
30	124	525	525	401	401	0	248
31	248	426	426	598	598	0	76
32	76	525	525	520	520	0	81
33	81	525	525	641	606	35	0
34	0	525	525	461	461	0	64
35	64	525	525	500	500	0	89
36	89	525	525	497	497	0	117
37	117	525	525	485	485	0	157
38	157	517	517	466	466	0	208
39	208	466	466	370	370	0	304
40	304	370	370	403	403	0	271
41	271	403	403	499	499	0	175
42	175	499	499	436	436	0	238
43	238	436	436	416	416	0	258
44	258	416	416	621	621	0	53
45	53	525	525	482	482	0	96
46	96	525	525	475	475	0	146
47	146	525	525	601	601	0	70
48	70	525	525	550	550	0	45
49	45	525	525	572	570	2	0
50	0	525	525	448	448	0	77
51	77	525	525	358	358	0	244
52	244	430	430	561	561	0	113

Zdroj: vlastní zpracování

Cílem dodavatele v modelu MOQ je omezit fluktuaci ve využití své výrobní kapacity v porovnání s OUT modelem. Jak lze snadno předpokládat, při omezení objednávek nejen shora, ale i shora by výsledkem měl být stabilnější průběh. Porovnání časového průběhu poptávky a příslušné objednávky z modelu OUT a objednávky z modelu MOQ je na Obr. 5.1.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.1: Průběh poptávky a objednávek v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů**

Větší vyhlazení průběhu stavu objednávek v modelu MOQ v porovnání s objednávkami v modelu OUT je z tohoto obrázku sice zřejmé, jedná se však o pouhou ukázkou 30 týdnů z jedné roční simulace. Měřítko síly efektu biče představují ve své práci Disney et al. (2006). Jedná se o poměr rozptylu objednávky a rozptylu poptávky:

$$Bullwhip = \frac{\sigma_r^2}{\sigma_d^2} \quad (5.1)$$

V modelu OUT dosahuje tento ukazatel hodnoty 0,363, zatímco v modelu MOQ hodnoty 0,090. Oba modely zeslabují efekt biče, protože hodnota ukazatele je menší než 1. Model MOQ utlumuje efekt biče silněji než model OUT. Testové kritérium pro porovnání středních hodnot nabývá hodnoty 75,0, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy prokazuje HY 1.1, která zkoumá, zda jsou ve verzi modelu MOQ objednávky prodejce a úroveň výroby dodavatele stabilnější než ve verzi modelu OUT.

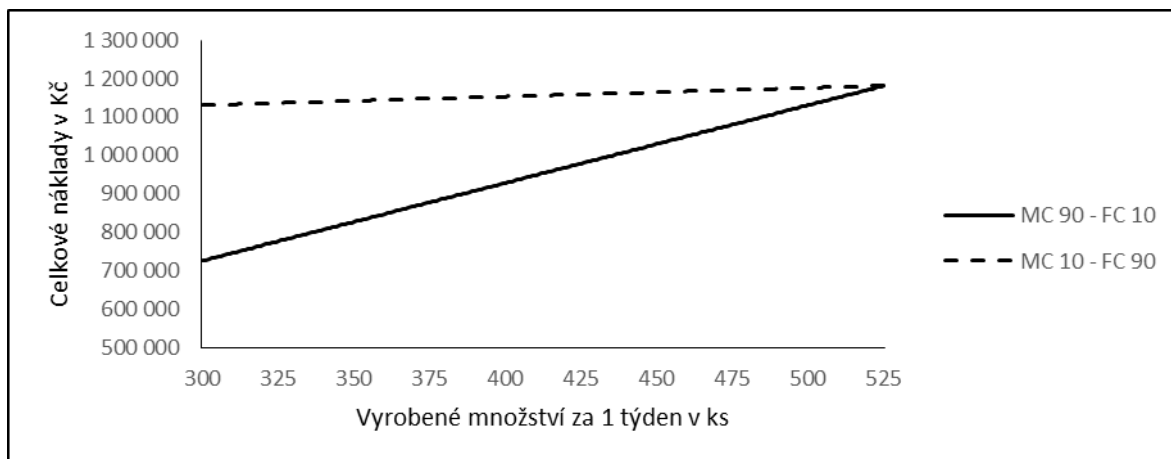
Lze tedy konstatovat, že využitím institutu minimálního objednáčím množství dodavatel dosahuje svého cíle vyhlazení objednávek prodejce a **stabilizace úrovně využití své výrobní kapacity**.

### 5.1.1 Náklady a zisk dodavatele ve variantě 1

Dodavatel v prostředí zkoumaného dodavatelského řetězce je svým způsobem ve vleku prodejce, respektive jeho objednávek. Prodejce při vystavování objednávek optimalizuje svůj výsledek a neohlíží se na situaci dodavatele.

Náklady dodavatele při různém využití výrobní kapacity kolísají, nejen v absolutní výši, ale v přepočtu na jednotku produkce – viz následující příklady.

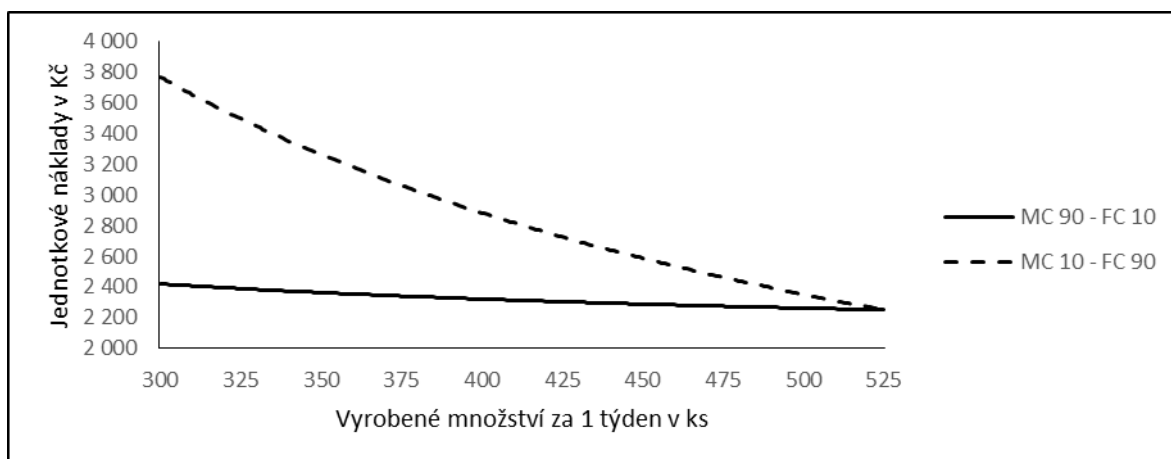
Obr. 5.2 srovnává celkové náklady dodavatelů s různou nákladovou strukturou bez využití přesčasové práce. Je patrné, že v zobrazeném rozmezí výroby 300 ks až 525 ks, tj. při plné kapacitě, s klesajícím množstvím vyrobených kusů rychleji klesají celkové náklady dodavatele s vysokým podílem materiálových nákladů (tj. *MC* 90 % a *FC* 10 %) než v případě dodavatele s vysokým podílem fixních nákladů (fixních a personálních).



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.2: Celkové náklady dodavatele**

Obr. 5.3 srovnává jednotkové náklady dodavatelů s různou nákladovou strukturou bez využití přesčasové práce. Je patrné, že ve stejném rozmezí výroby jako na předchozím obrázku, tj. 300 ks až 525 ks, s klesajícím množstvím vyrobených kusů rychleji stoupají jednotkové náklady dodavatele s vysokým podílem fixních nákladů (tj. *MC* 10 % a *FC* 90 %) v porovnání s dodavatelem s vysokým podílem materiálových nákladů (tj. *MC* 90 % a *FC* 10 %).



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.3: Jednotkové náklady dodavatele**

V praxi se často uplatňuje omezení výše objednávek minimálním objednacím množstvím zejména z důvodů balení výrobků, kapacity přepravních prostředků aj. Je to ale také snadná cesta pro dodavatele jak dosáhnout stabilizace objednávek od prodejce. To, že jsou

objednávky skutečně stabilnější, pokud dodavatel uplatňuje minimální objednací množství, napovídá Obr. 5.1 a dokazuje to také poměr rozptylu objednávek k rozptylu poptávky (dle rovnice 5.1), který je ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT.

Ruku v ruce se stabilnějšími objednávkami ve verzi MOQ, kde jsou objednávky prodejce omezeny zdola, jde také celkově vyšší výroba. Průměrné vyrobené množství za rok ve verzi OUT je v provedené simulaci 25 777 kusů, kdežto ve verzi MOQ je to již 25 907 kusů. Hodnota testového kritéria je -6,7, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 2.1, že nastolený limit pro objednávané množství ve verzi modelu MOQ vede ke **zvýšení vyrobeného množství** v porovnání s verzí modelu OUT.

Lze očekávat, že vyšší průměrné vyrobené množství ve verzi MOQ bude jedním z faktorů, které dodavateli přinesou vyšší absolutní zisk.

Potud byly získané výsledky stejné pro všechny dodavatele, nezávisle na jejich nákladové struktuře, protože se týkaly objednávek, množství zboží. Při zkoumání jednotkových nákladů dodavatele a jeho zisku je již nákladová struktura jednotlivých scénářů, jak byla představena v Tab. 4.2, relevantní.

**Tab. 5.3: Varianta ztracené poptávky z pohledu dodavatele**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady dodavatele				Zisk dodavatele			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	2 263,4	2 262,2	6,746	ano	18 990 517	19 116 580	-6,710	ano
2	2 276,7	2 274,3	6,746	ano	18 647 944	18 803 099	-6,710	ano
3	2 290,1	2 286,5	6,746	ano	18 305 371	18 489 617	-6,710	ano
4	2 303,4	2 298,6	6,746	ano	17 962 797	18 176 136	-6,710	ano
5	2 316,8	2 310,8	6,746	ano	17 620 224	17 862 654	-6,710	ano
6	2 330,2	2 323,0	6,746	ano	17 277 651	17 549 173	-6,710	ano
7	2 343,5	2 335,1	6,746	ano	16 935 078	17 235 691	-6,710	ano
8	2 356,9	2 347,3	6,746	ano	16 592 505	16 922 210	-6,710	ano
9	2 370,3	2 359,4	6,746	ano	16 249 932	16 608 728	-6,710	ano
10	2 376,9	2 365,5	6,746	ano	16 078 646	16 451 988	-6,710	ano
11	2 381,0	2 369,2	6,746	ano	15 975 874	16 357 943	-6,710	ano

Zdroj: vlastní zpracování



Srovnání jednotkových nákladů dodavatele v modelu OUT a v modelu MOQ pro jednotlivé nákladové typy dodavatelů je představeno v Tab. 5.3. Ve všech scénářích je zřejmé, že při uplatnění minimálního objednáčím množství dojde u dodavatele na 5% hladině významnosti ke statisticky významnému **snížení nákladů na jednotku produkce**. Pro tuto variantu modelu, tj. se ztracenou poptávkou bez využití přesčasů, je tak potvrzena HY 3.1, která zkoumá, zda jsou jednotkové náklady dodavatele ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT.

Bylo prokázáno, že v modelu MOQ dodavatel vyrábí více jednotek při nižších nákladech na jednotku než v modelu OUT. Nepřekvapí proto, že celkový zisk dodavatele je v modelu MOQ také vyšší než v modelu OUT – viz Tab. 5.3. Ve všech jedenácti scénářích dosahuje dodavatel na 5% hladině významnosti vyššího zisku v modelu MOQ než v modelu OUT. Tím je potvrzena hypotéza HY 3.2, která zkoumá, zda je **celkový zisk dodavatele** ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzi modelu OUT **vyšší**.

### 5.1.2 Náklady a zisk prodejce ve variantě 1

Prodejce je v prostředí zkoumaného dodavatelského řetězce prostřednictvím svých objednávek směrem k dodavateli určujícím článkem řetězce, co se týče objemu výroby a velikosti zásob řetězce. Prodejce při vystavování těchto objednávek optimalizuje svůj výsledek a neohlíží se na situaci dodavatele.

Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou musí být poptávka zákazníků v dané periodě uspokojena před jejím koncem, přebytek poptávky nad dostupnými zásobami na konci časové periody je ztracen. Zákazník je netrpělivý a není ochoten čekat. Ztracená poptávka s sebou nese náklady z nedostatku. Pro ilustraci si je lze představit jako ušlý zisk z poprodejních služeb nebo různé pokuty za nedodání.

Jako důsledek možnosti ztracené poptávky a zvláště jejích vysokých nákladů stanovených pro numerickou studii drží prodejce vysokou pojistnou zásobu. Cílová úroveň pro doplnění zásob je  $S = 674$  kusů.

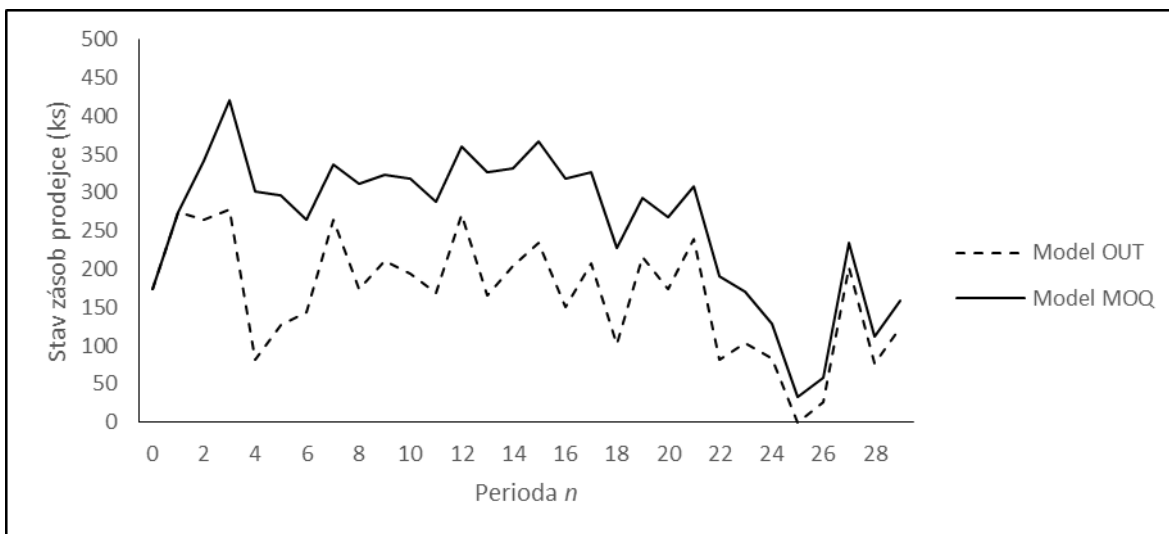
Pokud by dodavatel nebyl ve svém konání ničím omezen, optimální strategií objednávek by pro něj dle Clarka a Scarfa (1960) bylo doplňování zásob do předem dané výše.

V základním modelu OUT je však prodejce omezen výrobní kapacitou dodavatele, na jejíž výši se oba předem dohodli. Pro takovou situaci Federgruen a Zipkin (1986a, 1986b) ukazují, že optimální objednávací strategií je modifikovaná verze doplňování zásob do předem stanovené výše. Pokud je úroveň zásob na počátku periody pod předem danou cílovou hodnotou zásob, velikost objednávky odpovídá rozdílu mezi cílovou a aktuální úrovní stavu zásob při daném omezení shora kapacitou výroby.

V modelu MOQ je prodejce omezen ještě více. Dodavatel uplatňuje opatření omezující prodejcovy objednávky zdola, a sice minimální objednávací množství. V takové situaci, kdy je výše objednávek omezena ze dvou stran, shora i zdola, prokázali Chan a Muckstadt (1999) jako optimální „modifikovanou-modifikovanou“ verzi strategie doplňování zásob do předem dané úrovně. Je-li je úroveň zásob na počátku periody pod předem danou cílovou hodnotou zásob, velikost objednávky je dána rozdílem mezi cílovou a současnou úrovní stavu zásob, přičemž je shora omezena výrobní kapacitou a zdola stanoveným minimálním objednávacím množstvím.

Porovnání průběhu objednávek v modelu OUT a v modelu MOQ ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce ukazuje Obr. 5.1. Je z něj patrné, že prodejce v daném prostředí ve verzi OUT naráží na limit daný kapacitou výroby, přesto jeho objednávky poměrně kolísají.

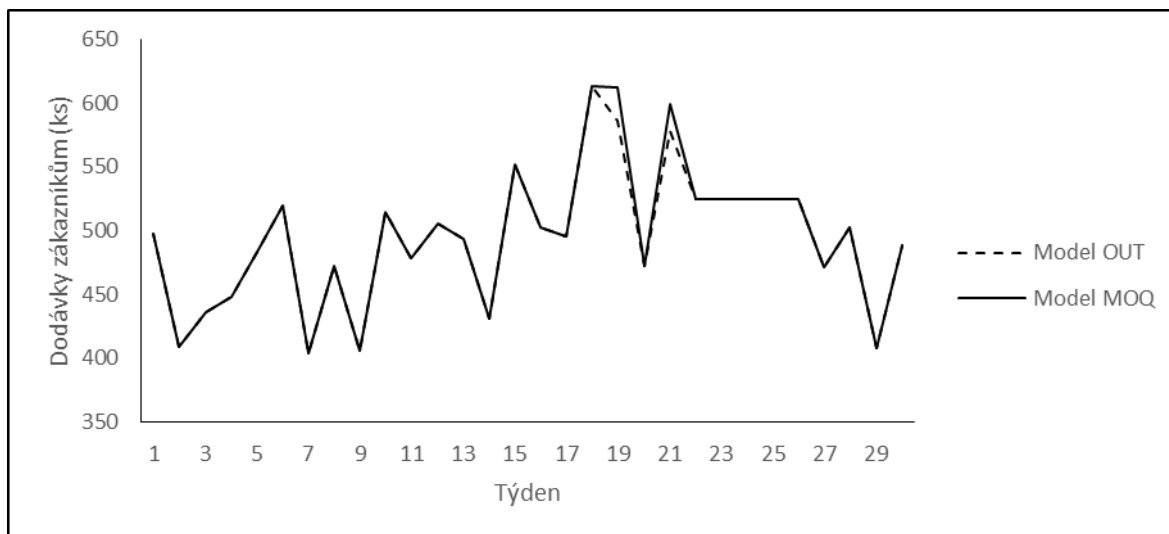
Lze očekávat, že jako důsledek minimálního objednávacího množství bude prodejce ve verzi modelu MOQ držet na skladě větší množství zásob než ve verzi OUT. To ostatně ilustruje Obr. 5.4. Výsledky provedených simulací ukazují, že průměrná výše zásob ve verzi OUT je 139 kusů, zatímco ve verzi MOQ je to 199 kusů. Hodnota testového kritéria -28,6 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 4.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednávacím množstvím vede ke **zvýšení průměrného stavu zásob prodejce**.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.4:** Stav zásob prodejce v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů

Lze očekávat, že díky vyššímu průměrnému stavu zásob bude prodejce ve verzi modelu MOQ schopen uspokojit větší poptávku konečných zákazníků než ve verzi OUT. Příklad dodávek zákazníkům ukazuje Obr. 5.5. Je patrné, že rozdíl mezi oběma verzemi je poměrně malý. Na základě statistických výsledků v provedených simulacích lze stanovit celkový objem dodávek zákazníkům ve verzi OUT průměrně 25 815 kusů za rok, zatímco ve verzi MOQ 25 872 kusů. Hodnota testového kritéria -2,7 však spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 4.2, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení dodávek prodejce konečným zákazníkům**.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.5: Dodávky zákazníkům v modelu se ztracenou poptávkou bez přesčasů**

Při zkoumání efektu vyhlazení využití výrobní kapacity na zisk a náklady prodejce, jsou výsledky z provedených simulací stejné pro všechny zkoumané scénáře – viz Tab. 5.4. Scénáře představené podrobně v Tab. 4.2 se totiž týkají nákladů dodavatele, nikoliv prodejce.

**Tab. 5.4: Varianta ztracené poptávky z pohledu prodejce**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady prodejce				Zisk prodejce				
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	Statisticky významné snížení
1	3 005,0	3 012,5	-11,660	ano	25 686 967	25 552 696	4,566	ne	ano
2	3 005,0	3 012,5	-11,660	ano	25 686 967	25 552 696	4,566	ne	ano
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	3 005,0	3 012,5	-11,660	ano	25 686 967	25 552 696	4,566	ne	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že ve verzi modelu MOQ je prodejce ve svých snahách o optimalizaci vlastního výsledku oproti verzi modelu OUT více omezován, lze předpokládat, že náklady na jednotku budou v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT. V provedených simulacích jsou průměrné jednotkové náklady prodejce 3 005,0 Kč ve verzi OUT, zatímco ve verzi MOQ dosahují 3 012,5 Kč. Hodnota testového kritéria -11,7 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení jednotkových nákladů prodejce**.

Na celkový zisk prodejce působí v tomto případě dva protichůdné vlivy. Na jedné straně zvýšené jednotkové náklady ve verzi MOQ, tedy zisk na jednotku je nižší, což má negativní vliv na celkový zisk, na druhé straně bylo potvrzeno, že dodávky konečným zákazníkům jsou ve verzi MOQ vyšší proti verzi modelu OUT, což má pozitivní vliv na celkový zisk prodejce. Jde tedy o to, který z těchto dvou vlivů bude silnější.

Tab. 5.4 ukazuje zisk prodejce v obou modelech, 25,687 milionů korun ve verzi OUT a 25,553 milionů korun ve verzi MOQ. Hodnota testového kritéria 4,6 nespadá do kritického oboru pro HY 5.2a o zvýšení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti proto nelze zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti obou průměrů, tj. nelze potvrdit HY 5.2a.

Vzhledem k oběma očekávaným protichůdným vlivům se testuje také druhá varianta této hypotézy, tj. HY 5.2b, že celkový zisk prodejce je ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT. Hodnota testového kritéria 4,6 spadá do kritického oboru pro HY 5.2b o snížení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **snížení celkového zisku prodejce**, tj. lze potvrdit HY 5.2b.

### 5.1.3 Náklady a zisk řetězce ve variantě 1

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití práce přesčas se jednotkové náklady dodavatele ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT snižují a celkový zisk se zvyšuje, a to pro všechny nákladové scénáře, a jednotkové náklady prodejce se ve verzi MOQ oproti verzi OUT zvyšují a celkový zisk prodejce se snižuje. Jak je na tom však řetězec jako celek? Záleží na tom, který z těchto protichůdných vlivů je silnější.

Tab. 5.5 ukazuje výsledky získané v provedených simulacích pro jednotkové náklady řetězce a celkový zisk řetězce. Je patrné, že tentokrát jsou **výsledky různorodé**.

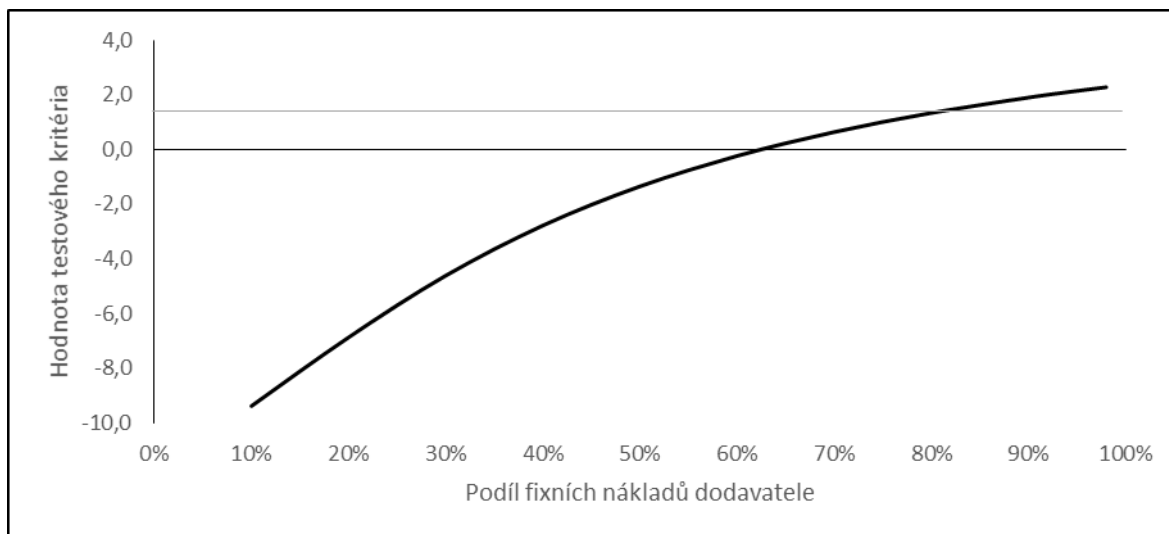
**Tab. 5.5: Varianta ztracené poptávky z pohledu celého řetězce**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady řetězce				Zisk řetězce			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	5 268,3	5 274,6	-9,390	ne	44 677 484	44 669 276	0,185	ne
2	5 281,7	5 286,8	-6,876	ne	44 334 911	44 355 794	-0,433	ne
3	5 295,1	5 299,0	-4,616	ne	43 992 338	44 042 313	-0,958	ne
4	5 308,4	5 311,1	-2,782	ne	43 649 765	43 728 831	-1,408	ne
5	5 321,8	5 323,3	-1,348	ne	43 307 192	43 415 350	-1,797	ano
6	5 335,1	5 335,4	-0,233	ne	42 964 619	43 101 869	-2,135	ano
7	5 348,5	5 347,6	0,642	ne	42 622 046	42 788 387	-2,433	ano
8	5 361,9	5 359,8	1,339	ne	42 279 472	42 474 906	-2,695	ano
9	5 375,2	5 371,9	1,904	ano	41 936 899	42 161 424	-2,929	ano
10	5 381,9	5 378,0	2,147	ano	41 765 613	42 004 683	-3,036	ano
11	5 385,9	5 381,6	2,282	ano	41 662 841	41 910 639	-3,098	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Jednotkové náklady řetězce jako celku se ve scénářích s vysokým podílem materiálových (variabilních) nákladů zvyšují ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT. Konkrétně se jedná o scénáře 1 až 6, tj. podíl materiálových nákladů 90 % ve scénáři 1, postupně klesající až k podílu 40 % ve scénáři 6. Od scénáře 7 do scénáře 11 lze pozorovat zlepšení jednotkových nákladů řetězce jako celku, ale pouze ve scénářích 9 až 11, tj. ve scénářích s podílem fixních nákladů 90 % a více lze toto zlepšení prokázat na 5% hladině významnosti a prokázat pro ně platnost HY 6.1, která zkoumá, zda jsou jednotkové náklady řetězce ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT.

Statistická korelace ukazuje velmi silnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílem fixních nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,97. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.6. Při malém podílu fixních nákladů v příslušném scénáři se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Toto zhoršení ale se stoupajícím podílem fixních nákladů klesá, až mezi 60 % a 70 % se změna jednotkových nákladů změní na pozitivní. Ovšem teprve u scénářů s větším než 80% podílem fixních nákladů je snížení jednotkových nákladů ve verzi MOQ proti verzi OUT statisticky významné na 5% hladině významnosti. Hranice kritického oboru je na Obr. 5.6 znázorněna světle šedou vodorovnou linkou, kritický obor leží nad ní.



Zdroj: vlastní zpracování

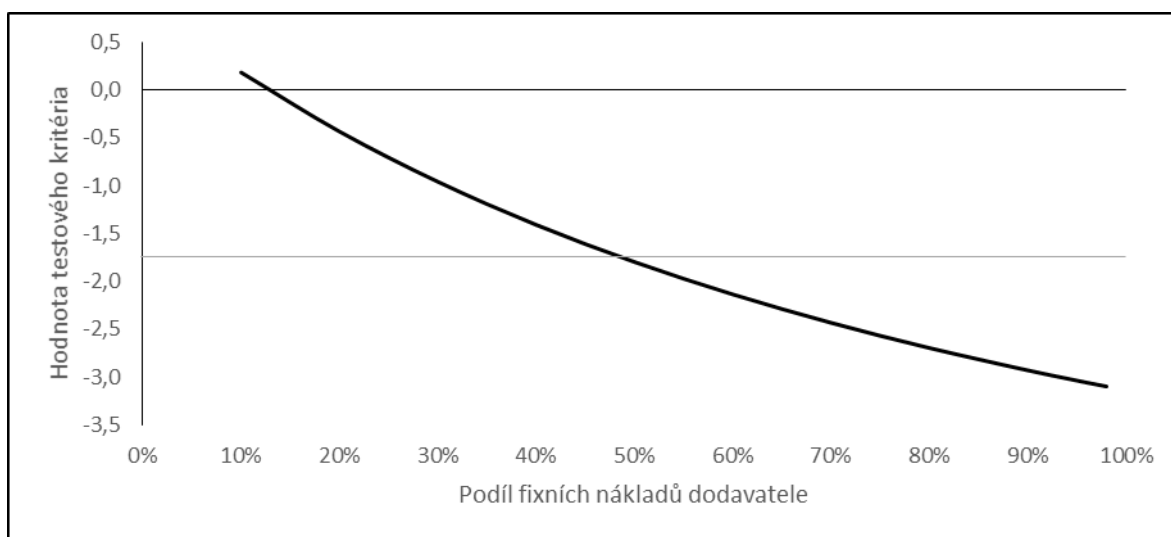
**Obr. 5.6: Jednotkové náklady řetězce – ztracená poptávka bez přesčasů**

Celkový zisk řetězce jako celku se snižuje ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT pouze ve scénáři s nejvyšším zkoumaným podílem materiálových (variabilních) nákladů, tj. ve scénáři 1 s podílem materiálových nákladů 90 %. V ostatních nákladových scénářích se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti OUT zvyšuje, se stoupajícím podílem fixních nákladů čím dál výrazněji a od podílu fixních nákladů 50 % lze toto zlepšení prokázat na 5% hladině významnosti a potvrdit tak pro tyto scénáře platnost HY 6.2, která zkoumá, zda je zisk řetězce ve verzi modelu MOQ vyšší než ve verzi OUT.

V porovnání s jednotkovými náklady řetězce, kdy lze zlepšení prokázat teprve při podílu fixních nákladů 90 % a více, lze zlepšení celkového zisku prokázat i pro scénáře s nižším podílem fixních nákladů. To je dáno tím, že celkový zisk řetězce je ovlivněn nejen jednotkovými náklady, ale také množstvím zboží vyrobeným dodavatelem a dodaným zákazníkům, přičemž nárůst obou byl pro variantu modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce potvrzen (viz předchozí kapitoly).

Statistická korelace ukazuje velmi silnou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílu fixních nákladů v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,99. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.7. Při malém podílu fixních nákladů v příslušném scénáři se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT snižuje. Už při

podílu fixních nákladů mezi 10 % a 20 % ale celkový zisk řetězce začne ve verzi MOQ proti verzi OUT stoupat. Tento nárůst je se stoupajícím podílem fixních nákladů stále silnější, až mezi 40 % a 50 % podílem fixních nákladů lze zlepšení celkového zisku řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT statisticky prokázat na 5% hladině významnosti. Hranice kritického oboru je na Obr. 5.7 znázorněna světle šedou vodorovnou linkou, kritický obor leží pod ní.



Zdroj: vlastní zpracování

*Obr. 5.7: Celkový zisk řetězce – ztracená poptávka bez přesčasů*

## 5.2 Model se ztracenou poptávkou a přesčasy (varianta 2)

Druhou zkoumanou variantu modelu lze zkráceně popsat jako model se ztracenou poptávkou a s využitím přesčasové práce. Při převisu poptávky konečných zákazníků nad aktuální výší zásob prodejce je tato neuspokojená poptávka ztracená. Navíc se však dodavatel při výrobě dle objednávek prodejce snaží vyjít vstříc žádostem prodejce o větší flexibilitu výroby a využívá předem sjednanou výrobní kapacitu navýšenou o dalších 5 % díky přesčasové práci.

Sled událostí v této variantě modelu odpovídá Obr. 4.2 a výběr rovnic z kapitoly 4.2.2, které jsou relevantní k tomuto modelu, dle jednotlivých kroků simulace představuje následující tabulka – Tab. 5.6.



**Tab. 5.6: Rovnice relevantní k modelu se ztracenou poptávkou a s přesčasy**

Událost	Relevantní veličina a její rovnice
Zjištění stavu zásob	$I_{n-1}$
Objednávka prodejce	a) v modelu OUT: $R_n = \min\{S - I_{n-1}; C_e\}$ b) v modelu MOQ: $R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1}; C_e\}; MOQ\}$
Výroba	$P_n = R_n$
Poptávka konečných zákazníků	$D_n$
Vyrobené zboží předáno prodejci	$P_n$
Dodávka zákazníkům	$Del_n = \min\{D_n; I_{n-1} + P_n\}$
Ztracená poptávka	$Dlost_n = D_n - Del_n$
Zjištění stavu zásob	$I_n = I_{n-1} + P_n - Del_n$

Zdroj: vlastní zpracování

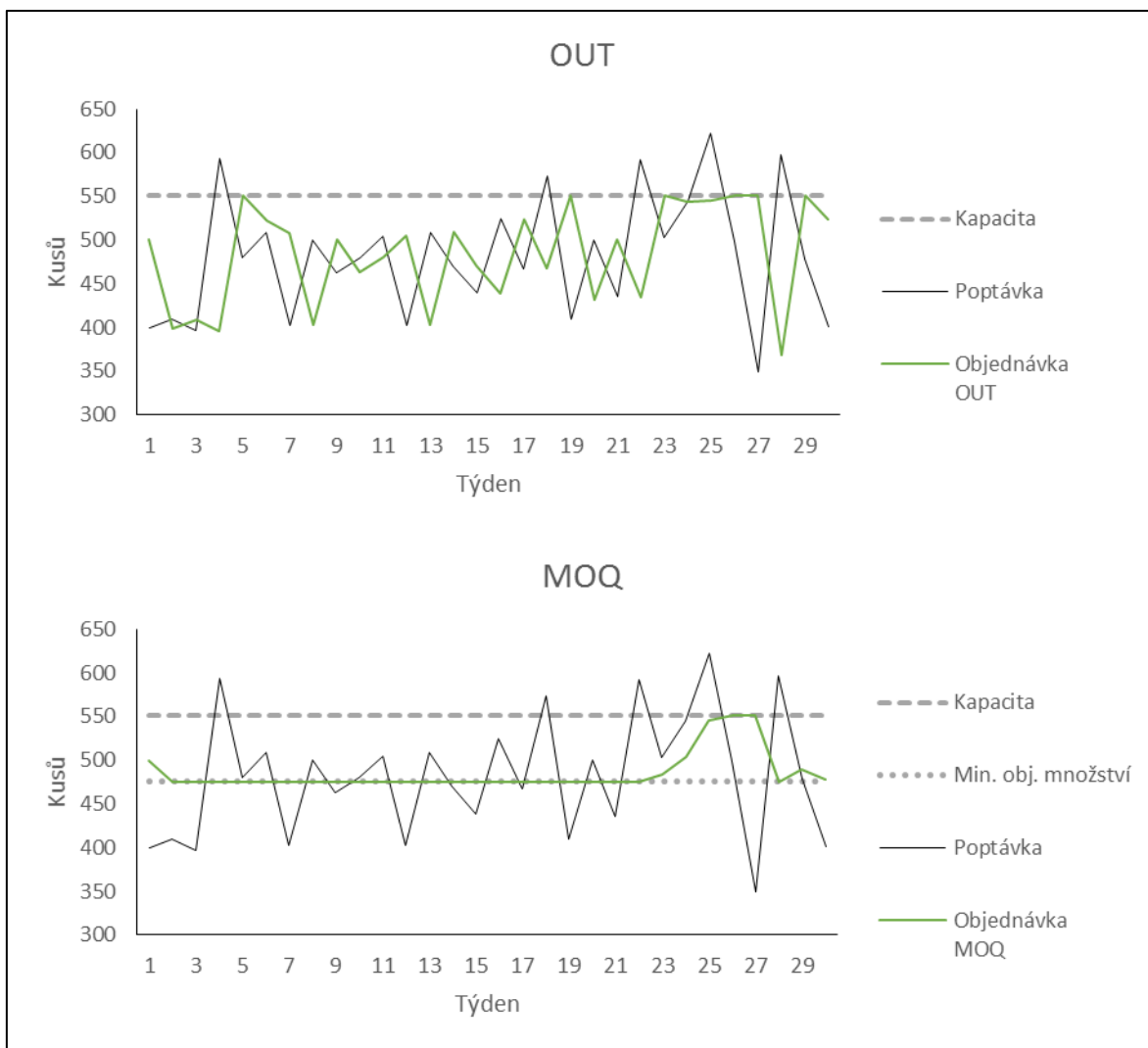
Průběh jedné roční simulace ve verzi OUT je zobrazen v Tab. 5.7.

**Tab. 5.7: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou a s přesčasy**

Týden	Počáteční stav zásob	Objednávka prodejce	Výroba	Využitý přesčas	Poptávka zákazníků	Dodávka zákazníkům	Ztracená poptávka	Konečný stav zásob
n	$I_{(n-1)}$	$R_n$	$P_n$	$P_n - C$	$D_n$	$DeI_n$	$Dlost_n$	$I_n$
1	174	500	500	0	399	399	0	275
2	275	399	399	0	409	409	0	265
3	265	409	409	0	396	396	0	278
4	278	396	396	0	593	593	0	81
5	81	551	551	26	480	480	0	152
6	152	522	522	0	508	508	0	166
7	166	508	508	0	403	403	0	271
8	271	403	403	0	500	500	0	174
9	174	500	500	0	463	463	0	211
10	211	463	463	0	480	480	0	194
11	194	480	480	0	505	505	0	169
12	169	505	505	0	403	403	0	271
13	271	403	403	0	509	509	0	165
14	165	509	509	0	470	470	0	204
15	204	470	470	0	439	439	0	235
16	235	439	439	0	524	524	0	150
17	150	524	524	0	467	467	0	207
18	207	467	467	0	573	573	0	101
19	101	551	551	26	410	410	0	242
20	242	432	432	0	500	500	0	174
21	174	500	500	0	435	435	0	239
22	239	435	435	0	592	592	0	82
23	82	551	551	26	503	503	0	130
24	130	544	544	19	545	545	0	129
25	129	545	545	20	622	622	0	52
26	52	551	551	26	499	499	0	104
27	104	551	551	26	349	349	0	306
28	306	368	368	0	597	597	0	77
29	77	551	551	26	478	478	0	150
30	150	524	524	0	401	401	0	273
31	273	401	401	0	598	598	0	76
32	76	551	551	26	520	520	0	107
33	107	551	551	26	641	641	0	17
34	17	551	551	26	461	461	0	107
35	107	551	551	26	500	500	0	158
36	158	516	516	0	497	497	0	177
37	177	497	497	0	485	485	0	189
38	189	485	485	0	466	466	0	208
39	208	466	466	0	370	370	0	304
40	304	370	370	0	403	403	0	271
41	271	403	403	0	499	499	0	175
42	175	499	499	0	436	436	0	238
43	238	436	436	0	416	416	0	258
44	258	416	416	0	621	621	0	53
45	53	551	551	26	482	482	0	122
46	122	551	551	26	475	475	0	198
47	198	476	476	0	601	601	0	73
48	73	551	551	26	550	550	0	74
49	74	551	551	26	572	572	0	53
50	53	551	551	26	448	448	0	156
51	156	518	518	0	358	358	0	316
52	316	358	358	0	561	561	0	113

Zdroj: vlastní zpracování

Dodavatel využívá minimálního objednáčného množství, tj. MOQ, k omezení fluktuace využití své výrobní kapacity v porovnání s verzí modelu OUT. Porovnání časového průběhu poptávky a příslušné objednávky z modelu OUT a objednávky z modelu MOQ je uvedeno na Obr. 5.8, který zobrazuje 30 týdnů jedné simulace. Vyhlazení objednávek ve verzi MOQ oproti verzi OUT je z obrázku dobře patrné.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.8: Průběh poptávky a objednávek v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy**

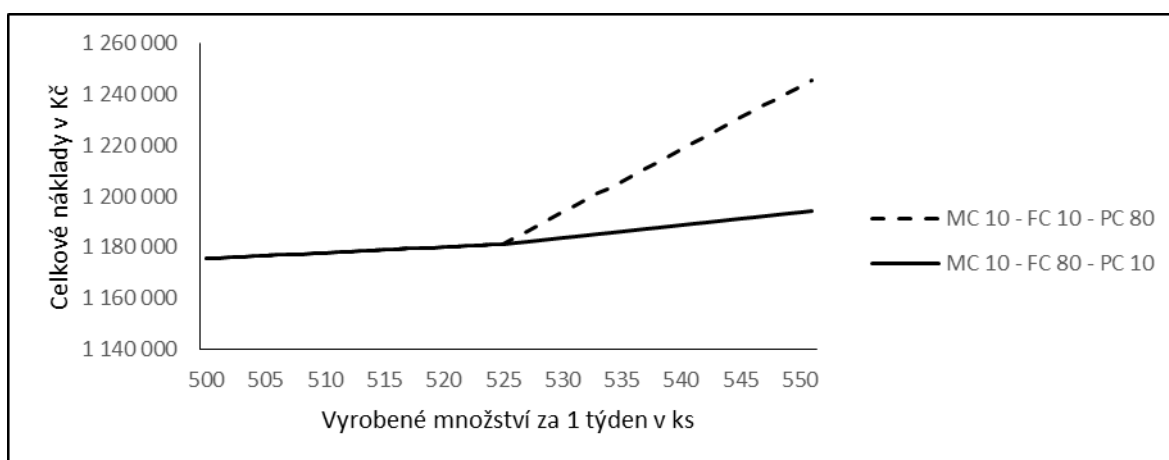
Poměr rozptylu objednávky a rozptylu poptávky (viz rovnice 5.1) dosahuje v modelu OUT hodnoty 0,582, zatímco v modelu MOQ hodnota tohoto měřítka dosahuje 0,172. Model MOQ utlumuje efekt biče silněji než model OUT. Testové kritérium nabývá hodnoty 107,0, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy prokazuje HY 1.1, která

zkoumá, zda využitím institutu minimálního objednáčích množství dodavatel dosahuje svého cíle vyhlazení objednávek prodejce a **stabilizace úrovně využití své výrobní kapacity**.

### 5.2.1 Náklady a zisk dodavatele ve variantě 2

Stejně jako ve všech ostatních variantách modelu dodavatel je v prostředí zkoumaného dodavatelského řetězce pod určujícím vlivem objednávek prodejce, který optimalizuje svůj výsledek a neohlíží se na situaci dodavatele. Náklady dodavatele při různém využití výrobní kapacity kolísají, a to nejen v absolutní výši, ale i ve vyjádření na jednotku produkce.

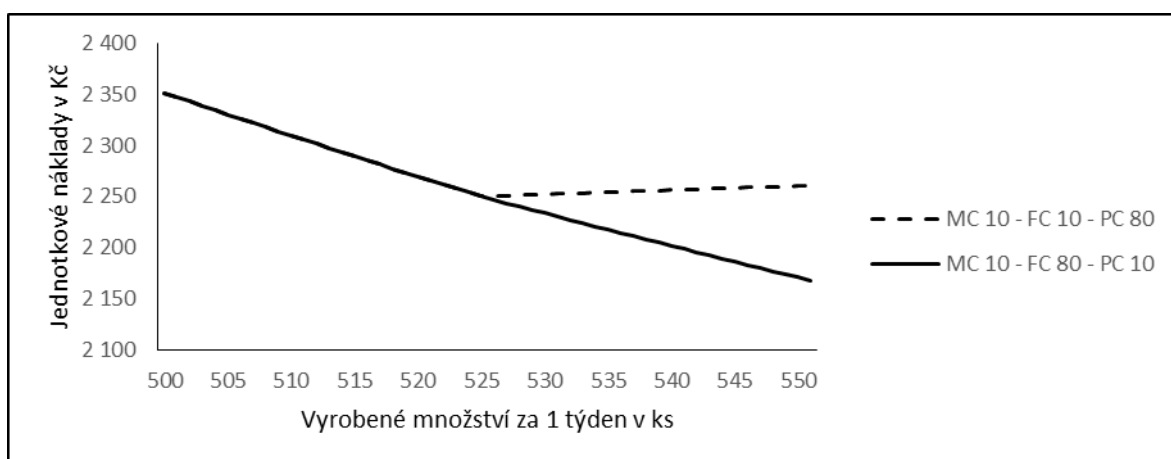
Obr. 5.9 srovnává celkové náklady dodavatelů s různou nákladovou strukturou s využitím přesčasové práce. Je zřejmé, že v zobrazeném rozmezí výroby 500 ks až 551 ks (kapacita navýšená o přesčasovou práci) s rostoucí velikostí produkce rostou celkové náklady obou zvolených nákladových scénářů dodavatele stejně v rámci původně stanovené kapacity, tj. až do velikosti produkce 525 kusů za týden. V rozmezí výroby 526 až 551 ks, tj. v oblasti využití přesčasové práce, rostou výrazně strměji celkové náklady dodavatele s vysokým podílem personálních nákladů (tj. *MC* 10 %, *FC* 10 % a *PC* 80 %) než celkové náklady dodavatele s nízkým podílem personálních nákladů (tj. *MC* 10 %, *FC* 80 % a *PC* 10 %). Je to dáno tím, že v oblasti přesčasové práce je každá dodatečná jednotka vyrobena jen za cenu vyšší sazby personálních nákladů.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.9: Celkové náklady dodavatele při využití přesčasu**

Podobně se chovají také jednotkové náklady dodavatele. Obr. 5.10 srovnává jednotkové náklady dodavatelů s různou nákladovou strukturou s využitím přesčasové práce. Je zřejmé, že v zobrazeném rozmezí výroby 500 ks až 551 ks za týden se průběh křivky jednotkových nákladů obou představovaných dodavatelů diametrálně odlišuje. V případě dodavatele s nízkým podílem personálních nákladů (tj. *MC* 10 %, *FC* 80 % a *PC* 10 %) jednotkové náklady s rostoucí výší produkce klesají, ačkoliv po vstupu do oblasti přesčasové práce o něco pomalejším tempem. V případě dodavatele s vysokým podílem personálních nákladů (tj. *MC* 10 %, *FC* 10 % a *PC* 80 %) jednotkové náklady klesají s rostoucí velikostí produkce pouze v oblasti původní plánované kapacity výroby, tedy až do množství 525 kusů za týden. Po překročení této kapacity, když se výroba dostane do oblasti přesčasové práce, jednotkové náklady rostou, a to kvůli tomu, že každá další jednotka je vyrobena jen za cenu navýšené sazby personálních nákladů.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.10: Jednotkové náklady dodavatele při využití přesčasu**

Uplatnění minimálního objednáčného množství na objednávky prodejce, tj. model MOQ, s sebou nese stabilnější objednávky, potažmo stabilnější využití výrobní kapacity dodavatele než ve verzi OUT.

Se stabilnějšími objednávkami ve verzi modelu MOQ s dolním omezením objednávek prodejce souvisí také celkově vyšší výroba. Průměrné vyrobené množství za rok ve verzi OUT je v provedené simulaci 25 909 kusů, kdežto ve verzi MOQ je to již 26 010 kusů. Hodnota testového kritéria je -4,6, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti

tedy lze potvrdit HY 2.1, že nastolený limit pro objednávané množství ve verzi modelu MOQ vede ke **zvýšení vyrobeného množství** v porovnání s verzí modelu OUT.

Dodavatel vyrábí na zakázku prodejce a veškeré vyrobené zboží mu ve stejné časové periodě prodává, proto je vyšší průměrné vyrobené množství ve verzi MOQ jedním z faktorů, které dodavateli přinesou vyšší absolutní zisk.

Při zkoumání jednotkových nákladů dodavatele a jeho zisku je třeba brát v úvahu nákladovou strukturu jednotlivých scénářů, jak byla představena v Tab. 4.3. Srovnání jednotkových nákladů dodavatele v modelu OUT a v modelu MOQ pro jednotlivé nákladové typy dodavatelů je představeno v Tab. 5.8. Ve všech scénářích je patrné, že při uplatnění minimálního objednávacího množství dojde u dodavatele na 5% hladině významnosti ke statisticky významnému **snížení nákladů na jednotku produkce**, tj. je tak potvrzena HY 3.1.

Bylo tedy prokázáno, že v modelu MOQ dodavatel vyrábí více jednotek při nižších nákladech na jednotku než v modelu OUT. Nepřekvapí proto, že **celkový zisk dodavatele** je v modelu MOQ také **vyšší** než v modelu OUT – viz Tab. 5.8. Ve všech 39 scénářích dosahuje dodavatel na 5% hladině významnosti vyššího zisku v modelu MOQ než v modelu OUT. Tím je potvrzena hypotéza HY 3.2.

**Tab. 5.8: Varianta ztracené poptávky a práce přesčas z pohledu dodavatele**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady dodavatele				Zisk dodavatele			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	2 404,2	2 379,0	17,989	ano	15 453 075	16 164 901	-14,373	ano
2	2 398,7	2 375,5	15,935	ano	15 598 263	16 256 237	-12,916	ano
3	2 393,1	2 372,0	14,006	ano	15 743 450	16 347 573	-11,534	ano
4	2 387,5	2 368,6	12,196	ano	15 888 637	16 438 909	-10,224	ano
5	2 381,9	2 365,1	10,495	ano	16 033 824	16 530 245	-8,980	ano
6	2 376,3	2 361,6	8,897	ano	16 179 011	16 621 581	-7,798	ano
7	2 370,7	2 358,1	7,394	ano	16 324 198	16 712 917	-6,675	ano
8	2 365,1	2 354,6	5,979	ano	16 469 385	16 804 253	-5,607	ano
9	2 386,5	2 364,3	17,725	ano	15 911 270	16 546 460	-13,807	ano
10	2 380,9	2 360,8	15,441	ano	16 056 457	16 637 795	-12,257	ano
11	2 375,3	2 357,3	13,314	ano	16 201 644	16 729 131	-10,794	ano
12	2 369,7	2 353,8	11,332	ano	16 346 832	16 820 467	-9,412	ano
13	2 364,1	2 350,4	9,485	ano	16 492 019	16 911 803	-8,105	ano
14	2 358,6	2 346,9	7,761	ano	16 637 206	17 003 139	-6,869	ano
15	2 353,0	2 343,4	6,151	ano	16 782 393	17 094 475	-5,699	ano
16	2 368,7	2 349,6	17,389	ano	16 369 465	16 928 018	-13,146	ano
17	2 363,1	2 346,1	14,818	ano	16 514 652	17 019 354	-11,491	ano
18	2 357,6	2 342,6	12,448	ano	16 659 839	17 110 690	-9,937	ano
19	2 352,0	2 339,1	10,261	ano	16 805 026	17 202 026	-8,477	ano
20	2 346,4	2 335,6	8,242	ano	16 950 214	17 293 362	-7,103	ano
21	2 340,8	2 332,1	6,375	ano	17 095 401	17 384 698	-5,810	ano
22	2 351,0	2 334,8	16,946	ano	16 827 660	17 309 577	-12,364	ano
23	2 345,4	2 331,4	14,006	ano	16 972 847	17 400 912	-10,591	ano
24	2 339,8	2 327,9	11,332	ano	17 118 034	17 492 248	-8,937	ano
25	2 334,2	2 324,4	8,897	ano	17 263 221	17 583 584	-7,391	ano
26	2 328,6	2 320,9	6,676	ano	17 408 408	17 674 920	-5,945	ano
27	2 333,2	2 320,1	16,335	ano	17 285 855	17 691 135	-11,427	ano
28	2 327,6	2 316,6	12,906	ano	17 431 042	17 782 471	-9,519	ano
29	2 322,0	2 313,2	9,844	ano	17 576 229	17 873 807	-7,752	ano
30	2 316,5	2 309,7	7,104	ano	17 721 416	17 965 143	-6,113	ano
31	2 315,4	2 305,4	15,441	ano	17 744 049	18 072 693	-10,282	ano
32	2 309,9	2 301,9	11,332	ano	17 889 236	18 164 029	-8,221	ano
33	2 304,3	2 298,4	7,761	ano	18 034 424	18 255 365	-6,330	ano
34	2 297,7	2 290,7	14,006	ano	18 202 244	18 454 252	-8,853	ano
35	2 292,1	2 287,2	8,897	ano	18 347 431	18 545 588	-6,618	ano
36	2 279,9	2 276,0	11,332	ano	18 660 439	18 835 810	-7,020	ano
37	2 265,0	2 263,0	11,332	ano	19 046 040	19 171 701	-6,052	ano
38	2 368,4	2 358,5	5,267	ano	16 385 475	16 704 809	-5,073	ano
39	2 415,9	2 388,1	19,125	ano	15 151 384	15 928 454	-15,362	ano

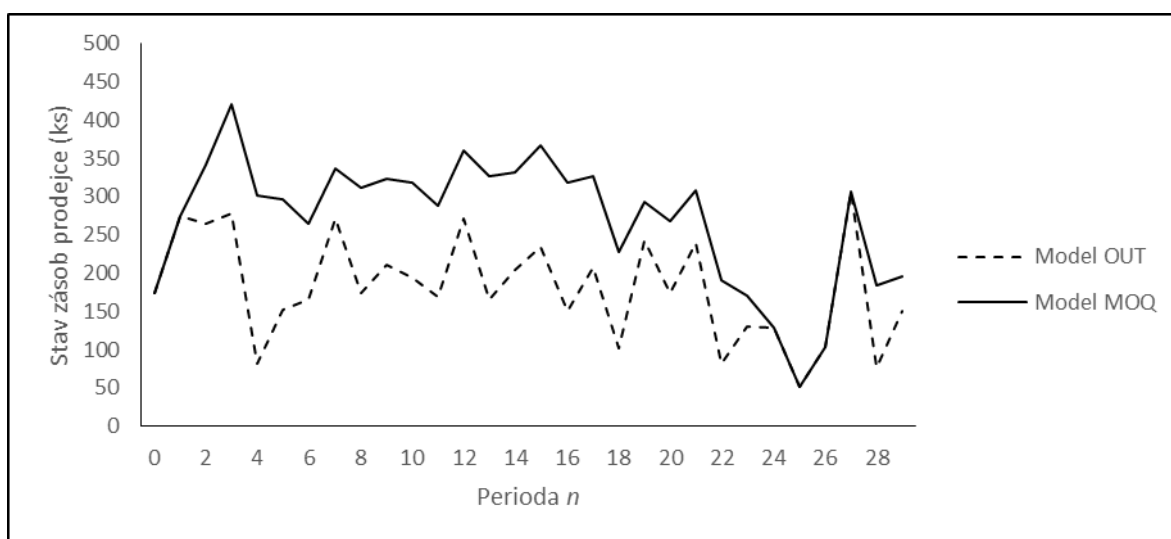
Zdroj: vlastní zpracování

## 5.2.2 Náklady a zisk prodejce ve variantě 2

Situace prodejce je ve variantě modelu se ztracenou poptávkou s využitím přesčasové práce stejná jako ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce (blíže viz kapitola 5.1.2). Odlišují se pouze tím, že ve variantě s přesčasovou prací prodejce může objednávat až do výše kapacity rozšířené o přesčasovou práci, tj. do výše  $C_e = 551$  ks za týden.

Z porovnání průběhu objednávek v modelu OUT a v modelu MOQ na Obr. 5.8 je patrné, že prodejce ve verzi modelu OUT naráží na limit daný kapacitou výroby, přesto jeho objednávky kolísají. Kvůli stanovenému minimálnímu objednávacímu množství ve verzi modelu MOQ jsou objednávky prodejce často vyšší než ve verzi OUT.

Lze očekávat, že jako důsledek minimálního objednávacího množství bude prodejce ve verzi modelu MOQ držet na skladě větší množství zásob než ve verzi OUT. To ostatně ilustruje Obr. 5.11. Výsledky provedených simulací ukazují, že průměrná výše zásob ve verzi OUT je 159 kusů, zatímco ve verzi MOQ je to 223 kusů. Hodnota testového kritéria -32,8 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 4.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednávacím množstvím vede ke **zvýšení průměrného stavu zásob prodejce**.

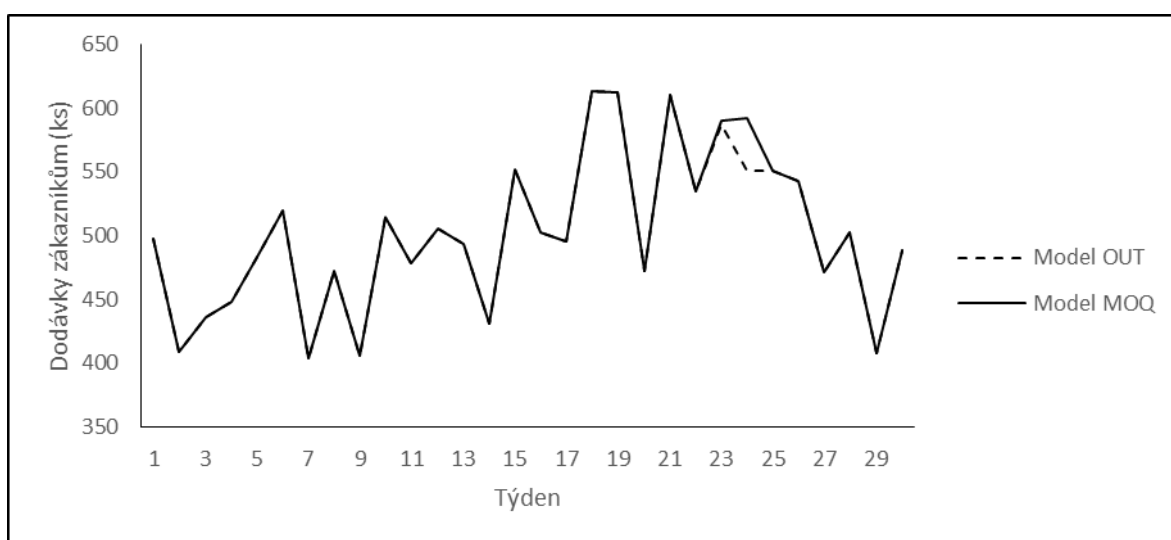


Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.11:** Stav zásob prodejce v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy



Kvůli vyššímu průměrnému stavu zásob lze očekávat, že prodejce ve verzi modelu MOQ bude schopen uspokojit větší množství poptávky konečných zákazníků než ve verzi OUT. Příklad dodávek zákazníkům ukazuje Obr. 5.12. Je patrné, že rozdíl mezi oběma verzemi je poměrně malý. Ze statistických výsledků v provedených simulacích lze odvodit, že celkový objem dodávek zákazníkům za rok je ve verzi OUT průměrně 25 925 kusů, zatímco ve verzi MOQ 25 950 kusů. Hodnota testového kritéria -1,07 nespadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy **nelze potvrdit** HY 4.2, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení dodávek prodejce konečným zákazníkům**.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.12: Dodávky zákazníkům v modelu se ztracenou poptávkou a přesčasy**

Při zkoumání efektu stabilizace využití výrobní kapacity na zisk a náklady prodejce jsou výsledky z provedených simulací stejné pro všechny zkoumané scénáře – viz Tab. 5.9, protože hospodářské výsledky prodejce nejsou závislé na nákladech dodavatele.

**Tab. 5.9: Varianta ztracené poptávky a práce přesčas z pohledu prodejce**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady prodejce				Zisk prodejce				
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	Statisticky významné snížení
1	3 003,7	3 012,9	-15,121	ano	25 830 312	25 617 598	6,704	ne	ano
2	3 003,7	3 012,9	-15,121	ano	25 830 312	25 617 598	6,704	ne	ano
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
39	3 003,7	3 012,9	-15,121	ano	25 830 312	25 617 598	6,704	ne	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Ve verzi modelu MOQ je prodejce ve svých snahách o optimalizaci vlastního výsledku oproti verzi modelu OUT více omezován, lze proto předpokládat, že náklady na jednotku budou v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT. Dle výsledků z provedených simulací jsou průměrné jednotkové náklady prodejce 3 003,7 Kč ve verzi OUT, zatímco ve verzi MOQ dosahují 3 012,9 Kč. Hodnota testového kritéria -15,1 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení jednotkových nákladů prodejce**.

Dle očekávání měly na celkový zisk prodejce působit dva protichůdné vlivy. Na jedné straně zvýšené jednotkové náklady ve verzi MOQ, a tím tedy nižší zisk na jednotku, což má negativní vliv na celkový zisk prodejce, na druhé straně se očekávaly vyšší dodávky konečným zákazníkům, což by mělo pozitivní vliv na celkový zisk prodejce. Vyšší dodávky konečným zákazníkům ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT však v případě modelu se ztracenou poptávkou a s využitím přesčasové práce nebyly potvrzeny. Lze tedy nyní očekávat, že celkový zisk prodejce ve verzi MOQ bude nižší než ve verzi OUT.

Tab. 5.9 ukazuje zisk prodejce v obou modelech: 25,830 milionů korun ve verzi OUT a 25,618 milionů korun ve verzi MOQ. Hodnota testového kritéria 6,7 nespadá do kritického oboru pro HY 5.2a o zvýšení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti proto nelze zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti obou průměrů, tj. nelze potvrdit HY 5.2a.

Jak bylo naznačeno, očekávané výsledky simulací by měly nahrávat spíše druhé variantě této výzkumné hypotézy, tj. HY 5.2b, že celkový zisk prodejce je ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT. Hodnota testového kritéria 6,7 spadá do kritického oboru pro HY 5.2b o snížení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **snížení celkového zisku prodejce**.

### 5.2.3 Náklady a zisk řetězce ve variantě 2

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že ve variantě modelu se ztracenou poptávkou s využitím práce přesčas se jednotkové náklady dodavatele ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT snižují a celkový zisk se zvyšuje, a to pro všechny nákladové scénáře. Jednotkové náklady prodejce se ve verzi MOQ oproti verzi OUT zvyšují a celkový zisk prodejce se snižuje. Pro zhodnocení, jak je na tom řetězec jako celek, je nutné zjistit, který z těchto protichůdných vlivů má převahu.

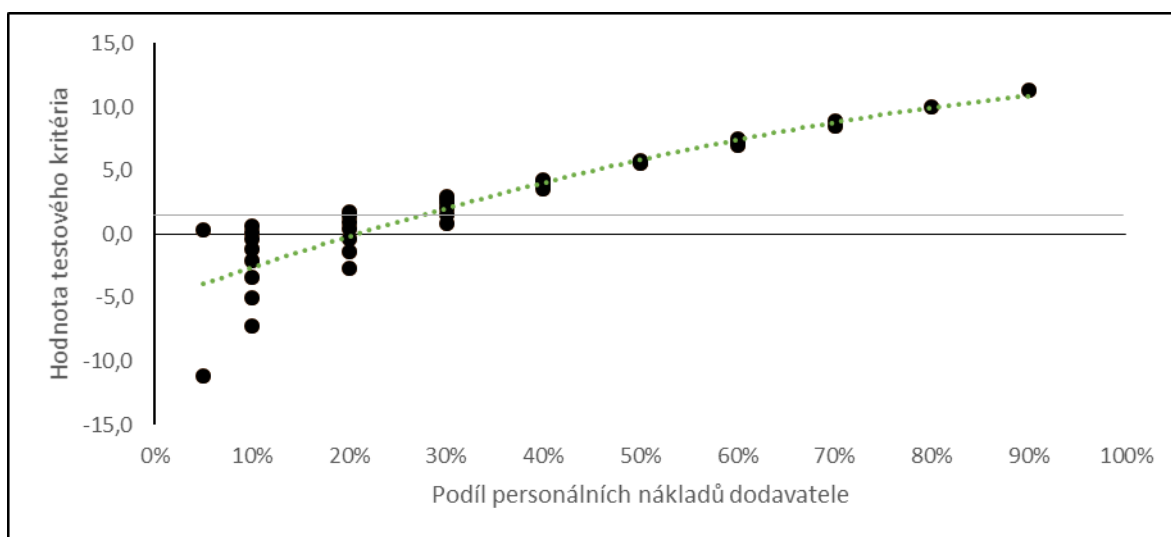
Tab. 5.10 ukazuje výsledky získané v provedených simulacích pro **jednotkové náklady řetězce**. Je patrné, že dosažené **výsledky jsou různorodé**.

**Tab. 5.10: Jednotkové náklady řetězce – ztracená poptávka a práce přesčas**

Scénář	Složení nákladů dodavatele			Průměrné jednotkové náklady řetězce			
	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	10	10	80	5 407,9	5 392,0	10,023	ano
2	10	20	70	5 402,3	5 388,5	8,461	ano
3	10	30	60	5 396,7	5 385,0	6,979	ano
4	10	40	50	5 391,1	5 381,5	5,574	ano
5	10	50	40	5 385,6	5 378,0	4,241	ano
6	10	60	30	5 380,0	5 374,5	2,978	ano
7	10	70	20	5 374,4	5 371,1	1,780	ano
8	10	80	10	5 368,8	5 367,6	0,643	ne
9	20	10	70	5 390,1	5 377,2	8,883	ano
10	20	20	60	5 384,6	5 373,8	7,214	ano
11	20	30	50	5 379,0	5 370,3	5,639	ano
12	20	40	40	5 373,4	5 366,8	4,152	ano
13	20	50	30	5 367,8	5 363,3	2,748	ano
14	20	60	20	5 362,2	5 359,8	1,424	ne
15	20	70	10	5 356,6	5 356,3	0,174	ne
16	30	10	60	5 372,4	5 362,5	7,487	ano
17	30	20	50	5 366,8	5 359,0	5,703	ano
18	30	30	40	5 361,2	5 355,5	4,027	ano
19	30	40	30	5 355,6	5 352,1	2,453	ano
20	30	50	20	5 350,0	5 348,6	0,976	ne
21	30	60	10	5 344,5	5 345,1	-0,410	ne
22	40	10	50	5 354,6	5 347,8	5,755	ano
23	40	20	40	5 349,0	5 344,3	3,846	ano
24	40	30	30	5 343,5	5 340,8	2,063	ano
25	40	40	20	5 337,9	5 337,3	0,400	ne
26	40	50	10	5 332,3	5 333,9	-1,151	ne
27	50	10	40	5 336,9	5 333,1	3,575	ano
28	50	20	30	5 331,3	5 329,6	1,535	ne
29	50	30	20	5 325,7	5 326,1	-0,357	ne
30	50	40	10	5 320,1	5 322,6	-2,110	ne
31	60	10	30	5 319,1	5 318,4	0,801	ne
32	60	20	20	5 313,5	5 314,9	-1,373	ne
33	60	30	10	5 307,9	5 311,4	-3,373	ne
34	70	10	20	5 301,3	5 303,6	-2,740	ne
35	70	20	10	5 295,8	5 300,1	-5,046	ne
36	80	10	10	5 283,6	5 288,9	-7,195	ne
37	90	5	5	5 268,6	5 275,9	-11,124	ne
38	5	90	5	5 372,1	5 371,4	0,321	ne
39	5	5	90	5 419,6	5 401,1	11,303	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Statistická korelace ukazuje silnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílu personálních (smíšených) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,90. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.13. V grafu je vždy několik bodů – hodnot testového kritéria pro jednu hodnotu podílu personálních nákladů. To je dáno tím, že v rámci 39 zkoumaných scénářů se najde několik scénářů se stejným podílem personálních nákladů dodavatele, ale s různými kombinacemi podílů fixních a materiálových nákladů. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice trendu, který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Jedná se o polynomický trend 2. stupně.



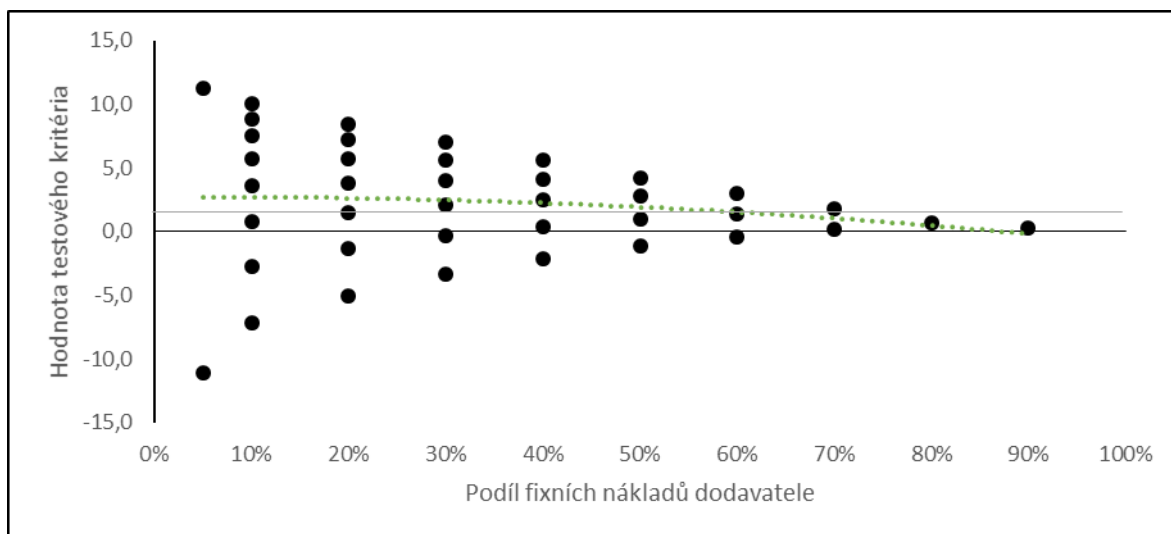
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.13: Jednotkové náklady řetězce dle personálních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy**

Při malém podílu personálních nákladů dodavatele v příslušném scénáři se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Se zvyšujícím se podílem personálních nákladů se ovšem toto zhoršení brzy mění na zlepšení a již pro některé scénáře s podílem personálních nákladů dodavatele 20 % lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují, a prokázat tak HY 6.1. Celkem byla HY 6.1 prokázána pro 21 ze zkoumaných 39 scénářů.

Statistická korelace ukazuje velmi slabou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílu fixních

nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,14. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.14. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice trendu (polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Obr. 5.14 graficky znázorňuje velmi slabou závislost změny jednotkových nákladů řetězce na podílu fixních nákladů dodavatele.

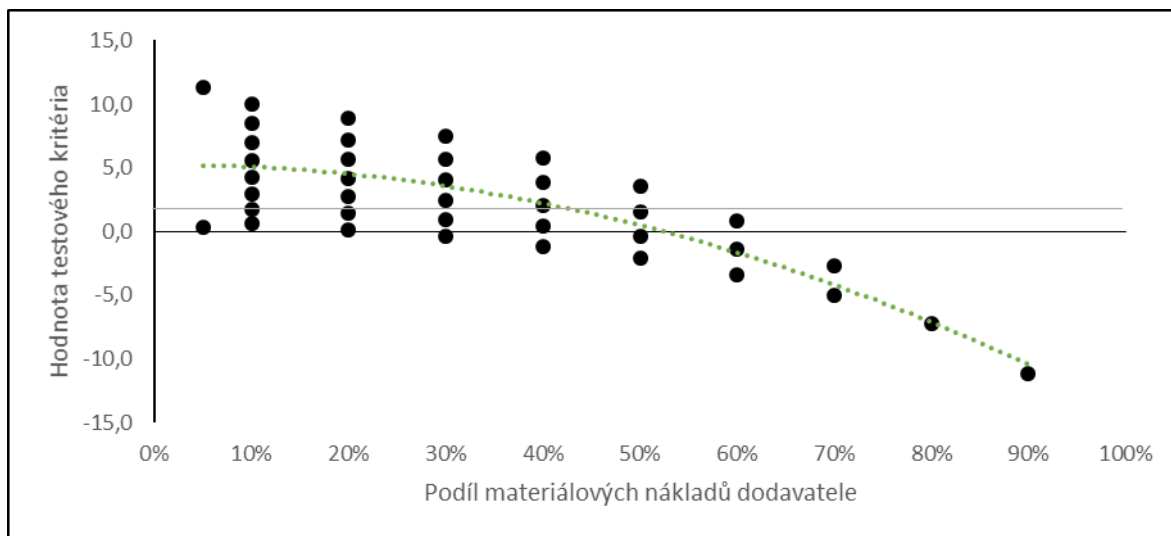


Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.14: Jednotkové náklady řetězce dle fixních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy**

Statistická korelace ukazuje spíše silnou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílu materiálových (variabilních) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,76. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.15. Šedá vodorovná linka představuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice trendu (polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou.

Při vysokém podílu materiálových nákladů dodavatele v příslušném scénáři se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Se snižujícím se podílem materiálových nákladů se ovšem toto zhoršení mění na zlepšení a pro některé scénáře s podílem materiálových nákladů dodavatele 50 % již lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.15: Jednotkové náklady řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasů**

Tab. 5.11 ukazuje výsledky získané v provedených simulacích pro celkový zisk řetězce. Je zřejmé, že **efekt** stabilizace využití výrobní kapacity dodavatele **na zisk řetězce se v různých scénářích liší.**

Pro 25 ze zkoumaných 39 scénářů lze na 5% hladině významnosti potvrdit zlepšení celkového zisku řetězce ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT (tj. potvrdit HY 6.2). Je to o čtyři scénáře více, než pro kolik lze prokázat snížení jednotkových nákladů. To je dáno především pozitivním vlivem zvýšení vyrobeného množství u dodavatele na celkový zisk řetězce, jež bylo pro variantu modelu se ztracenou poptávkou a s využitím přesčasů prokázáno v podkapitole 5.2.1.

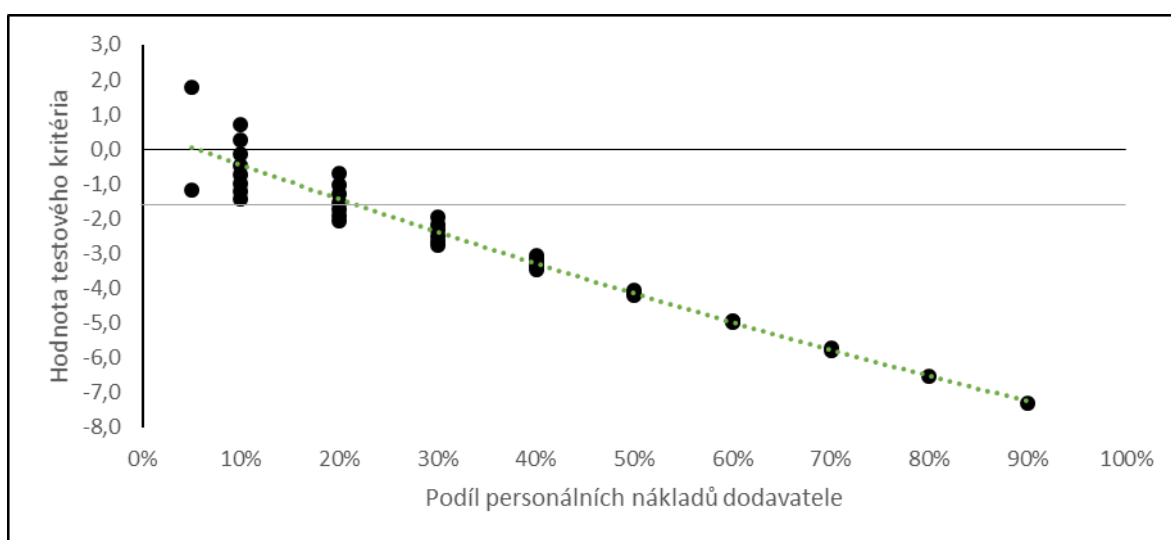
**Tab. 5.11: Celkový zisk řetězce – ztracená poptávka a práce přesčas**

Scénář	Složení nákladů dodavatele			Zisk řetězce			
	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	10	10	80	41 283 387	41 782 499	-6,535	ano
2	10	20	70	41 428 574	41 873 835	-5,726	ano
3	10	30	60	41 573 761	41 965 171	-4,944	ano
4	10	40	50	41 718 948	42 056 507	-4,189	ano
5	10	50	40	41 864 136	42 147 843	-3,460	ano
6	10	60	30	42 009 323	42 239 179	-2,755	ano
7	10	70	20	42 154 510	42 330 515	-2,074	ano
8	10	80	10	42 299 697	42 421 851	-1,415	ne
9	20	10	70	41 741 582	42 164 057	-5,787	ano
10	20	20	60	41 886 769	42 255 393	-4,955	ano
11	20	30	50	42 031 956	42 346 729	-4,153	ano
12	20	40	40	42 177 143	42 438 065	-3,379	ano
13	20	50	30	42 322 330	42 529 401	-2,633	ano
14	20	60	20	42 467 517	42 620 737	-1,914	ano
15	20	70	10	42 612 705	42 712 073	-1,219	ne
16	30	10	60	42 199 776	42 545 616	-4,965	ano
17	30	20	50	42 344 964	42 636 952	-4,110	ano
18	30	30	40	42 490 151	42 728 288	-3,287	ano
19	30	40	30	42 635 338	42 819 624	-2,495	ano
20	30	50	20	42 780 525	42 910 960	-1,733	ano
21	30	60	10	42 925 712	43 002 296	-0,998	ne
22	40	10	50	42 657 971	42 927 174	-4,059	ano
23	40	20	40	42 803 158	43 018 510	-3,181	ano
24	40	30	30	42 948 346	43 109 846	-2,337	ano
25	40	40	20	43 093 533	43 201 182	-1,526	ne
26	40	50	10	43 238 720	43 292 518	-0,748	ne
27	50	10	40	43 116 166	43 308 733	-3,056	ano
28	50	20	30	43 261 353	43 400 069	-2,154	ano
29	50	30	20	43 406 540	43 491 405	-1,290	ne
30	50	40	10	43 551 727	43 582 741	-0,461	ne
31	60	10	30	43 574 361	43 690 291	-1,941	ano
32	60	20	20	43 719 548	43 781 627	-1,016	ne
33	60	30	10	43 864 735	43 872 963	-0,132	ne
34	70	10	20	44 032 556	44 071 850	-0,696	ne
35	70	20	10	44 177 743	44 163 186	0,252	ne
36	80	10	10	44 490 750	44 453 408	0,701	ne
37	90	5	5	44 876 352	44 789 299	1,763	ne
38	5	90	5	42 215 787	42 322 407	-1,192	ne
39	5	5	90	40 981 696	41 546 052	-7,294	ano

Zdroj: vlastní zpracování



Stejně jako u jednotkových nákladů řetězce vykazuje i pro celkový zisk řetězce statistická korelace silnou, tentokrát nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílem personálních (smíšených) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,97. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.16. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží pod ní. Grafem je proložena spojnice trendu, který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Jedná se o polynomický trend 2. stupně.

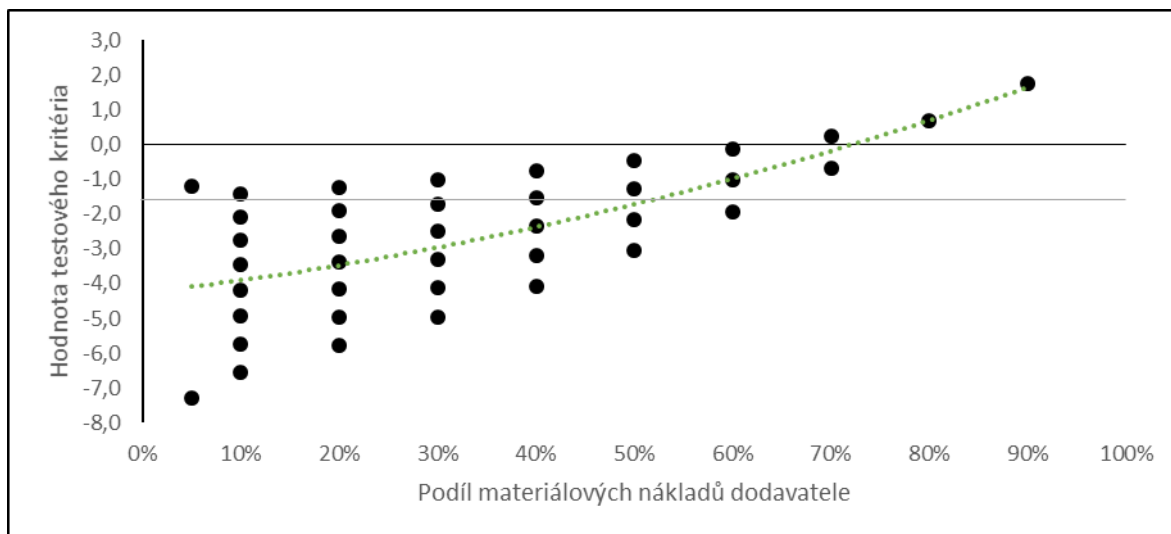


Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.16: Celkový zisk řetězce dle personálních nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy**

Čím vyšší je podíl personálních nákladů dodavatele v příslušném scénáři, tím spíše lze očekávat, že stabilizace využití výrobní kapacity dodavatele, přinese pozitivní efekt na celkový zisk řetězce jako celku. Statisticky lze toto zlepšení potvrdit na 5% hladině významnosti pro scénáře s podílem personálních nákladů dodavatele 30 % a více (a pro některé scénáře s podílem nižším).

Statistická korelace ukazuje velmi slabou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílu fixních nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,28.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.17: Celkový zisk řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – ztracená poptávka a přesčasy**

Statistická korelace dále ukazuje přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílu materiálových (variabilních) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,69. Graficky vztah mezi těmito veličinami znázorňuje Obr. 5.17. Šedá vodorovná linka představuje hranici kritického oboru, který leží pod ní. Grafem je proložena spojnice trendu (polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou.

Při vysokém podílu materiálových nákladů dodavatele v příslušném scénáři se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT snižuje. Se snižujícím se podílem materiálových nákladů se ovšem toto zhoršení mění na zlepšení a pro některé scénáře s podílem materiálových nákladů dodavatele 60 % již lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují.

### 5.3 Model s kumulací nedodělků (varianta 3)

Třetí zkoumanou variantu modelu lze zkráceně popsat jako model s možností kumulace nedodělků a bez využití přesčasů. Znamená to, že v případě převisu poptávky konečných zákazníků nad aktuální výší zásob prodejce je tato neuspokojená poptávka doobjednána a uspokojena v následující časové periodě (v dalším týdnu). Dodavatel při výrobě dle

objednávek prodejce využívá pouze předem sjednanou výrobní kapacitu a nezapojuje do výroby přesčasovou práci.

Sled událostí v této variantě modelu odpovídá Obr. 4.3 a Tab. 5.12 představuje výběr rovnic z kapitoly 4.2.2, které jsou relevantní k tomuto modelu, dle jednotlivých kroků simulace.

**Tab. 5.12: Rovnice relevantní k modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů**

Událost	Relevantní veličina a její rovnice
Zjištění počátečního stavu a) zásob b) nedodělků	$I_{n-1}$ $B_{n-1}$
Objednávka prodejce	a) v modelu OUT: $R_n = \min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C\}$ b) v modelu MOQ: $R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C\}; MOQ\}$
Výroba	$P_n = R_n$
Poptávka konečných zákazníků	$D_n$
Vyrobené zboží předáno prodejci	$P_n$
Dodávka zákazníkům	$Del_n = \min\{D_n + B_n; I_{n-1} + P_n\}$
Zjištění konečného stavu a) zásob b) nedodělků	$I_n = I_{n-1} + P_n - Del_n$ $B_n = B_{n-1} + D_n - Del_n$

Zdroj: vlastní zpracování

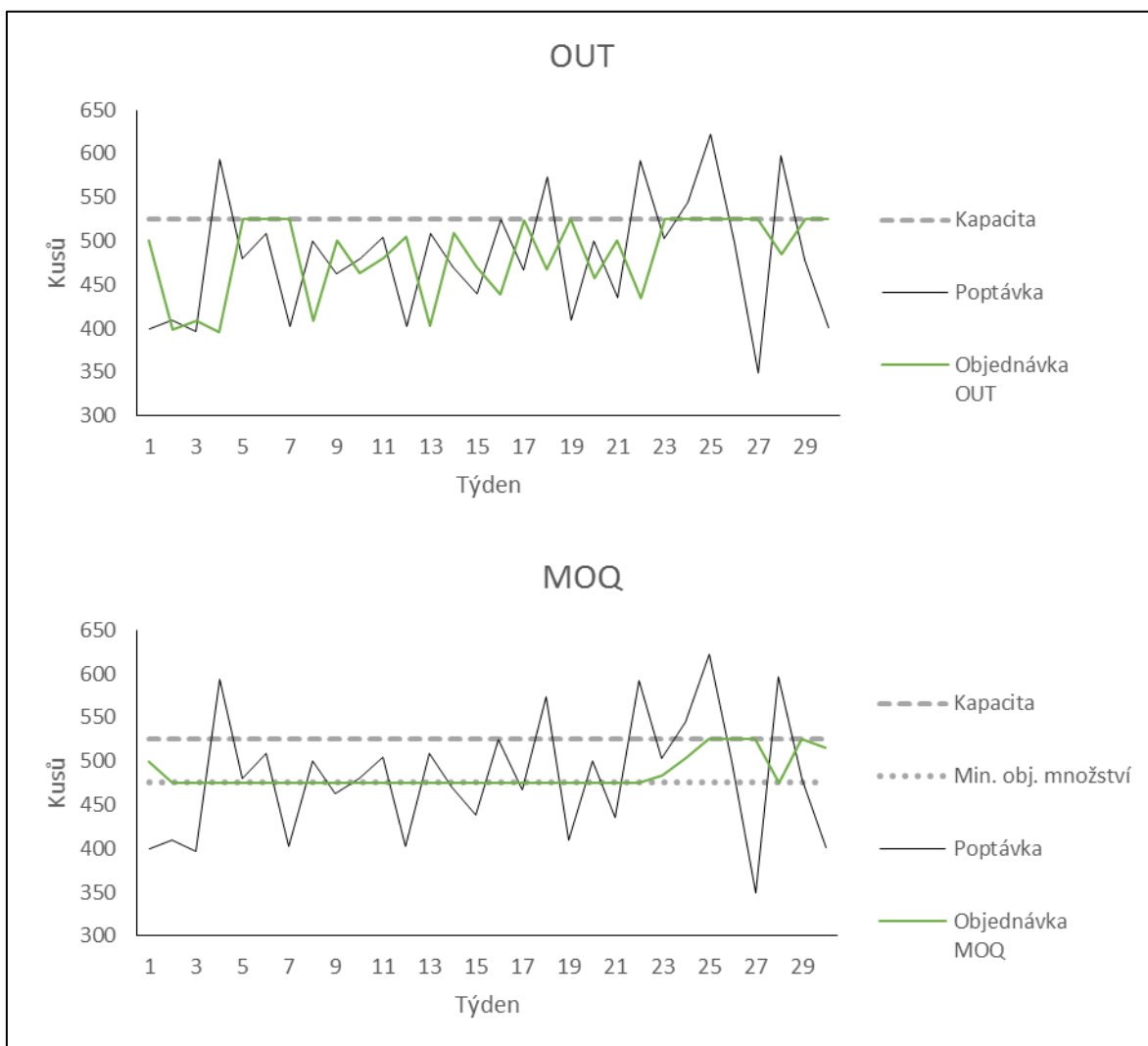
Průběh jedné roční simulace ve verzi OUT je zobrazen v Tab. 5.13.

**Tab. 5.13: Ukázka roční simulace modelu OUT s kumulací nedodělků**

Týden	Počáteční stav zásob	Počáteční stav nedodělků	Objednávka prodejce	Výroba	Poptávka zákazníků	Dodávka zákazníkům	Konečný stav zásob	Konečný stav nedodělků
n	$I_{(n-1)}$	$B_{(n-1)}$	$R_n$	$P_n$	$D_n$	$DeI_n$	$I_n$	$B_n$
1	63	0	500	500	399	399	164	0
2	164	0	399	399	409	409	154	0
3	154	0	409	409	396	396	167	0
4	167	0	396	396	593	563	0	30
5	0	30	525	525	480	510	15	0
6	15	0	525	525	508	508	32	0
7	32	0	525	525	403	403	154	0
8	154	0	409	409	500	500	63	0
9	63	0	500	500	463	463	100	0
10	100	0	463	463	480	480	83	0
11	83	0	480	480	505	505	58	0
12	58	0	505	505	403	403	160	0
13	160	0	403	403	509	509	54	0
14	54	0	509	509	470	470	93	0
15	93	0	470	470	439	439	124	0
16	124	0	439	439	524	524	39	0
17	39	0	524	524	467	467	96	0
18	96	0	467	467	573	563	0	10
19	0	10	525	525	410	420	105	0
20	105	0	458	458	500	500	63	0
21	63	0	500	500	435	435	128	0
22	128	0	435	435	592	563	0	29
23	0	29	525	525	503	525	0	7
24	0	7	525	525	545	525	0	27
25	0	27	525	525	622	525	0	124
26	0	124	525	525	499	525	0	98
27	0	98	525	525	349	447	78	0
28	78	0	485	485	597	563	0	34
29	0	34	525	525	478	512	13	0
30	13	0	525	525	401	401	137	0
31	137	0	426	426	598	563	0	35
32	0	35	525	525	520	525	0	30
33	0	30	525	525	641	525	0	146
34	0	146	525	525	461	525	0	82
35	0	82	525	525	500	525	0	57
36	0	57	525	525	497	525	0	29
37	0	29	525	525	485	514	11	0
38	11	0	525	525	466	466	70	0
39	70	0	493	493	370	370	193	0
40	193	0	370	370	403	403	160	0
41	160	0	403	403	499	499	64	0
42	64	0	499	499	436	436	127	0
43	127	0	436	436	416	416	147	0
44	147	0	416	416	621	563	0	58
45	0	58	525	525	482	525	0	15
46	0	15	525	525	475	490	35	0
47	35	0	525	525	601	560	0	41
48	0	41	525	525	550	525	0	66
49	0	66	525	525	572	525	0	113
50	0	113	525	525	448	525	0	36
51	0	36	525	525	358	394	131	0
52	131	0	432	432	561	561	2	0

Zdroj: vlastní zpracování

Porovnání časového průběhu poptávky a příslušné objednávky z modelu OUT a objednávky z modelu MOQ zobrazuje Obr. 5.18. Z této ukázky 30 týdnů jedné roční simulace je patrné větší vyhlazení průběhu stavu objednávek v modelu MOQ v porovnání s objednávkami v modelu OUT.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.18: Průběh poptávky a objednávek v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů**

Poměr rozptylu objednávky a rozptylu poptávky (viz rovnice 5.1) dosahuje v modelu OUT hodnoty 0,341, zatímco v modelu MOQ hodnota tohoto měřítka dosahuje 0,088. Oba modely zeslabují efekt biče, protože hodnota měřítka je menší než 1. Model MOQ utlumuje efekt biče ještě silněji než model OUT. Testové kritérium nabývá hodnoty 61,8, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy prokazuje HY 1.1, že využitím institutu

minimálního objednacího množství dodavatel dosahuje vyhlazení objednávek prodejce a **stabilizace úrovně využití své výrobní kapacity**.

### 5.3.1 Náklady a zisk dodavatele ve variantě 3

Dodavatel je ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce ve stejné situaci jako ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce, která byla představena v kapitole 5.1.1. Náklady dodavatele se odvíjejí pouze od výše objednávek prodejce a nejsou závislé na tom, zda se jedná o model se ztracenou poptávkou, či s možností kumulace. Pro ilustraci průběhu celkových a jednotkových nákladů dodavatele při různé velikosti výroby lze odkázat na Obr. 5.2 a Obr. 5.3.

Stabilnější objednávky ve verzi modelu MOQ s dolním omezením objednávek prodejce s sebou přinášejí také celkově vyšší výrobu. Průměrné vyrobené množství za rok ve verzi OUT je v provedené simulaci 25 908 kusů, kdežto ve verzi MOQ je to již 25 987 kusů. Hodnota testového kritéria je -3,7, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 2.1, že nastolený limit pro objednávané množství ve verzi modelu MOQ vede ke **zvýšení vyrobeného množství** v porovnání s verzi modelu OUT.

Při zkoumání jednotkových nákladů dodavatele a jeho zisku je třeba brát v úvahu nákladovou strukturu v jednotlivých scénářích, jak byla představena v Tab. 4.2. Srovnání jednotkových nákladů dodavatele v modelu OUT a v modelu MOQ pro jednotlivé nákladové typy dodavatelů je představeno v Tab. 5.14. Ve všech 11 scénářích je patrné, že při uplatnění minimálního objednacího množství dojde u dodavatele na 5% hladině významnosti ke statisticky významnému **snížení nákladů na jednotku produkce**, tj. je potvrzena HY 3.1.

Bylo prokázáno, že v modelu MOQ dodavatel vyrábí více jednotek při nižších nákladech na jednotku než v modelu OUT. Nepřekvapí proto, že celkový zisk dodavatele je v modelu MOQ také vyšší než v modelu OUT – viz Tab. 5.14. Ve všech 11 scénářích je potvrzena hypotéza HY 3.2, dodavatel dosahuje na 5% hladině významnosti **vyššího zisku** v modelu MOQ než v modelu OUT.

**Tab. 5.14: Varianta kumulace nedodělků z pohledu dodavatele**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady dodavatele				Zisk dodavatele			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	2 262,2	2 261,4	3,713	ano	19 117 345	19 195 244	-3,656	ano
2	2 274,4	2 272,9	3,713	ano	18 804 040	18 899 916	-3,656	ano
3	2 286,6	2 284,3	3,713	ano	18 490 735	18 604 588	-3,656	ano
4	2 298,7	2 295,8	3,713	ano	18 177 429	18 309 260	-3,656	ano
5	2 310,9	2 307,2	3,713	ano	17 864 124	18 013 931	-3,656	ano
6	2 323,1	2 318,6	3,713	ano	17 550 819	17 718 603	-3,656	ano
7	2 335,3	2 330,1	3,713	ano	17 237 514	17 423 275	-3,656	ano
8	2 347,5	2 341,5	3,713	ano	16 924 209	17 127 947	-3,656	ano
9	2 359,7	2 353,0	3,713	ano	16 610 904	16 832 618	-3,656	ano
10	2 365,8	2 358,7	3,713	ano	16 454 252	16 684 954	-3,656	ano
11	2 369,4	2 362,1	3,713	ano	16 360 260	16 596 356	-3,656	ano

Zdroj: vlastní zpracování

### 5.3.2 Náklady a zisk prodejce ve variantě 3

Prodejce je stejně jako ve všech ostatních zkoumaných variantách modelu prostřednictvím svých objednávek směrem k dodavateli určujícím článkem dodavatelského řetězce, co se týče objemu výroby a velikosti zásob řetězce. Prodejce při vystavování těchto objednávek optimalizuje svůj výsledek a neohlíží se na situaci dodavatele.

Ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků je přebytek poptávky doobjednán a uspokojen v další časové periodě. Ovšem toto doobjednání s sebou nese penalizaci (tj. náklady na doobjednání). Lze si je představit např. jako slevu poskytnutou zákazníkovi proto, aby byl ochotný na zboží čekat do další časové periody.

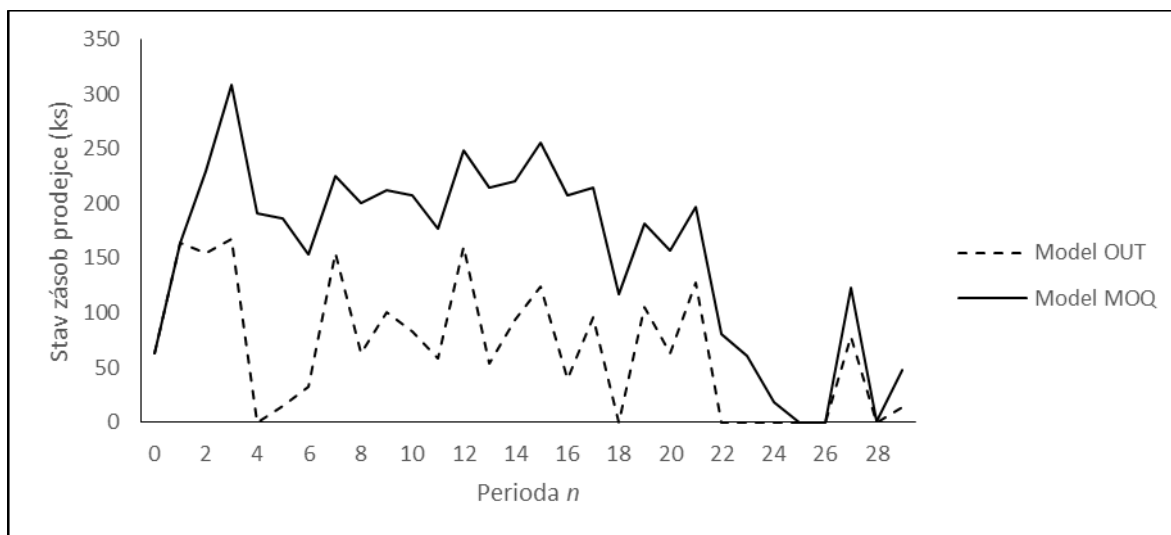
Protože má prodejce možnost uspokojit poptávku zákazníků i v další časové periodě a náklady z nedostatku nejsou tak vysoké jako u modelu se ztracenou poptávkou, jeho pojistná zásoba je nižší. Cílová úroveň pro doplnění zásob je  $S = 563$  kusů.

Ve verzi modelu OUT uplatňuje prodejce modifikovanou strategii doplňování zásob do předem stanovené úrovně, jak ji představili Federgruen a Zipkin (1986a). Ve verzi MOQ se

prodejce řídí „modifikovanou-modifikovanou“ strategií doplňování zásob do předem stanovené úrovně, jak ji představili Chan a Muckstadt (1999).

Porovnání průběhu stavu objednávek v modelu OUT a v modelu MOQ ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce ukazuje Obr. 5.18. Je z něj patrné, že ve verzi modelu OUT i přes omezení objednávek prodejce limitem daným kapacitou výroby objednávky prodejce kolísají. Ve verzi MOQ jsou objednávky prodejce omezeny shora kapacitou výroby a zdola minimálním objednacím množstvím.

Jako důsledek minimálního objednacího množství lze očekávat, že prodejce bude ve verzi modelu MOQ držet na skladě větší množství zásob než ve verzi OUT. Tento fakt ilustruje Obr. 5.19. Výsledky provedených simulací ukazují, že průměrná výše zásob ve verzi OUT je 46 kusů, zatímco ve verzi MOQ je to 97 kusů. Hodnota testového kritéria -26,8 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 4.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení průměrného stavu zásob prodejce**.



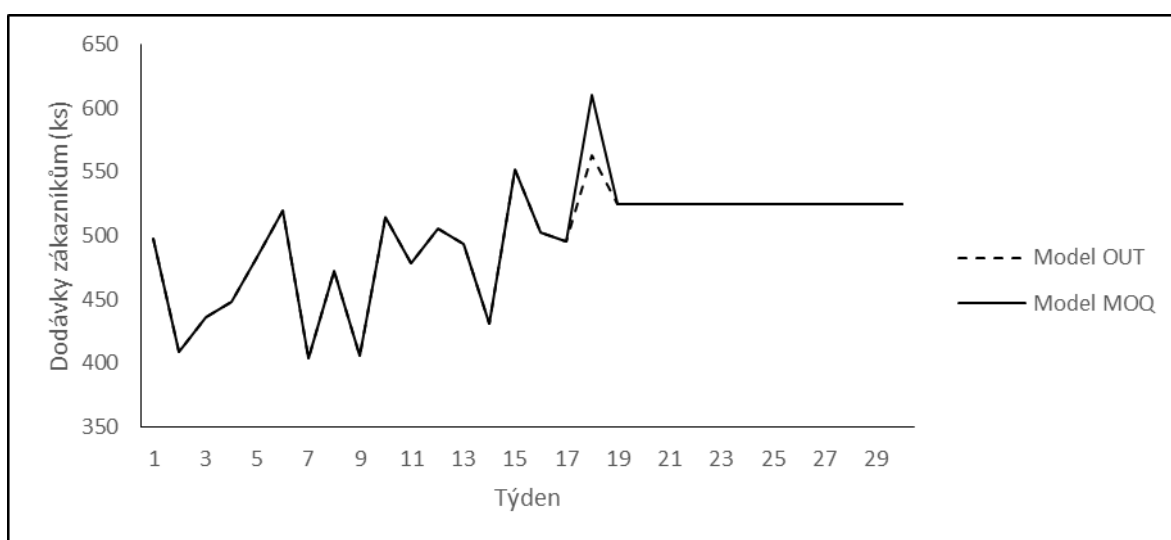
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.19: Stav zásob prodejce v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů**

Díky vyššímu průměrnému stavu zásob by bylo možné očekávat, že prodejce bude ve verzi modelu MOQ schopen uspokojit větší objem poptávky konečných zákazníků než ve verzi OUT. Příklad průběhu dodávek zákazníkům ukazuje Obr. 5.20. Z něj je patrné, že rozdíl



mezi oběma verzemi je poměrně malý. Při pohledu na statistické výsledky v provedených simulacích lze určit celkový objem dodávek zákazníkům ve verzi OUT průměrně 25 927 kusů za rok, zatímco ve verzi MOQ 25 946 kusů. Hodnota testového kritéria -0,8 nespadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy **nelze potvrdit** HY 4.2, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení dodávek prodejce konečným zákazníkům**. Díky možnosti kumulace nedodělků nedochází ke ztrátě poptávky v případě nedostatku zásob u prodejce, ale k jejímu posunutí do dalšího časového období (týdne).



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.20: Dodávky zákazníkům v modelu s kumulací nedodělků bez přesčasů**

Zisk a náklady prodejce v provedených simulacích jsou představené v Tab. 5.15. Jsou samozřejmě stejné pro všechny zkoumané nákladové scénáře (viz Tab. 4.2), které se týkají složení nákladů dodavatele.

**Tab. 5.15: Varianta kumulace nedodělků z pohledu prodejce**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady prodejce				Zisk prodejce				
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	Statisticky významné snížení
1	3 002,3	3 009,4	-13,408	ano	25 867 100	25 704 576	5,560	ne	ano
2	3 002,3	3 009,4	-13,408	ano	25 867 100	25 704 576	5,560	ne	ano
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	3 002,3	3 009,4	-13,408	ano	25 867 100	25 704 576	5,560	ne	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Ve verzi modelu MOQ je prodejce ve svých snahách o optimalizaci vlastního výsledku oproti verzi modelu OUT více omezován, lze proto předpokládat, že náklady na jednotku budou v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT. V provedených simulacích jsou průměrné jednotkové náklady prodejce 3 002,3 Kč ve verzi OUT, zatímco ve verzi MOQ dosahují 3 009,4 Kč. Hodnota testového kritéria -13,4 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení jednotkových nákladů prodejce**.

Dle očekávání měly na celkový zisk prodejce působit dva protichůdné vlivy. Na jedné straně zvýšené jednotkové náklady ve verzi MOQ, a tím tedy nižší zisk na jednotku, což má negativní vliv na celkový zisk prodejce, na druhé straně se očekávaly vyšší dodávky konečným zákazníkům, což by mělo pozitivní vliv na celkový zisk prodejce. Vyšší dodávky konečným zákazníkům ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT však v této variantě modelu (se kumulací nedodělků bez využití přesčasové práce) nebyly potvrzeny. Lze tedy nyní očekávat, že celkový zisk prodejce ve verzi MOQ bude nižší než ve verzi OUT.

Tab. 5.15 ukazuje zisk prodejce v obou modelech, 25,867 milionů korun ve verzi OUT a 25,705 milionů korun ve verzi MOQ. Hodnota testového kritéria 5,6 nespadá do kritického oboru pro HY 5.2a o zvýšení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti proto nelze zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti obou průměrů. Co se týče HY 5.2b, že celkový zisk prodejce je ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT, hodnota testového kritéria 5,6 spadá do jejího kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.2b, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **snížení celkového zisku prodejce**.

### 5.3.3 Náklady a zisk řetězce ve variantě 3

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez využití práce přesčas se jednotkové náklady dodavatele ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT snižují a celkový zisk dodavatele se zvyšuje, a to pro všechny nákladové scénáře. Jednotkové náklady prodejce se ve verzi MOQ oproti verzi OUT zvyšují

a celkový zisk prodejce se snižuje. Jaká je situace v případě řetězce jako celku, záleží na tom, který z těchto protichůdných vlivů převažuje.

Tab. 5.16 představuje výsledky získané v provedených simulacích pro jednotkové náklady řetězce a pro celkový zisk řetězce.

**Tab. 5.16: Varianta kumulace nedodělků z pohledu celého řetězce**

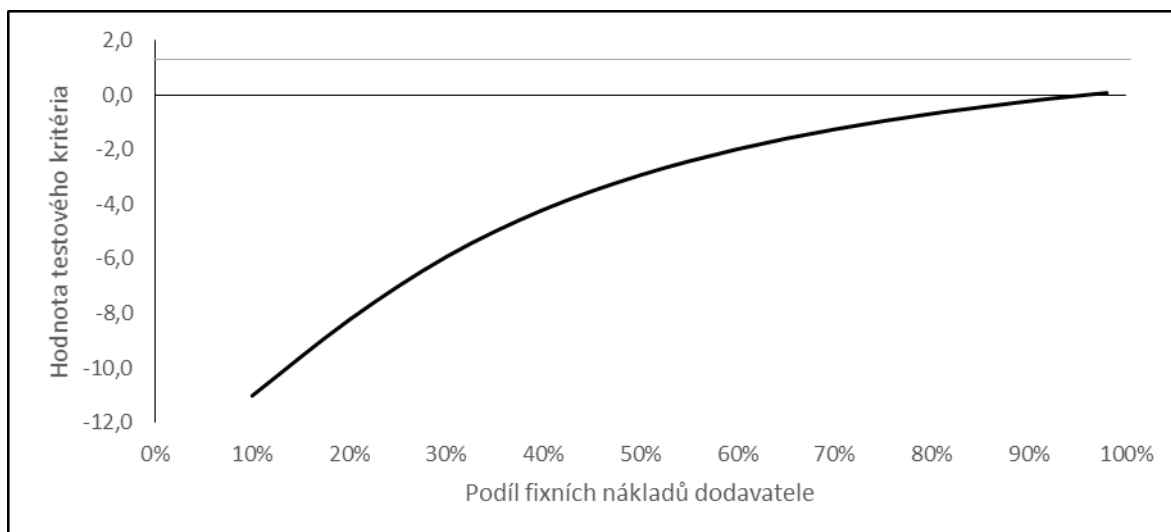
Scénář	Průměrné jednotkové náklady řetězce				Zisk řetězce			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	5 264,5	5 270,9	-11,021	ne	44 984 444	44 899 821	1,765	ne
2	5 276,7	5 282,3	-8,236	ne	44 671 139	44 604 492	1,269	ne
3	5 288,9	5 293,7	-5,924	ne	44 357 834	44 309 164	0,851	ne
4	5 301,0	5 305,2	-4,199	ne	44 044 529	44 013 836	0,496	ne
5	5 313,2	5 316,6	-2,930	ne	43 731 224	43 718 508	0,191	ne
6	5 325,4	5 328,1	-1,980	ne	43 417 919	43 423 179	-0,074	ne
7	5 337,6	5 339,5	-1,253	ne	43 104 614	43 127 851	-0,305	ne
8	5 349,8	5 350,9	-0,682	ne	42 791 309	42 832 523	-0,509	ne
9	5 362,0	5 362,4	-0,224	ne	42 478 004	42 537 195	-0,691	ne
10	5 368,1	5 368,1	-0,028	ne	42 321 351	42 389 530	-0,774	ne
11	5 371,7	5 371,5	0,081	ne	42 227 360	42 300 932	-0,821	ne

Zdroj: vlastní zpracování

**Jednotkové náklady řetězce** jako celku se ve většině scénářů ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT zvyšují. Pouze ve scénáři 11, tj. ve scénáři s drtivou převahou fixních nákladů dodavatele (98 %), se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT snižují, ale na 5% hladině významnosti toto **zlepšení není prokazatelné**. Pro žádný ze zkoumaných scénářů tedy nelze prokázat platnost výzkumné hypotézy HY 6.1 pro variantu modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce.

Statistická korelace ukazuje velmi silnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílem fixních nákladů v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,95. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.21. Ve většině scénářů se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Toto zhoršení ale se stoupajícím podílem fixních nákladů klesá. Pouze ve dvou scénářích s nejvyšším podílem fixních nákladů dodavatele je změna jednotkových nákladů pozitivní. V žádném ze zkoumaných

scénářů hodnota testového kritéria nepřekračuje hranici kritického oboru, který je znázorněn světle šedou vodorovnou linkou. Kritický obor leží nad touto linkou.



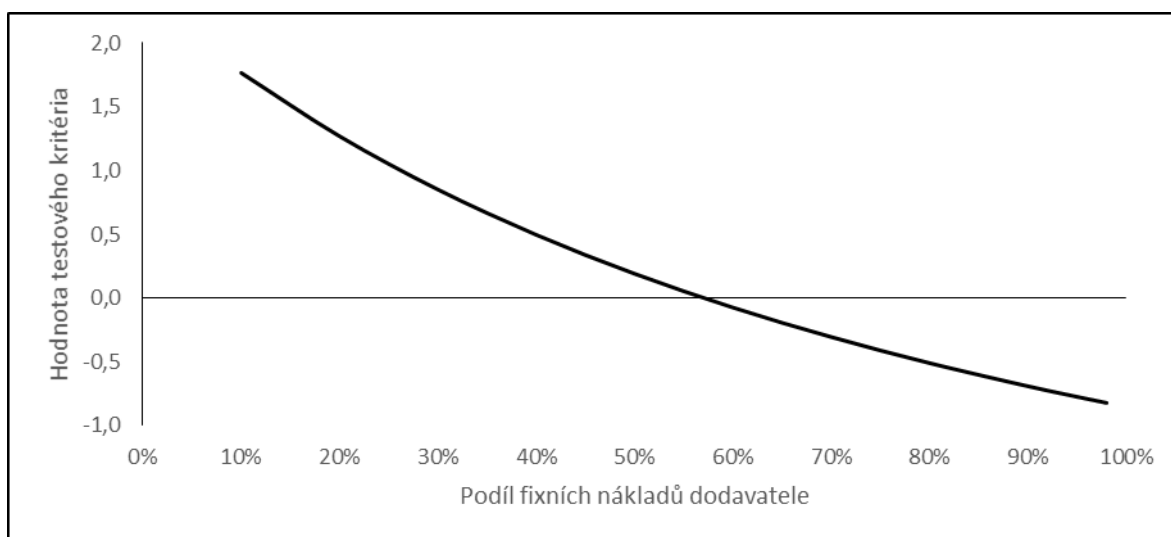
Zdroj: vlastní zpracování

*Obr. 5.21: Jednotkové náklady řetězce – kumulace nedodělků bez práce přesčas*

Celkový zisk řetězce jako celku se snižuje ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT v prvních pěti scénářích s vysokým podílem materiálových (variabilních) nákladů dodavatele. Počínaje scénářem 6 se 40% podílem materiálových nákladů u dodavatele se celkový zisk ve verzi MOQ proti OUT zvyšuje. V žádném ze zkoumaných scénářů však toto zvýšení nelze prokázat na 5% hladině významnosti. V žádném scénáři **nelze prokázat** platnost výzkumné hypotézy HY 6.2 o **růstu celkového zisku** ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT.

V porovnání s jednotkovými náklady řetězce, které se zlepšují teprve při podílu fixních nákladů dodavatele 98 % a více, ač toto zlepšení není statisticky významné, se celkový zisk řetězce zlepšuje už pro scénáře s podílem fixních nákladů dodavatele 60 % a více, ale ani toto zlepšení není na 5% hladině významnosti statisticky významné. Celkový zisk řetězce je ovlivněn nejen jednotkovými náklady, ale také množstvím zboží vyrobeným dodavatelem a dodaným zákazníkům. Pro variantu modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce však byl prokázán pouze nárůst množství vyrobeného dodavatelem ve verzi MOQ proti OUT, ale nárůst množství zboží dodaného zákazníkům se statisticky potvrdit nepodařilo (viz předchozí kapitoly).

Statistická korelace ukazuje velmi silnou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílu fixních nákladů v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je  $-0,99$ . Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.22. Při nízkém podílu fixních nákladů dodavatele v příslušném scénáři se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT snižuje. Teprve při podílu fixních nákladů dodavatele mezi 50 % a 60 % začne celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT stoupat. Tento nárůst je se stoupajícím podílem fixních nákladů stále silnější, ale zlepšení celkového zisku řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT statisticky na 5% hladině významnosti prokázat nelze.



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 5.22: Celkový zisk řetězce – kumulace nedodělků bez práce přesčas

## 5.4 Model s kumulací nedodělků a přesčasy (varianta 4)

Čtvrtou zkoumanou variantu modelu lze zkráceně popsat jako model s možností kumulace nedodělků a bez využití přesčasů. Znamená to, že v případě převisu poptávky konečných zákazníků nad aktuální výší zásob prodejce je tato neuspokojená poptávka doobjednána a uspokojena v další časové periodě. Oproti předešlému modelu dodavatel navíc při výrobě dle objednávek prodejce ve snaze vyjít vstříc žádostem prodejce o větší flexibilitu výroby využívá předem sjednanou výrobní kapacitu navýšenou o dalších 5 % díky přesčasové práci.

Sled událostí v této variantě modelu odpovídá Obr. 4.3 a výběr rovnic z kapitoly 4.2.2, které jsou relevantní k tomuto modelu, dle jednotlivých kroků simulace představuje následující tabulka – Tab. 5.17.

**Tab. 5.17: Rovnice relevantní k modelu s kumulací nedodělků a s přesčasy**

Událost	Relevantní veličina a její rovnice
Zjištění počátečního stavu a) zásob b) nedodělků	$I_{n-1}$ $B_{n-1}$
Objednávka prodejce	a) v modelu OUT: $R_n = \min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C_e\}$ b) v modelu MOQ: $R_n = \max\{\min\{S - I_{n-1} + B_{n-1}; C_e\}; MOQ\}$
Výroba	$P_n = R_n$
Poptávka konečných zákazníků	$D_n$
Vyrobené zboží předáno prodejci	$P_n$
Dodávka zákazníkům	$Del_n = \min\{D_n + B_n; I_{n-1} + P_n\}$
Zjištění konečného stavu a) zásob b) nedodělků	$I_n = I_{n-1} + P_n - Del_n$ $B_n = B_{n-1} + D_n - Del_n$

Zdroj: vlastní zpracování

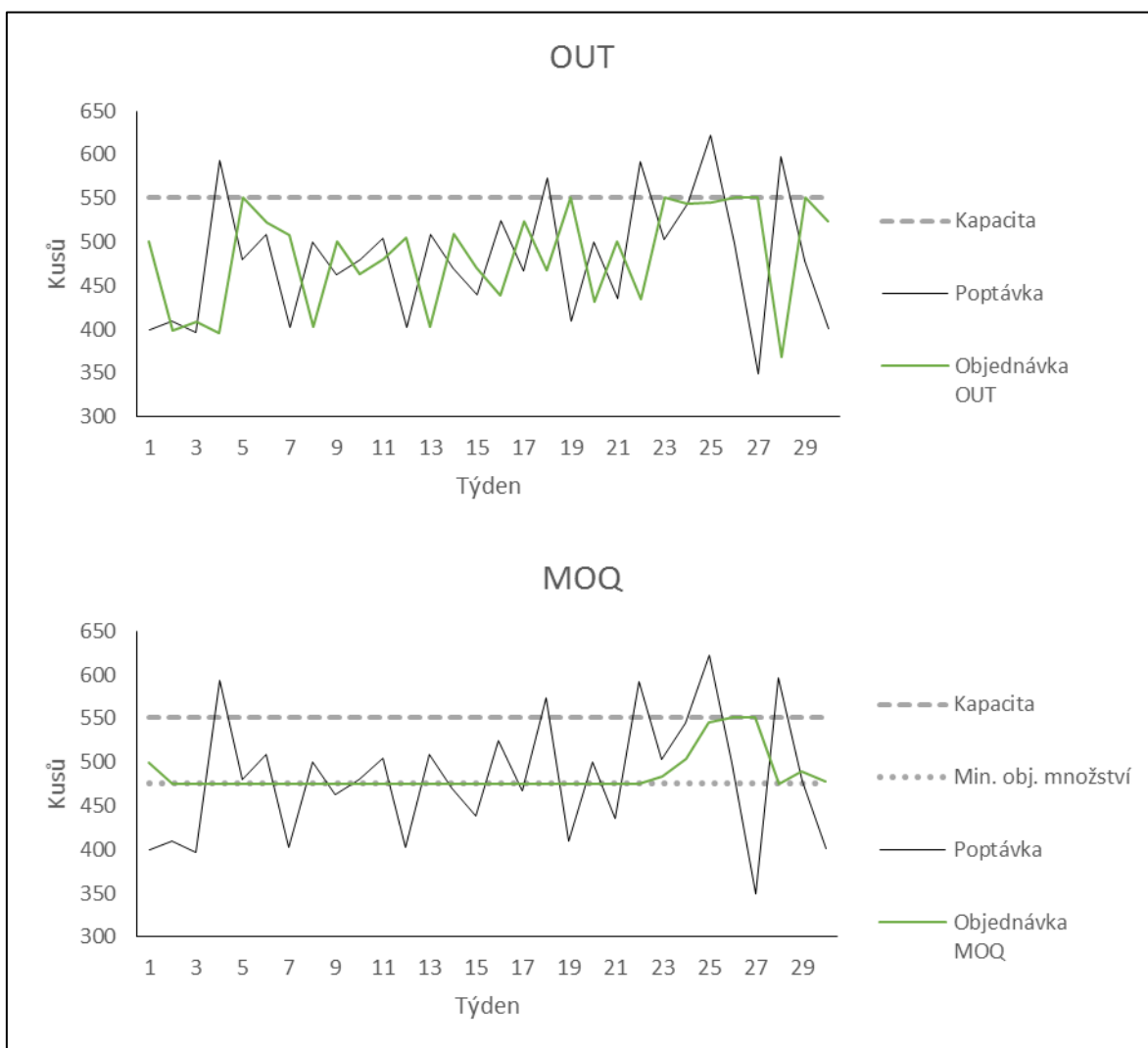
Průběh jedné roční simulace ve verzi OUT je zobrazen v Tab. 5.18.

**Tab. 5.18: Ukázka roční simulace modelu OUT se ztracenou poptávkou a s přesčasy**

Týden	Počáteční stav zásob	Počáteční stav nedodělků	Objednávka prodejce	Výroba	Využitý přesčas	Poptávka zákazníků	Dodávka zákazníkům	Konečný stav zásob	Konečný stav nedodělků
n	$I_{(n-1)}$	$B_{(n-1)}$	$R_n$	$P_n$	$P_n-C$	$D_n$	$Del_n$	$I_n$	$B_n$
1	63	0	500	500	0	399	399	164	0
2	164	0	399	399	0	409	409	154	0
3	154	0	409	409	0	396	396	167	0
4	167	0	396	396	0	593	563	0	30
5	0	30	551	551	26	480	510	41	0
6	41	0	522	522	0	508	508	55	0
7	55	0	508	508	0	403	403	160	0
8	160	0	403	403	0	500	500	63	0
9	63	0	500	500	0	463	463	100	0
10	100	0	463	463	0	480	480	83	0
11	83	0	480	480	0	505	505	58	0
12	58	0	505	505	0	403	403	160	0
13	160	0	403	403	0	509	509	54	0
14	54	0	509	509	0	470	470	93	0
15	93	0	470	470	0	439	439	124	0
16	124	0	439	439	0	524	524	39	0
17	39	0	524	524	0	467	467	96	0
18	96	0	467	467	0	573	563	0	10
19	0	10	551	551	26	410	420	131	0
20	131	0	432	432	0	500	500	63	0
21	63	0	500	500	0	435	435	128	0
22	128	0	435	435	0	592	563	0	29
23	0	29	551	551	26	503	532	19	0
24	19	0	544	544	19	545	545	18	0
25	18	0	545	545	20	622	563	0	59
26	0	59	551	551	26	499	551	0	7
27	0	7	551	551	26	349	356	195	0
28	195	0	368	368	0	597	563	0	34
29	0	34	551	551	26	478	512	39	0
30	39	0	524	524	0	401	401	162	0
31	162	0	401	401	0	598	563	0	35
32	0	35	551	551	26	520	551	0	4
33	0	4	551	551	26	641	551	0	94
34	0	94	551	551	26	461	551	0	4
35	0	4	551	551	26	500	504	47	0
36	47	0	516	516	0	497	497	66	0
37	66	0	497	497	0	485	485	78	0
38	78	0	485	485	0	466	466	97	0
39	97	0	466	466	0	370	370	193	0
40	193	0	370	370	0	403	403	160	0
41	160	0	403	403	0	499	499	64	0
42	64	0	499	499	0	436	436	127	0
43	127	0	436	436	0	416	416	147	0
44	147	0	416	416	0	621	563	0	58
45	0	58	551	551	26	482	540	11	0
46	11	0	551	551	26	475	475	87	0
47	87	0	476	476	0	601	563	0	38
48	0	38	551	551	26	550	551	0	37
49	0	37	551	551	26	572	551	0	58
50	0	58	551	551	26	448	506	45	0
51	45	0	518	518	0	358	358	205	0
52	205	0	358	358	0	561	561	2	0

Zdroj: vlastní zpracování

Porovnání časového průběhu stavu poptávky a příslušné objednávky z modelu OUT a objednávky z modelu MOQ je na Obr. 5.23. Z něj je patrné větší vyhlazení průběhu stavu objednávek v modelu MOQ v porovnání s objednávkami v modelu OUT.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.23: Průběh poptávky a objednávek v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy**

Poměr rozptylu objednávky a rozptylu poptávky (viz rovnice 5.1) dosahuje v modelu OUT hodnoty 0,579, zatímco v modelu MOQ hodnota tohoto měřítka dosahuje 0,173. Oba modely zeslabují efekt biče, protože hodnota měřítka je menší než 1. Model MOQ utlumuje efekt biče ještě silněji než model OUT. Testové kritérium nabývá hodnoty 102,3, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy prokazuje HY 1.1, že využitím institutu



minimálního objednacího množství dodavatel dosahuje vyhlazení objednávek prodejce a **stabilizace úrovně využití své výrobní kapacity**.

#### 5.4.1 Náklady a zisk dodavatele ve variantě 4

Dodavatel je ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků s využitím přesčasové práce ve stejné situaci jako ve variantě modelu se ztracenou poptávkou s využitím přesčasové práce, která byla představena v kapitole 5.2.1. Náklady dodavatele se odvíjejí pouze od výše objednávek prodejce a nejsou závislé na tom, zda se jedná o model se ztracenou poptávkou, či s možností kumulace. Pro ilustraci průběhu celkových a jednotkových nákladů dodavatele při různé velikosti výroby lze odkázat na Obr. 5.9 a Obr. 5.10.

Stabilnější objednávky ve verzi modelu MOQ s dolním omezením objednávek prodejce s sebou přinášejí také celkově vyšší výrobu. Průměrné vyrobené množství za rok ve verzi OUT je v provedené simulaci 25 960 kusů, kdežto ve verzi MOQ je to již 26 039 kusů. Hodnota testového kritéria je -3,4, spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 2.1, že nastolený limit pro objednávané množství ve verzi modelu MOQ vede ke **zvýšení vyrobeného množství** v porovnání s verzi modelu OUT.

Při zkoumání jednotkových nákladů dodavatele a jeho zisku, je třeba brát v potaz nákladovou strukturu v jednotlivých scénářích, která byla představena v Tab. 4.3. Srovnání jednotkových nákladů dodavatele v modelu OUT a v modelu MOQ pro jednotlivé nákladové typy dodavatelů je představeno v Tab. 5.19. Ve všech scénářích je zřejmé, že při uplatnění minimálního objednacího množství dojde u dodavatele na 5% hladině významnosti ke statisticky významnému **snížení nákladů na jednotku produkce**, tj. je potvrzena HY 3.1.

**Tab. 5.19: Varianta kumulace nedodělků a práce přesčas z pohledu dodavatele**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady dodavatele				Zisk dodavatele			
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	2 401,4	2 377,7	16,381	ano	15 559 519	16 219 127	-12,806	ano
2	2 395,6	2 374,1	14,370	ano	15 709 017	16 313 581	-11,394	ano
3	2 389,9	2 370,5	12,491	ano	15 858 515	16 408 035	-10,059	ano
4	2 384,1	2 366,9	10,734	ano	16 008 013	16 502 490	-8,797	ano
5	2 378,4	2 363,3	9,090	ano	16 157 511	16 596 944	-7,602	ano
6	2 372,7	2 359,7	7,550	ano	16 307 009	16 691 399	-6,470	ano
7	2 366,9	2 356,1	6,107	ano	16 456 507	16 785 853	-5,397	ano
8	2 361,2	2 352,5	4,752	ano	16 606 006	16 880 308	-4,378	ano
9	2 383,9	2 363,1	16,122	ano	16 010 597	16 597 384	-12,257	ano
10	2 378,2	2 359,5	13,888	ano	16 160 096	16 691 839	-10,756	ano
11	2 372,4	2 355,9	11,818	ano	16 309 594	16 786 293	-9,345	ano
12	2 366,7	2 352,3	9,898	ano	16 459 092	16 880 747	-8,016	ano
13	2 361,0	2 348,7	8,116	ano	16 608 590	16 975 202	-6,764	ano
14	2 355,2	2 345,1	6,459	ano	16 758 088	17 069 656	-5,582	ano
15	2 349,5	2 341,5	4,917	ano	16 907 586	17 164 111	-4,466	ano
16	2 366,4	2 348,5	15,792	ano	16 461 676	16 975 642	-11,616	ano
17	2 360,7	2 344,9	13,280	ano	16 611 175	17 070 096	-10,017	ano
18	2 355,0	2 341,3	10,978	ano	16 760 673	17 164 550	-8,521	ano
19	2 349,2	2 337,7	8,864	ano	16 910 171	17 259 005	-7,120	ano
20	2 343,5	2 334,1	6,920	ano	17 059 669	17 353 459	-5,806	ano
21	2 337,8	2 330,5	5,130	ano	17 209 167	17 447 914	-4,571	ano
22	2 349,0	2 333,9	15,358	ano	16 912 755	17 353 899	-10,861	ano
23	2 343,3	2 330,3	12,491	ano	17 062 253	17 448 354	-9,150	ano
24	2 337,5	2 326,7	9,898	ano	17 211 752	17 542 808	-7,561	ano
25	2 331,8	2 323,1	7,550	ano	17 361 250	17 637 262	-6,080	ano
26	2 326,0	2 319,5	5,419	ano	17 510 748	17 731 717	-4,700	ano
27	2 331,5	2 319,3	14,761	ano	17 363 834	17 732 157	-9,956	ano
28	2 325,8	2 315,7	11,422	ano	17 513 332	17 826 611	-8,120	ano
29	2 320,1	2 312,1	8,462	ano	17 662 831	17 921 066	-6,426	ano
30	2 314,3	2 308,5	5,829	ano	17 812 329	18 015 520	-4,861	ano
31	2 314,1	2 304,7	13,888	ano	17 814 913	18 110 414	-8,853	ano
32	2 308,3	2 301,1	9,898	ano	17 964 411	18 204 869	-6,875	ano
33	2 302,6	2 297,5	6,459	ano	18 113 909	18 299 323	-5,067	ano
34	2 296,6	2 290,2	12,491	ano	18 265 992	18 488 672	-7,480	ano
35	2 290,9	2 286,6	7,550	ano	18 415 490	18 583 126	-5,342	ano
36	2 279,2	2 275,6	9,898	ano	18 717 071	18 866 929	-5,726	ano
37	2 264,6	2 262,8	9,898	ano	19 093 401	19 197 959	-4,803	ano
38	2 364,2	2 356,2	4,072	ano	16 529 964	16 785 633	-3,869	ano
39	2 413,0	2 386,7	17,495	ano	15 259 230	15 982 771	-13,768	ano

Zdroj: vlastní zpracování

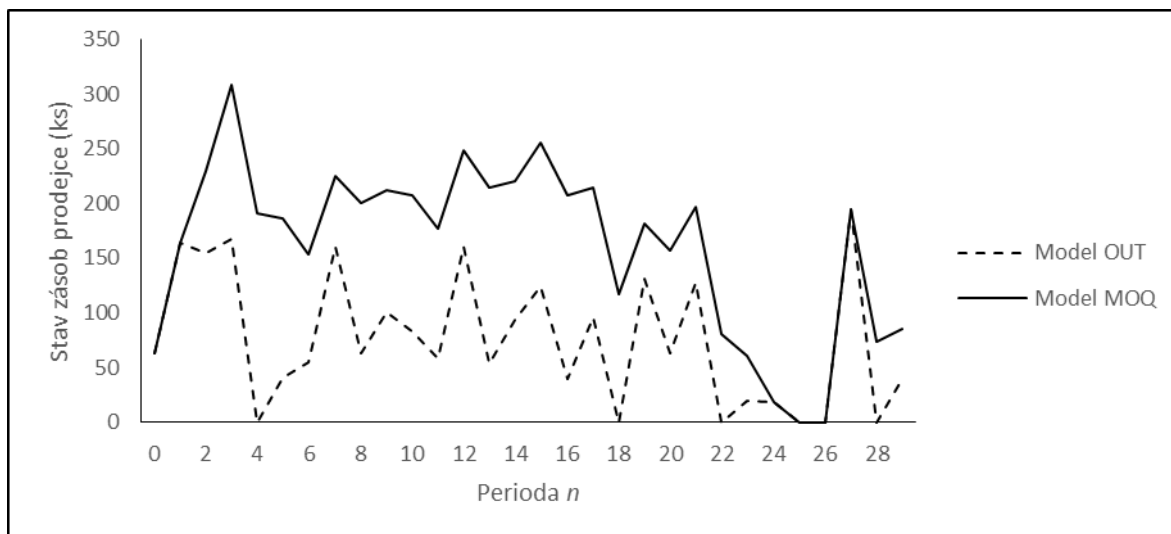
Bylo prokázáno, že v modelu MOQ dodavatel vyrábí více jednotek při nižších nákladech na jednotku než v modelu OUT. Nepřekvapí proto, že celkový zisk dodavatele je v modelu MOQ také vyšší než v modelu OUT – viz Tab. 5.19. Ve všech 39 scénářích je potvrzena HY 3.2, dodavatel dosahuje na 5% hladině významnosti vyššího zisku v modelu MOQ než v modelu OUT.

#### **5.4.2 Náklady a zisk prodejce ve variantě 4**

Situace prodejce je ve variantě modelu se ztracenou poptávkou s využitím přesčasové práce stejná jako ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce (bližší viz kapitola 5.3.2). Odlišují se pouze tím, že ve variantě s přesčasovou prací prodejce může objednávat až do výše kapacity rozšířené o přesčasovou práci, tj. do výše  $C_e = 551$  ks za týden.

Porovnání průběhu objednávek v modelu OUT a v modelu MOQ ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků a s využitím přesčasové práce byl již představen na Obr. 5.23.

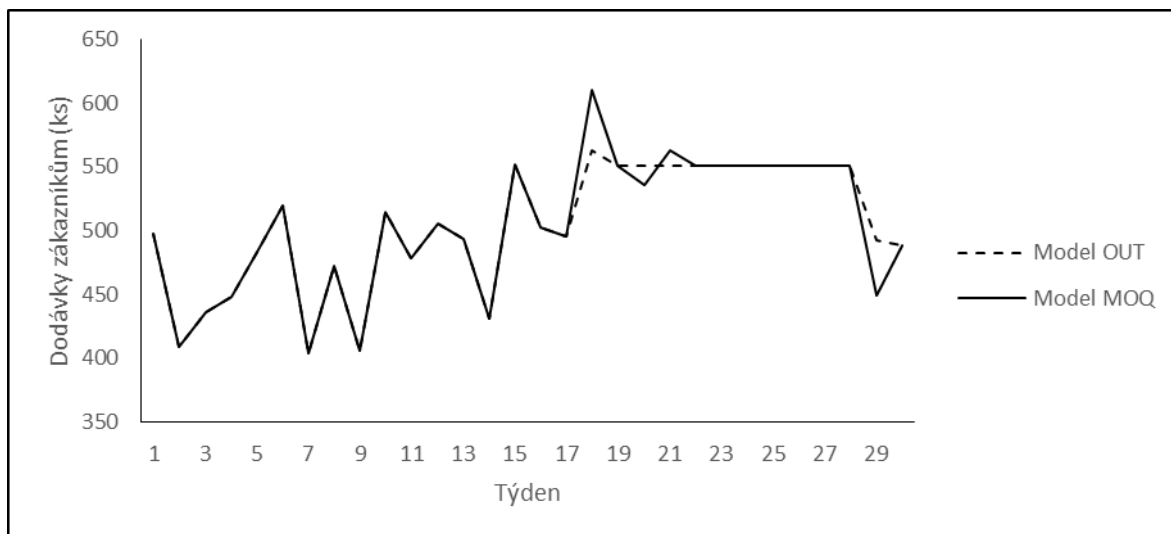
Jako důsledek minimálního objednávacího množství lze očekávat, že prodejce bude ve verzi modelu MOQ držet na skladě větší množství zásob než ve verzi OUT. To ostatně ilustruje Obr. 5.24. Výsledky provedených simulací ukazují, že průměrná výše zásob ve verzi OUT je 60 kusů, zatímco ve verzi MOQ je to 118 kusů. Hodnota testového kritéria -31,9 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 4.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednávacím množstvím vede ke **zvýšení průměrného stavu zásob prodejce**.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.24: Stav zásob prodejce v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy**

Ohledně dodávek zákazníkům platí stejně jako ve variantě modelu s kumulací nedodělků, ale bez využití přesčasové práce (viz kapitola 5.3.2), že vyšší zásoby prodejce nezpůsobí statisticky významné navýšení dodávek zákazníkům. Díky možnosti kumulace nedodělků nedochází ke ztrátě poptávky v případě nedostatku zásob u prodejce, ale pouze k jejímu přesunutí do dalšího časového období (týdne). Ilustraci dodávek zákazníkům ukazuje Obr. 5.25. Je patrné, že rozdíl mezi oběma verzemi MOQ a OUT je poměrně malý. Ze statistických výsledků v provedených simulacích lze odvodit celkový objem dodávek zákazníkům ve verzi OUT průměrně 25 963 kusů za rok, zatímco ve verzi MOQ 25 972 kusů. Hodnota testového kritéria  $-0,4$  nespadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy **nelze potvrdit** HY 4.2, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení dodávek prodejce konečným zákazníkům**.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.25: Dodávky zákazníkům v modelu s kumulací nedodělků a přesčasy**

Zisk a náklady prodejce v provedených simulacích jsou představené v Tab. 5.20. Jsou stejné pro všechny zkoumané nákladové scénáře, protože rozlišné složení nákladů dodavatele není relevantní pro náklady prodejce.

**Tab. 5.20: Varianta kumulace nedodělků a práce přesčas z pohledu prodejce**

Scénář	Průměrné jednotkové náklady prodejce				Zisk prodejce				
	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zvýšení	Statisticky významné snížení
1	3 002,3	3 011,1	-15,997	ano	25 904 330	25 686 746	6,932	ne	ano
2	3 002,3	3 011,1	-15,997	ano	25 904 330	25 686 746	6,932	ne	ano
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
39	3 002,3	3 011,1	-15,997	ano	25 904 330	25 686 746	6,932	ne	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Ve verzi modelu MOQ je prodejce ve svých snahách o optimalizaci vlastního výsledku oproti verzi modelu OUT více omezován, lze proto předpokládat, že náklady na jednotku budou v modelu MOQ vyšší než v modelu OUT. V provedených simulacích jsou průměrné jednotkové náklady prodejce 3 002,3 Kč ve verzi OUT, zatímco ve verzi MOQ dosahují 3 011,1 Kč. Hodnota testového kritéria -16,0 spadá do kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.1, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **zvýšení jednotkových nákladů prodejce**.

Dle očekávání měly na celkový zisk prodejce působit dva protichůdné vlivy. Na jedné straně zvýšené jednotkové náklady ve verzi MOQ, a tím tedy nižší zisk na jednotku, což má negativní vliv na celkový zisk prodejce, na druhé straně se očekávaly v důsledku vyššího průměrného stavu zásob prodejce také vyšší dodávky konečným zákazníkům, což by mělo pozitivní vliv na celkový zisk prodejce. Vyšší dodávky konečným zákazníkům ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT však v této variantě modelu (s možností kumulace nedodělků a s využitím přesčasové práce) nebyly potvrzeny. Lze tedy nyní očekávat, že celkový zisk prodejce ve verzi MOQ bude nižší než ve verzi OUT.

Tab. 5.20 ukazuje zisk prodejce v obou modelech: 25,904 milionů korun ve verzi OUT a 25,687 milionů korun ve verzi MOQ. Hodnota testového kritéria 6,9 nespadá do kritického oboru pro HY 5.2a o zvýšení celkového zisku v modelu MOQ proti modelu OUT a na 5% hladině významnosti proto nelze zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti obou průměrů. Druhá varianta této hypotézy, tedy HY 5.2b o snížení celkového zisku prodejce v modelu MOQ v porovnání s verzí OUT má stejnou hodnotu testového kritéria 6,9, ale v tomto případě spadá do jejího kritického oboru a na 5% hladině významnosti tedy lze potvrdit HY 5.2b, že omezení objednávek zdola minimálním objednacím množstvím vede ke **snížení celkového zisku prodejce**.

### 5.4.3 Náklady a zisk řetězce ve variantě 4

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků s využitím práce přesčas se jednotkové náklady dodavatele ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT snižují a celkový zisk dodavatele se zvyšuje, a to pro všechny nákladové scénáře. Jednotkové náklady prodejce se ve verzi MOQ oproti verzi OUT zvyšují a celkový zisk prodejce se snižuje. Zlepšení či zhoršení jednotkových nákladů a celkového zisku řetězce záleží na tom, který z těchto protichůdných vlivů dominuje.

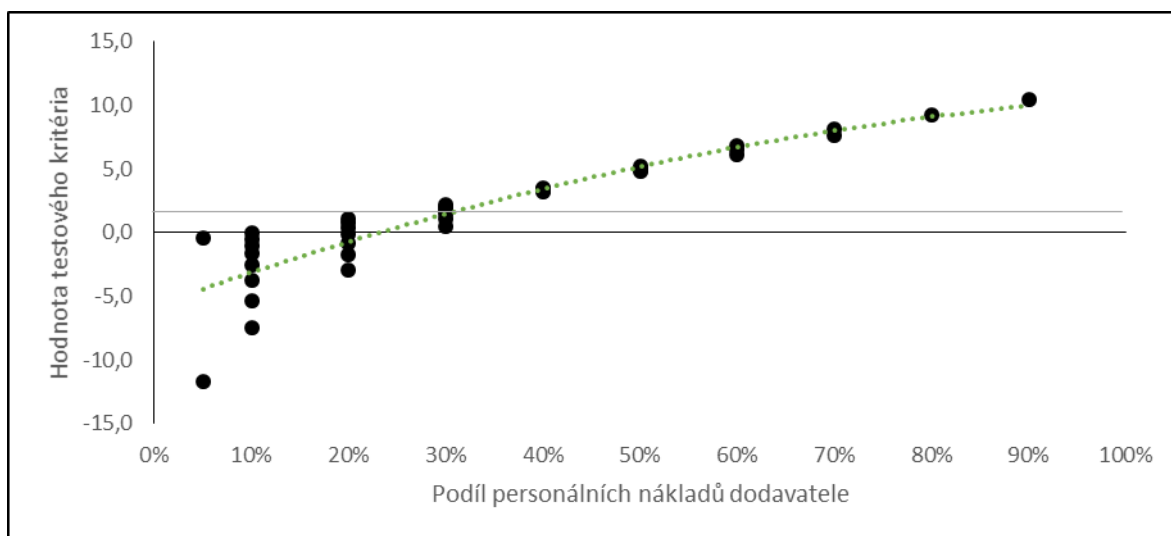
Tab. 5.21 ukazuje výsledky získané v provedených simulacích pro **jednotkové náklady řetězce**. Je zřejmé, že dosažené **výsledky jsou různorodé**.

**Tab. 5.21: Jednotkové náklady řetězce – kumulace nedodělků a práce přesčas**

Scénář	Složení nákladů dodavatele			Průměrné jednotkové náklady řetězce			
	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	10	10	80	5 403,6	5 388,8	9,209	ano
2	10	20	70	5 397,9	5 385,2	7,642	ano
3	10	30	60	5 392,2	5 381,6	6,165	ano
4	10	40	50	5 386,4	5 378,0	4,772	ano
5	10	50	40	5 380,7	5 374,4	3,458	ano
6	10	60	30	5 375,0	5 370,8	2,218	ano
7	10	70	20	5 369,2	5 367,2	1,047	ne
8	10	80	10	5 363,5	5 363,6	-0,059	ne
9	20	10	70	5 386,2	5 374,2	8,160	ano
10	20	20	60	5 380,4	5 370,6	6,481	ano
11	20	30	50	5 374,7	5 367,0	4,907	ano
12	20	40	40	5 369,0	5 363,4	3,430	ano
13	20	50	30	5 363,2	5 359,8	2,045	ano
14	20	60	20	5 357,5	5 356,2	0,745	ne
15	20	70	10	5 351,8	5 352,6	-0,476	ne
16	30	10	60	5 368,7	5 359,6	6,870	ano
17	30	20	50	5 363,0	5 356,0	5,067	ano
18	30	30	40	5 357,3	5 352,4	3,387	ano
19	30	40	30	5 351,5	5 348,8	1,822	ano
20	30	50	20	5 345,8	5 345,2	0,363	ne
21	30	60	10	5 340,0	5 341,6	-0,999	ne
22	40	10	50	5 351,3	5 345,0	5,256	ano
23	40	20	40	5 345,5	5 341,4	3,318	ano
24	40	30	30	5 339,8	5 337,8	1,525	ne
25	40	40	20	5 334,1	5 334,2	-0,133	ne
26	40	50	10	5 328,3	5 330,6	-1,667	ne
27	50	10	40	5 333,8	5 330,5	3,199	ano
28	50	20	30	5 328,1	5 326,9	1,116	ne
29	50	30	20	5 322,3	5 323,3	-0,794	ne
30	50	40	10	5 316,6	5 319,7	-2,544	ne
31	60	10	30	5 316,4	5 315,9	0,535	ne
32	60	20	20	5 310,6	5 312,3	-1,697	ne
33	60	30	10	5 304,9	5 308,7	-3,722	ne
34	70	10	20	5 298,9	5 301,3	-2,955	ne
35	70	20	10	5 293,2	5 297,7	-5,334	ne
36	80	10	10	5 281,5	5 286,7	-7,500	ne
37	90	5	5	5 266,9	5 273,9	-11,673	ne
38	5	90	5	5 366,5	5 367,3	-0,387	ne
39	5	5	90	5 415,2	5 397,9	10,452	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Statistická korelace ukazuje velmi silnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílem personálních (smíšených) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,90. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.26. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice trendu (polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou.



Zdroj: vlastní zpracování

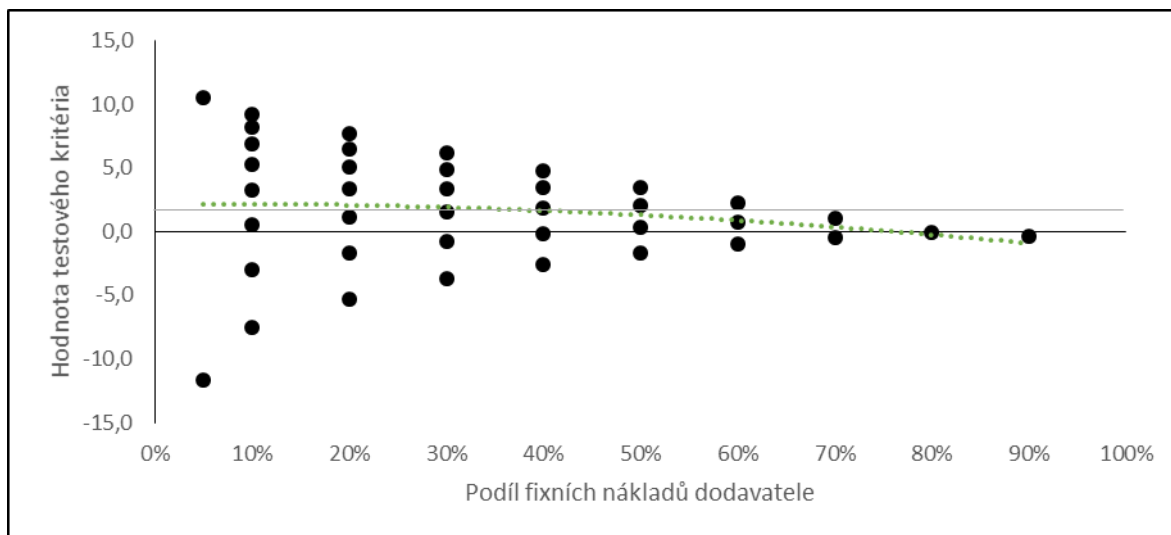
**Obr. 5.26: Jednotkové náklady řetězce dle personálních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy**

Při malém podílu personálních nákladů dodavatele v příslušném scénáři se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Se zvyšujícím se podílem personálních nákladů se ovšem toto zhoršení brzy mění na zlepšení a již pro některé scénáře s podílem personálních nákladů dodavatele 30 % lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti HY 6.1 pro vybrané scénáře, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují. Celkem byla HY 6.1 prokázána pro 19 ze zkoumaných 39 scénářů.

Statistická korelace ukazuje slabou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílu fixních nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,16. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.27. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice



trendu (polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Obr. 5.27 graficky ilustruje velmi slabou závislost změny jednotkových nákladů řetězce na podílu fixních nákladů dodavatele.

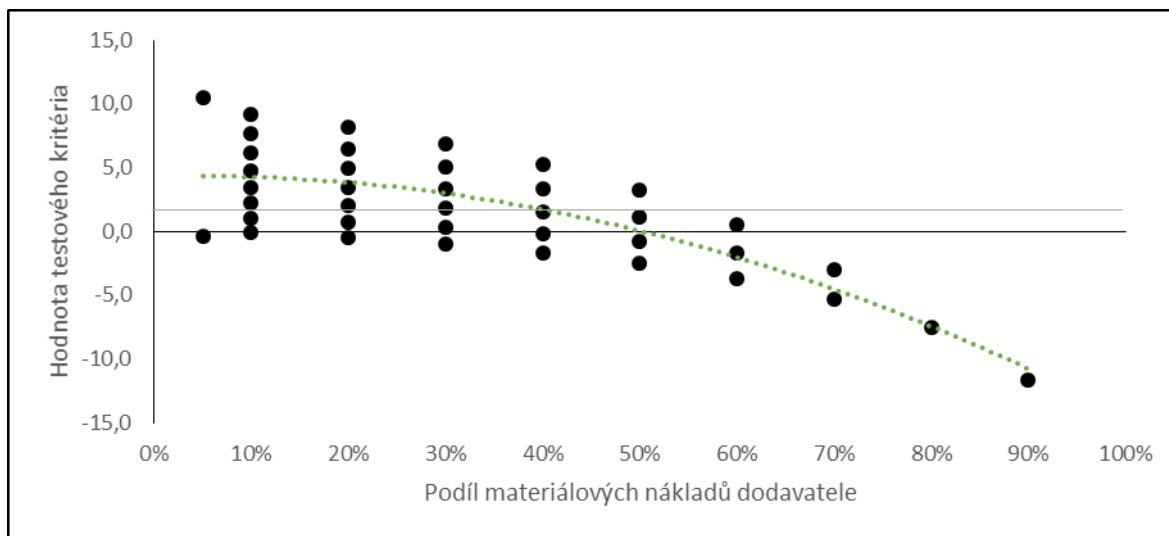


Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.27: Jednotkové náklady řetězce dle fixních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy**

Statistická korelace ukazuje středně silnou nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru jednotkových nákladů řetězce a podílu materiálových (variabilních) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,71. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.28. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží nad ní. Grafem je proložena spojnice trendu (opět polynomický 2. stupně), který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou.

Při vysokém podílu materiálových nákladů dodavatele v příslušném scénáři se jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšují. Se snižujícím se podílem materiálových nákladů se ovšem toto zhoršení mění na zlepšení a pro některé scénáře s podílem materiálových nákladů dodavatele 50 % již lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.28: Jednotkové náklady řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasů**

Tab. 5.22 ukazuje výsledky získané v provedených simulacích pro celkový zisk řetězce. Je patrné, že **efekt** stabilizace využití výrobní kapacity dodavatele **na zisk řetězce se v různých scénářích liší.**

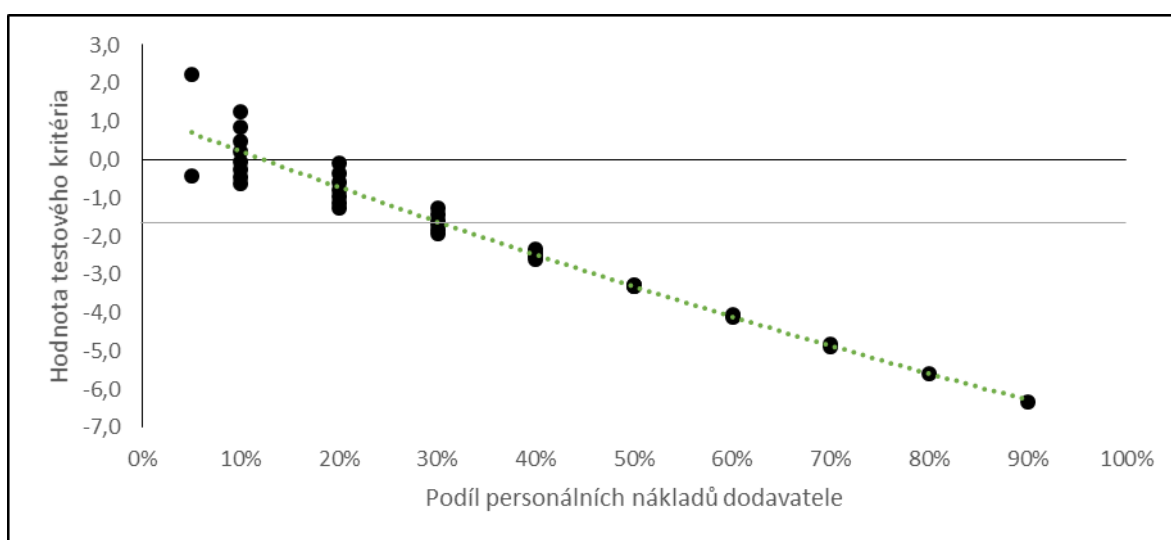
Pro 19 ze zkoumaných 39 scénářů lze na 5% hladině významnosti potvrdit HY 6.2, zlepšení celkového zisku řetězce ve verzi modelu MOQ proti verzi OUT. V této variantě modelu (s možností kumulace nedodělků a s využitím práce přesčas) nelze potvrdit ani nárůst vyrobeného množství, ani nárůst množství dodaného zákazníkům (viz předchozí kapitoly). Proto je změna zisku řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT ovlivněna především změnou jednotkových nákladů řetězce, pro něž bylo možno potvrdit zlepšení také v 19 ze zkoumaných 39 scénářů.

**Tab. 5.22: Celkový zisk řetězce – kumulace nedodělků a práce přesčas**

Scénář	Složení nákladů dodavatele			Zisk řetězce			
	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %	OUT	MOQ	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
1	10	10	80	41 463 848	41 905 872	-5,601	ano
2	10	20	70	41 613 347	42 000 327	-4,810	ano
3	10	30	60	41 762 845	42 094 781	-4,048	ano
4	10	40	50	41 912 343	42 189 236	-3,313	ano
5	10	50	40	42 061 841	42 283 690	-2,606	ano
6	10	60	30	42 211 339	42 378 144	-1,924	ano
7	10	70	20	42 360 837	42 472 599	-1,266	ne
8	10	80	10	42 510 336	42 567 053	-0,631	ne
9	20	10	70	41 914 927	42 284 130	-4,896	ano
10	20	20	60	42 064 426	42 378 584	-4,083	ano
11	20	30	50	42 213 924	42 473 039	-3,301	ano
12	20	40	40	42 363 422	42 567 493	-2,549	ano
13	20	50	30	42 512 920	42 661 947	-1,826	ano
14	20	60	20	42 662 418	42 756 402	-1,129	ne
15	20	70	10	42 811 916	42 850 856	-0,459	ne
16	30	10	60	42 366 006	42 662 387	-4,121	ano
17	30	20	50	42 515 504	42 756 842	-3,286	ano
18	30	30	40	42 665 003	42 851 296	-2,484	ano
19	30	40	30	42 814 501	42 945 751	-1,714	ano
20	30	50	20	42 963 999	43 040 205	-0,975	ne
21	30	60	10	43 113 497	43 134 659	-0,265	ne
22	40	10	50	42 817 085	43 040 645	-3,267	ano
23	40	20	40	42 966 583	43 135 099	-2,408	ano
24	40	30	30	43 116 082	43 229 554	-1,586	ne
25	40	40	20	43 265 580	43 324 008	-0,799	ne
26	40	50	10	43 415 078	43 418 462	-0,045	ne
27	50	10	40	43 268 164	43 418 902	-2,320	ano
28	50	20	30	43 417 662	43 513 357	-1,439	ne
29	50	30	20	43 567 160	43 607 811	-0,597	ne
30	50	40	10	43 716 659	43 702 266	0,207	ne
31	60	10	30	43 719 243	43 797 160	-1,266	ne
32	60	20	20	43 868 741	43 891 614	-0,363	ne
33	60	30	10	44 018 239	43 986 069	0,498	ne
34	70	10	20	44 170 322	44 175 417	-0,088	ne
35	70	20	10	44 319 820	44 269 872	0,837	ne
36	80	10	10	44 621 401	44 553 675	1,238	ne
37	90	5	5	44 997 731	44 884 705	2,234	ne
38	5	90	5	42 434 294	42 472 379	-0,408	ne
39	5	5	90	41 163 560	41 669 516	-6,331	ano

Zdroj: vlastní zpracování

Stejně jako u jednotkových nákladů řetězce vykazuje i pro celkový zisk řetězce statistická korelace velmi silnou, tentokrát nepřímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílem personálních (smíšených) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je -0,97. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.29. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží pod ní. Grafem je proložena spojnice trendu, který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Jedná se o polynomický trend 2. stupně.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.29: Celkový zisk řetězce dle personálních nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy**

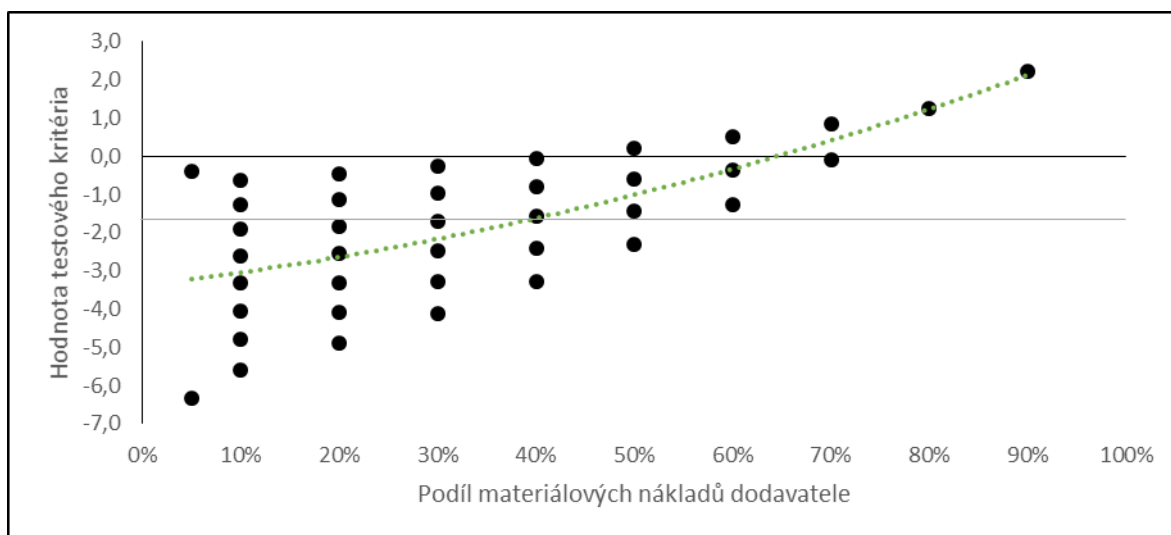
Při vysokém podílu personálních nákladů dodavatele v příslušném scénáři se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT zvyšuje. Toto zlepšení celkového zisku řetězce lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti již pro některé scénáře s podílem personálních nákladů dodavatele 30 %.

Statistická korelace ukazuje mírnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílu fixních nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,31.

Statistická korelace ukazuje středně silnou přímou závislost mezi hodnotou testového kritéria pro vyhodnocení změny průměru celkového zisku řetězce a podílem materiálových

(variabilních) nákladů dodavatele v daném scénáři. Hodnota korelačního koeficientu mezi těmito veličinami je 0,63. Graficky je vztah mezi těmito veličinami znázorněn na Obr. 5.30. Šedá vodorovná linka znázorňuje hranici kritického oboru, který leží pod ní. Grafem je proložena spojnice trendu, který je znázorněn zelenou tečkovanou čarou. Jedná se o polynomický trend 2. stupně.

Při vysokém podílu materiálových nákladů dodavatele v příslušném scénáři se celkový zisk řetězce ve verzi MOQ proti verzi OUT snižuje. Se snižujícím se podílem materiálových nákladů se ovšem toto zhoršení mění na zlepšení a pro některé scénáře s podílem materiálových nákladů dodavatele 50 % již lze statisticky potvrdit na 5% hladině významnosti, že jednotkové náklady řetězce ve verzi MOQ proti OUT se snižují.



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 5.30: Celkový zisk řetězce dle materiálových nákladů dodavatele – kumulace nedodělků a přesčasy**

## 5.5 Porovnání variant modelů

V rámci simulací byla sesbírána celá řada dat, jež byla představena v předchozích subkapitolách. Tab. 5.23 stručně shrnuje, které z výzkumných hypotéz se během simulací podařilo prokázat.

**Tab. 5.23: Přehled prokázaných výzkumných hypotéz**

Hypotéza	Stručný popis hypotézy	Varianta modelu, ve kterém byla hypotéza prokázána			
		Ztracená poptávka bez přesčasů	Ztracená poptávka s přesčasy	Kumulace nedodělků bez přesčasů	Kumulace nedodělků s přesčasy
HY 1.1	stabilnější objednávky	ano	ano	ano	ano
HY 2.1	vyšší prům. výroba	ano	ano	ano	ano
HY 3.1	nižší jedn. náklady dodavatele	ano	ano	ano	ano
HY 3.2	vyšší celk. zisk dodavatele	ano	ano	ano	ano
HY 4.1	vyšší prům. zásoby	ano	ano	ano	ano
HY 4.2	vyšší dodávky zákazníkům	ano	ne	ne	ne
HY 5.1	vyšší jedn. náklady prodejce	ano	ano	ano	ano
HY 5.2a	vyšší celk. zisk prodejce	ne	ne	ne	ne
HY 5.2b	nižší celk. zisk prodejce	ano	ano	ano	ano
HY 6.1	nižší jedn. náklady řetězce	ano pro 3/11 scénářů	ano pro 21/39 scénářů	ne	ano pro 19/39 scénářů
HY 6.2	vyšší celk. zisk řetězce	ano pro 7/11 scénářů	ano pro 25/39 scénářů	ne	ano pro 19/39 scénářů

Zdroj: vlastní zpracování

Pro všechny varianty modelu byla prokázána HY 1.1, která prověřuje, zda ve verzi modelu MOQ jsou **objednávky prodejce** vůči dodavateli oproti verzi modelu OUT **stabilnější**. Není třeba při zkoumání této hypotézy rozlišovat jednotlivé scénáře, protože ty se vztahují k nákladům dodavatele (případně pro náklady řetězce). Tato výzkumná hypotéza je podmínkou ověřující, zda postup, který dodavatel zvolil, tj. omezení objednávek prodejce minimálním objednacím množstvím, přinese stabilnější objednávky a spolu s tím také stabilnější využití výrobní kapacity dodavatele. Bez potvrzení této hypotézy by nemělo smysl dále pokračovat s projektem, protože zvolené opatření by nedosahovalo účelu, se kterým bylo nasazeno. Lze tedy konstatovat, že tato nutná podmínka byla splněna.

Omezení objednávek prodejce zdola znamená, že v řadě případů prodejce musí ve verzi modelu MOQ objednat více, než by si přál a než může ve verzi modelu OUT. Výzkumná hypotéza HY 2.1 prověřuje, zda ve verzi modelu MOQ je **průměrná výroba dodavatele** proti verzi modelu OUT **vyšší**. To bylo potvrzeno ve všech variantách modelu. Opět není relevantní rozlišovat jednotlivé nákladové scénáře.

Výzkumné hypotézy HY 3.1 a HY 3.2 se věnují situaci dodavatele. Hypotéza HY 3.1 zkoumá, zda se ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí modelu OUT **sníží jednotkové náklady dodavatele**. Tato hypotéza byla potvrzena ve všech variantách modelu pro všechny zkoumané nákladové scénáře, tj. jak pro dodavatele s vysokým podílem fixních nákladů, tak pro dodavatele s vysokým podílem variabilních nákladů, a zároveň jak pro situace, kdy dodavatel vyrábí pouze v rámci předem stanovené kapacity, tak i pro situace, kdy dodavatel využívá přesčasové práce k navýšení této kapacity. Opět je to jedno z klíčových zjištění, která potvrzují vstupní předpoklad, kvůli kterému dodavatel vůbec minimální objednávkové množství vůči prodejci uplatňuje.

Hypotéza HY 3.2 zkoumá, zda dodavatel ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí modelu OUT dosahuje vyššího celkového zisku. Z předchozích potvrzených hypotéz (tj. o vyšší průměrné výrobě a o nižších jednotkových nákladech) bylo možné usuzovat, že také tato hypotéza bude potvrzena. Lze konstatovat, že pro všechny zkoumané varianty modelu a pro všechny nákladové scénáře dosahuje **dodavatel vyššího celkového zisku** díky stabilizaci využití výrobní kapacity prostřednictvím minimálního objednávkového množství.

Dosud zmíněné hypotézy lze považovat za potvrzení výchozích předpokladů. Bez jejich prokázání by nemělo smysl pokračovat ve zkoumání dalších hypotéz. Musí platit, že po uplatnění minimálního objednávkového množství na objednávky prodejce dojde ke snížení jednotkových nákladů dodavatele a zvýšení jeho celkového zisku, jinak by dodavatel postrádal motivaci takové opatření zavádět. Další hypotézy již zkoumají dopady na prodejce, u něž lze obecně předpokládat zhoršení situace, a zejména dopady na řetězec jako celek.

S nastavením spodního limitu pro objednávky prodejce je nezbytně spjata nutnost objednat více než bez tohoto omezení. To se již podařilo prokázat při ověřování platnosti výzkumné hypotézy HY 2.1. S tím úzce souvisí hypotéza HY 4.1, která zkoumá, zda se ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí modelu OUT **zvýší průměrné zásoby prodejce**. Tato hypotéza byla také pro všechny varianty modelu potvrzena. Jednotlivé nákladové scénáře nejsou pro zkoumání této hypotézy relevantní.

Vyšší průměrný stav zásob u prodejce představuje vyšší připravenost prodejce uspokojit poptávku konečných zákazníků. Z tohoto pohledu lze očekávat v souladu s hypotézou

HY 4.2, že ve verzi modelu MOQ se zvýší **dodávky konečným zákazníkům** oproti verzi modelu OUT. Tato hypotéza byla prokázána pouze ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce. V dalších variantách modelu sice byly průměrné dodávky konečným zákazníkům ve verzi MOQ vždy vyšší než ve verzi OUT, ale toto navýšení již nebylo prokázáno na 5% hladině významnosti. Je nutné podotknout, že toto navýšení se v každé variantě modelu, tak jak zde byly popořadě zkoumány, snižuje. To vede k zamyšlení, čím to může být způsobené.

Ve variantě se ztracenou poptávkou bez využití přesčasů je výroba svázána kapacitou výroby  $C = 525$  kusů/týden, která je 5 % nad průměrnou poptávkou. Prodejce si ve verzi OUT stanovil úroveň doplňování zásob, která odpovídá jemu stanovené pojistné zásobě, ale ta je tak vysoká, že objednávky často naráží právě na strop daný kapacitou. Ve verzi MOQ, kdy je prodejce svázán nejen horním, ale i spodním limitem objednávek, dojde ke zvýšení průměrného stavu zásob ze 139 kusů (OUT) na 199 kusů (MOQ) a zlepší se připravenost prodejce uspokojit poptávku konečných zákazníků, která by jinak byla ztracena.

Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou s využitím práce přesčas je kapacita výroby navýšena o 5 % nad původní kapacitu, tj.  $C_e = 551$  kusů/týden. Využitelná výrobní kapacita se v této variantě modelu vzdaluje od průměrné poptávky v porovnání s předchozí variantou modelu (bez využití přesčasu) a vzdaluje se tak podmínkám stanoveným při sestavování ekonomického modelu. Navýšením kapacity o přesčasovou práci je navýšena flexibilita výroby k uspokojování objednávek prodejce, roste průměrný stav zásob prodejce na 159 kusů ve verzi OUT. Roční objem dodávek zákazníkům se ve verzi OUT zvýší z 25 815 kusů ve variantě bez přesčasů na 25 925 kusů ve variantě s přesčasy. Jistě se zde projevuje skutečnost, že flexibilní výroba může částečně substituovat zásoby. Ve verzi MOQ sice dochází k nárůstu průměrného stavu zásob na 223 kusů a celkový objem dodávek zákazníkům se zvýší na 25 950 kusů za rok. Zvýšení dodávek konečným zákazníkům však již není dostatečně veliké, aby bylo prokazatelné na 5% hladině významnosti.

Ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez přesčasové práce a v obdobné variantě s přesčasovou prací je navýšení dodávek konečným zákazníkům ještě menší. Obě tyto varianty mají, co se týče právě dodávek zákazníkům, zřetelně flexibilnější nastavení modelu než varianty se ztracenou poptávkou. V těchto variantách lze neuspokojenou



poptávku obsloužit v následující periodě jen s poměrně nízkými dodatečnými náklady. V roční simulaci proto nedochází ke ztrátě poptávky, liší se od sebe pouze kumulovaným nedodělkem v posledním týdnu simulace, který by byl v realitě obsloužen v prvním týdnu následujícího roku. Tento nedodělek je samozřejmě větší tam, kde je méně flexibilní výroba, tj. bez přesčasů, a v případě nižších průměrných zásob, tj. ve verzi OUT. Dodávky zákazníkům v těchto dvou variantách modelu lze popsat také tak, že není ve verzi MOQ dodáno více, jen o trochu dříve. Rozdíl v kumulovaných nedodělcích posledního týdne simulace mezi verzemi MOQ a OUT není dostatečně velký, aby bylo možné prokázat hypotézu HY 4.2.

Pátá výzkumná otázka VO 5 se týká nákladů a zisku prodejce, přičemž obecně kvůli zvýšenému průměrnému stavu zásob prodejce lze usuzovat na vyšší jednotkové náklady prodejce, proti tomu pak mohou působit nižší náklady za ztracenou poptávku, popř. náklady na doobjednání. Jednotkové náklady prodejce řeší hypotéza HY 5.1 a ve všech variantách modelu bylo prokázáno **zvýšení jednotkových nákladů prodejce** ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí modelu OUT.

Celkový zisk prodejce je ovlivněn jednak zvyšujícími se jednotkovými náklady prodejce, jednak také množstvím zboží, které prodejce prodá koncovým zákazníkům. Ze závěrů předchozích zkoumaných hypotéz je zřejmé, že jednotkové náklady prodejce se zvyšují v každé variantě modelu, zvýšení dodávek konečným zákazníkům bylo prokázáno pouze ve variantě modelu se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce. Ani toto zvýšení dodávek nedokázalo převážit zvýšené jednotkové náklady. V žádné variantě modelu se nepodařilo prokázat hypotézu HY 5.2a, která zkoumá, zda je celkový zisk prodejce ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí OUT vyšší. Naopak pro všechny varianty modelu se podařilo prokázat hypotézu HY 5.2b, která tvrdí, že **celkový zisk prodejce** je ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí OUT **nižší**.

Výzkumná otázka VO 6 konkretizuje hlavní cíl této práce, tj. zjišťuje, jaký vliv má uplatnění minimálního objednacního množství na objednávky prodejce na výsledek řetězce jako celku.

Na tuto otázku bylo v hypotéze HY 6.1 nahlíženo ze strany **jednotkových nákladů řetězce**, konkrétně bylo zkoumáno, zda jsou ve verzi modelu MOQ nižší než ve verzi OUT. Jen

v jedné variantě modelu, a to ve variantě s možností kumulace nedodělků bez využití práce přesčas, nebylo prokázáno ani v jednom nákladovém scénáři snížení jednotkových nákladů řetězce. V ostatních variantách modelu se našly nákladové scénáře, pro které se snížení jednotkových nákladů řetězce prokázat podařilo. Vždy to však byla jen část scénářů, nikdy ne všechny.

Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou **bez využití práce přesčas** se prokázalo snížení jednotkových nákladů řetězce ve třech scénářích s velmi vysokým podílem fixních nákladů na straně dodavatele. V takovém případě jsou přínosy stabilizace využití výrobní kapacity, popř. i zvýšení průměrného vyrobeného množství nejsilnější. Avšak pouze ve scénářích s velmi vysokým podílem fixních nákladů dodavatele dokázaly přínosy na straně dodavatele převážit nad ztrátami na straně prodejce. Ve variantě modelu s kumulací nedodělků bez využití přesčasové práce je navýšení průměrného vyrobeného množství sice také statisticky potvrzeno, ale je slabší než ve variantě se ztracenou poptávkou. Tento faktor posilující pozitivní efekt na jednotkové náklady řetězce tedy není tak silný jako v případě varianty se ztracenou poptávkou a nepodařilo se prokázat snížení jednotkových nákladů řetězce u žádného nákladového scénáře.

Ve variantách modelu s **využitím přesčasové práce** se snížení jednotkových nákladů prokázalo u 21 scénářů ze zkoumaných 39 ve variantě se ztracenou poptávkou a u 19 scénářů ze zkoumaných 39 ve variantě s možností kumulace nedodělků. Jejich přehled je v Tab. 5.24. Scénáře jsou seřazené dle hodnoty testového kritéria ve variantě modelu se ztracenou poptávkou a s přesčasy. V horních řádcích tabulky jsou scénáře s největší mírou snížení jednotkových nákladů řetězce. Tato míra postupně klesá, až již snížení nákladů nelze na 5% hladině významnosti prokázat, popř. jednotkové náklady dokonce rostou – v posledních šesti scénářích by takové navýšení jednotkových nákladů řetězce bylo prokazatelné na 5% hladině významnosti. Z Tab. 5.24 je zřejmé, že vývoj míry snížení jednotkových nákladů řetězce je v jednotlivých scénářích varianty modelu s možností kumulace nedodělků a s přesčasy velmi podobné. Zvláště na obou koncích tabulky. Pouze ve střední části se pak pořadí scénářů občas lehce liší.

**Tab. 5.24: Jednotkové náklady řetězce v modelech s přesčasy**

Scénář	Složení nákladů dodavatele			Ztracená poptávka a přesčasová práce		Kumulace nedodělků a přesčasová práce	
	Variabilní náklady (tj. materiálové) v %	Fixní náklady v %	Smišené náklady (tj. personální) v %	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení	Hodnota testového kritéria	Statisticky významné zlepšení
39	5	5	90	11,303	ano	10,452	ano
1	10	10	80	10,023	ano	9,209	ano
9	20	10	70	8,883	ano	8,160	ano
2	10	20	70	8,461	ano	7,642	ano
16	30	10	60	7,487	ano	6,870	ano
10	20	20	60	7,214	ano	6,481	ano
3	10	30	60	6,979	ano	6,165	ano
22	40	10	50	5,755	ano	5,256	ano
17	30	20	50	5,703	ano	5,067	ano
11	20	30	50	5,639	ano	4,907	ano
4	10	40	50	5,574	ano	4,772	ano
5	10	50	40	4,241	ano	3,458	ano
12	20	40	40	4,152	ano	3,430	ano
18	30	30	40	4,027	ano	3,387	ano
23	40	20	40	3,846	ano	3,318	ano
27	50	10	40	3,575	ano	3,199	ano
6	10	60	30	2,978	ano	2,218	ano
13	20	50	30	2,748	ano	2,045	ano
19	30	40	30	2,453	ano	1,822	ano
24	40	30	30	2,063	ano	1,525	ne
7	10	70	20	1,780	ano	1,047	ne
28	50	20	30	1,535	ne	1,116	ne
14	20	60	20	1,424	ne	0,745	ne
20	30	50	20	0,976	ne	0,363	ne
31	60	10	30	0,801	ne	0,535	ne
8	10	80	10	0,643	ne	-0,059	ne
25	40	40	20	0,400	ne	-0,133	ne
38	5	90	5	0,321	ne	-0,387	ne
15	20	70	10	0,174	ne	-0,476	ne
29	50	30	20	-0,357	ne	-0,794	ne
21	30	60	10	-0,410	ne	-0,999	ne
26	40	50	10	-1,151	ne	-1,667	ne
32	60	20	20	-1,373	ne	-1,697	ne
30	50	40	10	-2,110	ne	-2,544	ne
34	70	10	20	-2,740	ne	-2,955	ne
33	60	30	10	-3,373	ne	-3,722	ne
35	70	20	10	-5,046	ne	-5,334	ne
36	80	10	10	-7,195	ne	-7,500	ne
37	90	5	5	-11,124	ne	-11,673	ne

Zdroj: vlastní zpracování

Největší snížení jednotkových nákladů lze pozorovat u scénářů s převažujícím podílem smíšených (personálních) nákladů dodavatele. Stabilizace využití výrobní kapacity omezuje využití přesčasových hodin při výrobě, které je v takovém scénáři velmi nevýhodné – viz např. Obr. 5.10.

Poslední hypotéza HY 6.2 zkoumá, zda je ve verzi modelu MOQ v porovnání s verzí modelu OUT vyšší **celkový zisk řetězce**. Celkový zisk řetězce je ovlivněn změnou jednotkových nákladů řetězce, ale také množstevními veličinami. Především změnou množství zboží dodaného zákazníkům a také vyrobeným množstvím, které zde představují zároveň prodeje dodavatele prodejci. Nejsilněji se projevuje zvýšení obou množstevních kategorií po uplatnění minimálního objednávacího množství ve variantách modelu se ztracenou poptávkou, kde je převis poptávky ztracen, kdežto ve variantách s kumulací nedodělků je spíše jen odložen do další časové periody.

Ve variantě modelu se ztracenou poptávkou je hypotéza HY 6.2 potvrzena pro větší množství scénářů než hypotéza HY 6.1. Celkový zisk řetězce je zde významně pozitivně ovlivněn také zvýšeným množstvím zboží dodaným zákazníkům a zvýšeným vyrobeným množstvím. Ve variantách modelů s kumulací nedodělků je zvýšení celkového zisku řetězce nejsilněji ovlivněno právě jen sníženými jednotkovými náklady řetězce. Hypotéza HY 6.2 je potvrzena pouze pro ty scénáře, pro které byla potvrzena i hypotéza HY 6.1.

## 5.6 Diskuze

Tato práce zkoumá vliv stabilizace využití výrobní kapacity dodavatele (výrobce) na jednotkové náklady a celkový zisk celého řetězce v decentralizovaném dvouúrovňovém řetězci, sestávajícím z jednoho prodejce (distributora) držícího zásoby hotových výrobků, čelícího stochastické poptávce konečných zákazníků, a z jednoho dodavatele (výrobce) s omezenou výrobní kapacitou vyrábějícího dle objednávky prodejce. Navazuje tak na výzkum v oblasti řízení zásob – základy byly představeny v kapitole 3, zvláště pak na integrované modely představené v subkapitole 3.3.3, které se kromě řízení zásob věnují i výrobě.

**Přínos této práce k již existujícímu výzkumu** spočívá v tom, že uvažuje dosud neprozkoumaný typ výroby z prostředí B2B, tj. nepřetržitou, kontinuální výrobu (neuvažují se samostatné výrobní dávky ani příprava výrobní linky), která navíc operuje v blízkosti své kapacity. Využití této výrobní kapacity má významný vliv na jednotkové náklady produkce. Proto se zkoumá vliv stabilizace využití kapacity na variabilní (materiálové), fixní a případně smíšené (personální) náklady výrobce.

Na základě zkušeností autorky z praxe se model představený v této práci liší oproti nejčastějším předpokladům již zmíněných integrovaných modelů řízení zásob zejména stochastickou poptávkou konečných zákazníků, ztracenou poptávkou, popř. možností kumulace nedodělků, decentralizovaným řetězcem, kdy jednotlivé články řetězce nejsou vůči sobě otevřené v předávání informací o svých nákladech, ani o poptávce konečných zákazníků a každý optimalizuje svou vlastní pozici. Vzhledem ke kontinuální výrobě se zde nezohledňují žádné náklady na seřízení strojů (výroba neprobíhá v dávkách). Nejvíce se zkoumaný model podobá modelu, který použili Kijima a Takimoto (1999). Oni ve svém modelu ovšem nezkoumali náklady, ale dodací lhůtu a čekací dobu zákazníka.

V souladu s poznatky subkapitoly 3.3.4, kde Modigliani a Hohn (1955) představují koncept vyrovnávání výroby, bylo i v této práci potvrzeno, že fluktuace výroby mohou být poměrně nákladné a stabilizace výroby přináší úspory výrobních nákladů.

V případě, že je výroba svázána shora limitem daným kapacitou výroby a zdola prostřednictvím minimálního objednávacího množství, Chan a Muckstadt (1999) navrhuji a prokazují jako optimální „modifikovanou-modifikovanou“ strategii doplňování zásob do předem dané úrovně. Takovéto svázání výroby s sebou přináší její stabilizaci, to bylo potvrzeno i v této práci. Navrhovaná „modifikovaná-modifikovaná“ strategie doplňování zásob do předem dané úrovně pak může být v daných podmínkách optimální, otázkou však zůstává, zda je pro řetězec jako celek lepší nechat výrobu přece jen fluktuovat, či ji minimálním objednávacím množstvím svázat. Výsledky této práce ukazují, že efekt stabilizace výroby na jednotkové náklady řetězce a celkový zisk řetězce je nejednoznačný, závislý na struktuře nákladů výrobce. Tato práce tak doplnila zjištění Chana a Muckstadta (1999).

Ve variantě modelu bez využití přesčasové práce je efekt stabilizace výroby prostřednictvím minimálního objednáacího množství na jednotkové náklady řetězce a celkový zisk řetězce tím pozitivnější, čím vyšší je podíl fixních nákladů dodavatele (výrobce). Přičemž v modelu se ztracenou poptávkou na celkový zisk řetězce pozitivně působí také zvýšení množství dodaného zboží koncovým zákazníkům a zvýšení množství zboží průměrně vyrobeného a dodaného prodejci. Tyto efekty nejsou v modelech s možností kumulace nedodělků tak silné. Ve variantě modelu s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce jsou náklady z nedostatku poměrně nízké a přebytečná poptávka je pouze přesunuta do dalšího časového období (týdne), což samo o sobě vede k určité stabilizaci výroby. Na celkový zisk nepůsobí v této variantě modelu při využití minimálního objednáacího množství efekt navýšení množství zboží dodaného koncovým zákazníkům ani navýšení množství průměrně vyrobeného zboží a dodaného prodejci. Ve variantě s možností kumulace nedodělků bez využití přesčasové práce tedy nebylo v žádném scénáři potvrzeno zlepšení jednotkových nákladů ani celkového zisku řetězce jako celku.

Ve variantách modelu s využitím přesčasové práce je efekt stabilizace výroby prostřednictvím minimálního objednáacího množství na jednotkové náklady řetězce a celkový zisk řetězce tím pozitivnější, čím vyšší je podíl personálních (smíšených) nákladů dodavatele (výrobce). Využívání přesčasové práce je v případě vysokého podílu personálních nákladů dodavatele nákladově nevýhodné a stabilizace výroby spojená s nižším využitím přesčasové práce tak přináší nejsilnější pozitivní efekty. V modelu se ztracenou poptávkou na celkový zisk řetězce pozitivně působí také zvýšení průměrného vyrobeného množství, které v případě kumulace nedodělků není tak silné, zde se jedná spíše o časový posun výroby.

Jednoznačně lze také potvrdit, že čím vyšší je podíl materiálových (variabilních) nákladů na celkových nákladech dodavatele, tím je efekt stabilizace výroby pro jednotkové náklady řetězce méně výhodný, protože celkové náklady silně kopírují výši výroby.

Z výše zjištěného vyplývá, že je zde několik **faktorů, které posilují pozitivní změnu hospodářského výsledku řetězce** jako celku v případě stabilizace výroby dodavatele. Pozitivní efekt lze očekávat spíše v modelu se ztracenou poptávkou než v modelu s možností kumulace nedodělků, spíše v modelu s využitím přesčasové práce než bez ní. Efekt pro

výsledek řetězce je tím lepší, čím nižší je podíl materiálových nákladů a čím vyšší je podíl personálních nákladů na celkových nákladech dodavatele, ať už ve formě smíšených nákladů v modelech s využitím přesčasové práce, nebo fixních nákladů v modelech bez využití přesčasové práce. Stručně přehled faktorů ovlivňujících pozitivní efekt stabilizace výroby na hospodářský výsledek řetězce představuje Tab. 5.25.

**Tab. 5.25: Faktory ovlivňující pozitivní efekt stabilizace výroby na výsledek řetězce**

Faktor	Pozitivní efekt pro řetězec <b>silnější</b>	Pozitivní efekt pro řetězec <b>slabší</b>
Poptávka	Ztracená poptávka	Možnost kumulace nedodělků
Přesčas	S využitím přesčasu	Bez využití přesčasu
Převládající druh nákladů dodavatele	Personální náklady	Materiálové náklady

Zdroj: vlastní zpracování

Ve všech variantách modelu bylo potvrzeno, že stabilizace výroby prostřednictvím minimálního objednáčím množství sníží zisk prodejce. Vzhledem k tomu, že prodejce je tím článkem řetězce, který je v přímém kontaktu s konečnými zákazníky, na jeho hospodářském výsledku závisí, zda bude v případě vyjednávání s konečným zákazníkem schopen např. nabídnout nižší prodejní cenu. V případě, že se stabilizací výroby zhoršil hospodářský výsledek prodejce, má to za následek, že prodejce je v horším postavení pro takováto případná jednání s konečným zákazníkem. Ať už se celkový zisk řetězce jako celku zlepšil, či zhoršil, **případná vyjednávací pozice řetězce vůči konečným zákazníkům se tímto ve verzi modelu MOQ zhoršila**. Prodejce se samozřejmě může obrátit na dodavatele s požadavkem nižší ceny, za kterou by u dodavatele nakupoval. Tím by se část generovaného zisku přenesla z dodavatele na prodejce a vyjednávací pozice řetězce vůči konečným zákazníkům by se opět zlepšila.

Jak již bylo řečeno, tato práce zkoumá decentralizovaný řetězec, kde se informace sdílí jen v omezené míře. Není zde tedy autorita, která by mohla zjistit, zda se pro daný konkrétní řetězec vyplatí stabilizovat výrobu. V této práci bylo nastíněno, ve kterých případech lze spíše očekávat pozitivní efekt na řetězec jako celek: v modelu se ztracenou poptávkou bez

přesčasů je to v případě velmi vysokých fixních nákladů; ovšem platí to i v modelech se ztracenou poptávkou nebo s možností kumulace nedodělků za podmínky využívání přesčasové práce, pokud má výroba převahu personálních (smíšených) nákladů, které při využívání přesčasové práce výrazně negativně ovlivňují jednotkové náklady. V těchto případech může dodavatel oprávněně uvažovat o tom, že stabilizací výroby by jeho zisk převážil ztrátu zisku prodejce. Jak to ale zjistit? Nabízí se jednoduché řešení, při kterém ani jeden z článků řetězce neodhaluje celou svou nákladovou strukturu druhému hráči (neboť sdílení dat naráží v praxi na velkou neochotu): **dodavatel nabídne část své výhody ze stabilizace výroby ve verzi MOQ v prodejní ceně prodejci**. Prodejce porovná dvě nabízené ceny, tj. vyšší s možností fluktuace objednávek/výroby a nižší s omezením objednávek prostřednictvím minimálního objednávacího množství. Pokud mu nižší cena je schopna kompenzovat zvýšené náklady spojené s držetím zásob, tuto nižší cenu jistě přijme. V tom případě je stabilizace výroby výhodná pro řetězec jako celek. Pokud nižší cenu nepřijme, je možné, že dodavatel je schopen nabídnout cenu ještě nižší, pak by se rozhodování prodejce opakovalo. Pokud by se dodavatel dostal do situace, kdy již nabídl snížením ceny celou svou výhodu získanou stabilizací výroby prodejci a ten ji stejně nepřijal, protože by mu nekompenzovala zvýšené náklady, není stabilizace výroby výhodná pro řetězec jako celek a dodavatel by jejím uplatňováním sice zlepšil svou hospodářskou situaci, ale zhoršoval postavení řetězce jako celku, a tím i zprostředkovaně ohrožoval svou existenci.

Jistě by se našly i další mechanismy, jak se prodejce a dodavatel mohou společně dohodnout, zda stabilizovat výrobu prostřednictvím minimálního objednávacího množství, jak v takovém případě upravit prodejní cenu mezi nimi, ale toto rozhodování není předmětem této práce. Tyto úvahy už zabíhají spíše na pole koordinačních mechanismů, které se snaží dosáhnout toho, aby se i decentralizovaný dodavatelský řetězec choval téměř nebo úplně jako řetězec centralizovaný (Tsay, 1999). Přehled základních koordinačních mechanismů nabízí např. Govindan a Popiuc (2011) nebo také Fiala (2005).

Zmiňované kontrakty se zaměřují na cenu a zásoby mezi dodavatelem a odběratelem s ohledem na rozdělení zisku a rizika mezi nimi. Cena mezi články dodavatelského řetězce a další ujednání ve výše zmiňovaných kontraktech slouží k přerozdělení zisku a rizika mezi těmito články. Většina kontraktů předpokládá pevnou cenu, která převládá i v průmyslové praxi v rámci dlouhodobých obchodních vztahů. Málo pozornosti je však v konstrukci



zmiňovaných modelů a kontraktů věnováno nákladové stránce, zvláště u výrobce. Předpokládána je určitá pevná výše na jednotku. Je však zřejmé a v této práci mnohokrát ukázané, že náklady fixní a variabilní přepočtené na jednotku produkce se při různých úrovních produkce liší.

**Tato práce má také svá omezení.** Ač se nastavená numerická studie snaží pokrýt co největší škálu možností složení druhů nákladů dodavatele, a tím co největší množství druhů výroby, nastavené hodnoty nákladů výrobce a hlavně jejich poměr k nákladům prodejce zdaleka nepokrývají celou šíři možností, které se v praxi vyskytují. Tuto dizertaci a její zjištění je třeba považovat spíše za indikaci, v jakých podmínkách může dodavatel usilovat o stabilizaci využití výrobní kapacity s tím, že zároveň zlepší hospodářské výsledky řetězce jako celku a tím i jeho konkurenceschopnost vůči dalším dodavatelským řetězcům.

Tato dizertace nezkoumá optimalitu zvolených parametrů. Co by se stalo, kdyby kapacita byla zvolena jinak v porovnání s průměrnou poptávkou, kdyby dodavatel zvolil jinou hodnotu minimálního objednávacího množství nebo kdyby prodejce zvolil jinou výši pojistné zásoby? Například příliš nízká hodnota minimálního objednávacího množství nemusí dostatečně stabilizovat úroveň využití výrobní kapacity, naopak příliš vysoká hodnota může způsobit velké navýšení zásob prodejce. Obě situace pak mohou vést k tomu, že tímto způsobem nastavená stabilizace výroby bude mít negativní efekt na hospodářský výsledek řetězce jako celku.

Omezení výše objednávek minimálním objednávacím množstvím vede ke zvýšení průměrného stavu zásob u prodejce. Tento efekt jde proti zásadám prosazovaným v automobilovém průmyslu ve smyslu snah o co nejštíhlejší výrobu a nízké stavy zásob. V případě náhlého dlouhodobého poklesu poptávky by to mohlo mít za následek vznik zásob neprodejného, zastaralého zboží.

Je třeba pečlivě zvážit předpoklady modelu. Například dodavatel ve zkoumaných modelech nedrží žádné zásoby. V praxi to však není tak jednoduché. I přes požadavky prodejce na nulové zásoby se dodavatel musí jistit pro případ výpadku produkce, či jednoduše v případě nesouladu v plánování celozávodní dovolené. Navíc výtěžnost výroby nemusí být stoprocentní, v každé výrobě existuje v praxi určité procento zmetkovitosti.

Dalším důležitým předpokladem je stabilní úroveň poptávky. Ta je ale v praxi velmi často předmětem sezónnosti. Ovlivňují ji hospodářské cykly, ale i fáze životního cyklu výrobku.

Ve zkoumaných modelech panuje nejistota ohledně výše poptávky v době vystavování objednávky prodejce. Dodací lhůta je v rámci jedné časové periody. V praxi se často vyskytují mnohem delší dodací lhůty, ať už vlivem delší doby potřebné k vyrobění zboží nebo např. delší doby potřebné k jeho přepravě. Dodací lhůta může mít i pravděpodobnostní charakter.

V této práci je kapacita považována za pevně danou a neměnnou v rámci simulovaného období. V praxi je samozřejmě možné v dostatečně dlouhém horizontu uvažovat i o změnách kapacity výroby. Ale i v kratším časovém období řada podniků řeší flexibilitu výrobní kapacity. Zde představené řešení je práce přesčas. Mezi dlouhodobější řešení pak lze zahrnout např. navýšení směn, různé směnné modely, ale i nechání pracovníků doma za určitou část mzdy při nutnosti snížit výrobu (po splnění zákonných požadavků).

Tato práce se zabývá pouze sériovým dvouúrovňovým dodavatelským řetězcem. Dodavatelské řetězce v praxi bývají mnohem delší a často je také více článků řetězce na jedné jeho úrovni (například více prodejců).

Všechny výše zmíněné předpoklady představují příležitost k dalšímu **rozšíření zkoumaného modelu**. Prostor pro další výzkum představuje také analytické vyjádření vztahů zkoumaných v modelech a hledání optimálních parametrů – např. optimální kapacity výroby, optimální úrovně minimálního objednávacího množství, hledání jiných cest, jak stabilizovat využití výrobní kapacity.

## Závěr

V této práci je zkoumán vliv stabilizace využití výrobní kapacity dodavatele na jednotkové náklady a celkový zisk celého řetězce v decentralizovaném dvouúrovňovém řetězci sestávajícím z jednoho prodejce držícího zásoby hotových výrobků, čelícího stochastické poptávce konečných zákazníků, a z jednoho výrobce s omezenou výrobní kapacitou vyrábějícího dle objednávky prodejce. Výroba je nepřetržitá, kontinuální (neuvažují se samostatné výrobní dávky) a výrobce operuje v blízkosti své kapacity.

V první fázi byly vymezeny a shrnuty dosavadní příspěvky na poli řízení a modelů zásob, dále řízení zásob v dodavatelských řetězcích, zejména pak ve spojení s výrobou, která se ve většině modelů však omezuje na konstantní jednotkové náklady, případně studuje výrobu po jednotlivých výrobních dávkách.

Ve druhé fázi byl sestaven na základě zkušeností autorky z praxe automobilového průmyslu se zohledněním představených teoretických východisek ekonomický a matematický model a připraveny číselné vstupy pro numerickou studii.

Ve třetí fázi proběhlo řešení matematického modelu pomocí simulace v rámci nastavené numerické studie. Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda v decentralizovaném dvouúrovňovém řetězci sestávajícím z jednoho prodejce (distributora) a jednoho dodavatele (výrobce) může dodavatel ovlivnit prodejce tak, aby důsledkem bylo nejen snížení nákladů výroby, ale i nákladů celého řetězce. Cíl byl konkretizován do výzkumných hypotéz, jež byly verifikovány pomocí simulací pro čtyři varianty modelu. Získané výsledky byly představeny, vzájemně porovnány a diskutovány.

Stanovený cíl dizertační práce byl splněn, neboť se podařilo na široké škále možných scénářů ukázat, za jakých podmínek dodavatel uplatněním jednoduchého administrativního zásahu, tj. prostřednictvím minimálního objednáčích množství,lepší nejen svůj hospodářský výsledek, ale také výsledek řetězce jako celku. Hlavní cíl byl rozpracován do dílčích výzkumných otázek, které byly zodpovězeny pomocí verifikace upřesňujících výzkumných hypotéz. Navíc byla prověřena závislost výsledku na poměru jednotlivých druhů výrobních

nákladů dodavatele. Byly tak identifikovány faktory posilující pozitivní změnu hospodářského výsledku řetězce jako celku v případě stabilizace výroby dodavatele.

Hlavní přínos této práce směřuje především do praxe a spočívá v určení podmínek, kdy dodavatel stabilizací využití výrobní kapacity docílí pozitivních efektů na hospodářský výsledek řetězce jako celku. Jedná se zejména o případy výroby s velmi vysokým podílem fixních nákladů v prostředí se ztracenou poptávkou bez využití přesčasové práce a o případy výroby s převažujícím podílem personálních (smíšených) nákladů při využívání práce přesčas, která se tak stává velmi nákladnou. V rámci diskuze k dosaženým výsledkům práce bylo navrženo, jak s tímto poznatkem v praxi naložit. Protože prodejce na uplatnění minimálního objednávacího množství pro objednávky u dodavatele vždy trátí, je nutné, aby se s ním o dodatečný zisk dodavatel podělil. Dodavatel předloží prodejci dvě alternativy – s vyšší cenou bez omezení minimálním objednávacím množstvím a s nižší cenou, ale s omezením. Touto nižší cenou se dodavatel podělí o zisk generovaný stabilizací výroby a zároveň je přijetí, či nepřijetí této nižší ceny možností pro prodejce rozhodnout, která alternativa je pro něj výhodnější. V případě přijetí nižší ceny prodejcem je tato sleva schopna kompenzovat jeho zvýšené náklady z držby zásob. V takovém případě je stabilizace výroby výhodná pro řetězec jako celek.

V akademické rovině je přínosem práce rozšíření výzkumu v oblasti řízení zásob v dodavatelských řetězcích se zohledněním výrobních nákladů o poznatky z modelů s kontinuální výrobou operující v blízkosti své kapacity. Vliv využití výrobní kapacity na jednotkové náklady, příp. celkový zisk řetězce dosud nebyl v souvislosti s řízením zásob zkoumán.

V diskuzi byla nastíněna i některá omezení provedeného výzkumu, která mohou sloužit jako námět pro další výzkum. Jedná se zejména o nastavení předpokladů modelu, či vstupů pro numerickou studii. V oblasti předpokladů modelu lze upravovat např. typ poptávky a její stabilitu, délku a spolehlivost dodací lhůty, výtěžnost výroby. Architektura dodavatelského řetězce může být složitější. V oblasti vstupů pro numerickou studii lze rozšířit studii zejména o jinak nastavené náklady prodejce a jejich poměr k nákladům dodavatele.

## Citace

AFFISCO, J. F., M. J. PAKNEJAD, and F. NASRI, 2002. Quality improvement and setup reduction in the joint economic lot size model. *European Journal of Operational Research*, 2002, vol. 142, iss. 3, p. 497-508. ISSN 0377-2217.

ARROW, K. J., T. HARRIS, and J. MARSCHAK, 1951. Optimal inventory policy. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1951, p. 250-272. ISSN 0012-9682.

AVIV, Y., and A. FEDERGRUEN, 1997. Stochastic inventory models with limited production capacity and periodically varying parameters. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, 1997, vol. 11, p. 107-135. ISSN 0269-9648.

AXSÄTER, S., 2006. *Inventory Control*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Springer Science, 2006. ISBN 978-0387-33250-5.

BANERJEE, A., 1986. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences*, 1986, vol. 17, iss. 3, p. 292-311. ISSN 0011-7315.

BANERJEE, A., and J. S. BURTON, 1994. Coordinated vs. independent inventory replenishment policies for a vendor and multiple buyers. *International Journal of Production Economics*, 1994, vol. 35, iss. 1-3, p. 215-222. ISSN 0925-5273.

BEN-DAYA, M., M. DARWISH, and K. ERTOGRAL, 2008. The joint economic lot sizing problem: Review and extensions. *European Journal of Operational Research*, 2008, vol. 185, iss. 2, p. 726-742. ISSN 0377-2217.

BEN-DAYA, M., and M. HARIGA, 2004. Integrated single vendor single buyer model with stochastic demand and variable lead time. *International Journal of Production Economics*, 2004, vol. 92, iss. 1, p. 75-80. ISSN 0925-5273.

BENJAAFAR, S., W. L. COOPER, and J. S. KIM, 2005. On the benefits of pooling in production-inventory systems. *Management Science*, 2005, vol. 51, iss. 4, p. 548-565. ISSN 1526-5501.

BEYER, D., and S. P. SETHI, 1997. Average cost optimality in inventory models with Markovian demands. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 1997, vol. 92, iss. 3, p. 497-526. ISSN 0022-3239.

BOUTE, R. N., M. R. LAMBRECHT, and B. VAN HOUTT, 2007. Performance Evaluation of a Production/Inventory System with Periodic Review and Endogenous Lead Times. *Naval Research Logistics*. June 2007, vol. 54, iss. 4, p. 462-473. ISSN 1520-6750.

CACHON, G. P., 1999. *Competitive and cooperative inventory management in a two-echelon supply chain with lost sales*. Fuqua School of Business, Duke University, Durham, NC. Working paper.

CACHON, G. P., 2001. Exact evaluation of batch-ordering inventory policies in two-echelon supply chains with periodic review. *Operations research*, 2001, vol. 49, iss. 1, p. 79-98. ISSN 0030-364X.

CACHON, G. P., and P. H. ZIPKIN, 1999. Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain. *Management science*, 1999, vol. 45, iss. 7, p. 936-953. ISSN 1526-5501.

CHAKRAVARTY, A. K., and G. E. MARTIN, 1988. An optimal joint buyer-seller discount pricing model. *Computers & Operations Research*, 1988, vol. 15, iss. 3, p. 271-281. ISSN 03050548.

CHAN, E. W., and J. A. MUCKSTADT, 1999. *The Effects of load smoothing on inventory levels in a capacitated production and inventory system*. School of Operations Research and Industrial Engineering (No. 1251). Technical Report.

CHANG, C. T., J. T. TENG, and S. K. GOYAL, 2008. Inventory lot-size models under trade credits: a review. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2008, vol. 25, iss. 01, p. 89-112. ISSN 0217-5959.

CHANG, H. C., L. Y. OUYANG, K. S. WU, and C. H. HO, 2006. Integrated vendor–buyer cooperative inventory models with controllable lead time and ordering cost reduction. *European Journal of Operational Research*, 2006, vol. 170, iss. 2, p. 481-495. ISSN 0377-2217.

CHANG, J. H., and H. N. CHIU, 2005. A comprehensive review of lot streaming. *International Journal of Production Research*, 2005, vol. 43, iss. 8, p. 1515-1536. ISSN 1366-588X.

CHEN, F., and Y. S. ZHENG, 1994. Lower bounds for multi-echelon stochastic inventory systems. *Management Science*, 1994, vol. 40, iss. 11, p. 1426-1443. ISSN 1526-5501.

CHRISTOPHER, M., 1998. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Prentice-Hall, 1998. ISBN 0273630490.

CLARK, A. J., and H. SCARF, 1960. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management science*, 1960, vol. 6, iss. 4, p. 475-490. ISSN 1526-5501.

DISNEY, S. M., I. FARASYN, M. LAMBRECHT, D. TOWILL, and W. VAN DE VELDE, 2006. *Dampening variability by using smoothing replenishment rules*. Available at SSRN 873588.

ERTOGRAL, K., M. DARWISH, and M. BEN-DAYA, 2007. Production and shipment lot sizing in a vendor–buyer supply chain with transportation cost. *European Journal of Operational Research*, 2007, vol. 176, iss. 3, p. 1592-1606. ISSN 0377-2217.

FEDERGRUEN, A., and P. ZIPKIN, 1984. Computational issues in an infinite horizon multiechelon inventory model. *Operations Research*, 1984, vol. 32, iss. 4, p. 818–836. ISSN 0030-364X.

FEDERGRUEN, A., and P. ZIPKIN, 1986a. An inventory model with limited production capacity and uncertain demands I. The average-cost criterion. *Mathematics of Operations Research*, 1986, vol. 11, iss. 2, p. 193-207. ISSN 0364-765X.

FEDERGRUEN, A., and P. ZIPKIN, 1986b. An inventory model with limited production capacity and uncertain demands II. The discounted-cost criterion. *Mathematics of Operations Research*, 1986, vol. 11, iss. 2, p. 208-215. ISSN 0364-765X.

FIALA, P., 2005. *Modelování dodavatelských řetězců*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2005. ISBN 80-86419-62-2.

FORRESTER J. W., 1961. *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, 1961.

GLASSERMAN, P., and S. TAYUR, 1994. The stability of a capacitated, multi-echelon production-inventory system under a base-stock policy. *Operations Research*. 1994, vol. 42, iss. 5, p. 913–925. ISSN 0030-364X.

GLASSERMAN, P., and S. TAYUR, 1995. Sensitivity analysis for base-stock levels in multiechelon production-inventory systems. *Management Science*. 1995, vol. 41, iss. 2, p. 263–281. ISSN 0025-1909.

GLOCK, C. H., 2011. A multiple-vendor single-buyer integrated inventory model with a variable number of vendors. *Computer & Industrial Engineering*, 2011, vol. 60, iss. 1, p. 173-182. ISSN 03608352.

GLOCK, C. H., 2012. The joint economic lot size problem: A review. *International Journal of Production Economics*, 2012, vol. 135, p. 671-686. ISSN 0925-5273.



GOVINDAN, K., and M. N. POPIUC, 2011. Overview and Classification of Coordination Contracts within Forward and Revers Supply Chains. *Discussion Papers on Business and Economics*, No. 7/2011. University of Southern Denmark. [vid. 2013-05-11] ISBN 978-87-91657-50-4. Dostupné z: [http://static.sdu.dk/mediafiles/D/4/C/%7BD4CEF3B5-3C6C-49E5-B1C6-E480CF19B3F4%7Ddpbe7\\_2011.pdf](http://static.sdu.dk/mediafiles/D/4/C/%7BD4CEF3B5-3C6C-49E5-B1C6-E480CF19B3F4%7Ddpbe7_2011.pdf)

GOYAL, S. K., 1977. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem. *The International Journal of Production Research*, 1977, vol. 15, iss. 1, p. 107-111. ISSN 1366-588X.

GOYAL, S. K., 1988. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor: a comment. *Decision Sciences*, 1988, vol. 19, iss. 1, p. 236-241. ISSN 0011-7315.

GOYAL, S. K., 1995. A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: A comment. *European Journal of Operational Research*, 1995, vol. 82, iss. 1, p. 209-210. ISSN 0377-2217.

GOYAL, S. K., and Y. P. GUPTA, 1989, Integrated inventory models: the buyer-vendor coordination. *European Journal of Operational Research*, 1989, vol. 41, iss. 3, p. 261-269. ISSN 0377-2217.

HARRIS, F. W., 1913. How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management*, 1913, vol. 10, iss. 2, pp. 135-136.

HOQUE, M. A., and S. K. GOYAL, 2006. A heuristic solution procedure for an integrated inventory system under controllable lead-time with equal or unequal sized batch shipments between a vendor and a buyer. *International Journal of Production Economics*, 2006, vol. 102, iss. 2, p. 217-225. ISSN 0925-5273.

HORÁKOVÁ, H., and J. KUBÁT, 1998. *Řízení zásob: logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. Praha: Profess Consulting, 1998. ISBN 80-85235-55-2.

JABLONSKÝ, J., 2007. *Operační výzkum – kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44.

JOHNSON, L. A., and D. C. MONTGOMERY, 1974. *Operations research in production planning, scheduling, and inventory control* (Vol. 6). New York: Wiley.

KAPUSCINSKI, R., and S. TAYUR, 1998. A capacitated production-inventory model with periodic demand. *Operations Research*, 1998, vol. 46, iss. 6, p. 899-911. ISSN 0030-364X.

KARLIN, S., 1960. Dynamic inventory policy with varying stochastic demands. *Management Science*, 1960, vol. 6, iss. 3, p. 231-258. ISSN 1526-5501.

KARLIN, S., and H. SCARF, 1958. Inventory Models of the Arrow-Harris-Marschak Type with Time Lag *Studies in the mathematical theory of inventory and production*, 1958, iss. 1, p. 155. [vid. 2016-02-01]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Herbert\\_Scarf/publication/246534592\\_Inventory\\_models\\_of\\_the\\_Arrow-Harris-Marschak\\_type\\_with\\_time\\_lag/links/541c2ed0cf203f155b365f7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Herbert_Scarf/publication/246534592_Inventory_models_of_the_Arrow-Harris-Marschak_type_with_time_lag/links/541c2ed0cf203f155b365f7.pdf)

KIJIMA, M., and T. TAKIMOTO, 1999. A (T, S) inventory/production system with limited production capacity and uncertain demands. *Operations research letters*, 1999, vol. 25, iss. 2, p. 67-79. ISSN 01676377.

LADERMAN, J., S. B. LITTAUER, and L. WEISS, 1953. The inventory problem. *Journal of the American Statistical Association*. 1953, vol. 48, p. 718-732.

LEE, H. L., V. PADMANABHAN, and S. WHANG, 1997. The Bullwhip Effect in Supply Chains. *Sloan Management Review*. Spring 1997, vol. 38, iss. 3, p. 93-102. ISSN 15329194.

LEE, H. L., and M. J. ROSENBLATT, 1986. A generalized quantity discount pricing model to increase supplier's profits. *Management Science*, 1986, vol. 32, iss. 9, p. 1177-1185. ISSN 1526-5501.

METTERS, R., 1997. Production planning with stochastic seasonal demand and capacitated production. *IIE transactions*, 1997, vol. 29, iss. 11, p. 1017-1029. ISSN 0740-817X.

MODIGLIANI, F., and F. E. HOHN, 1955. Production planning over time and the nature of the expectation and planning horizon. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 1955, 46-66. ISSN 0012-9682.

MORTON, T. E., and D. W. PENTICO, 1995. The finite horizon nonstationary stochastic inventory problem: Near-myopic bounds, heuristics, testing. *Management Science*, 1995, vol. 41, iss. 2, p. 334-343. ISSN 1526-5501.

PENTICO, D. W., and M. J. DRAKE, 2011. A survey of deterministic models for the EOQ and EPQ with partial backordering. *European Journal of Operational Research*, 2011, vol. 214, iss. 2, p. 179-198. ISSN 0377-2217.

PERNICA, P., 2005. *Logistika pro 21. století*. 1. vyd. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.

PUJAWAN, I. N., and B. G. KINGSMAN, 2002. Joint optimisation and timing synchronisation in a buyer supplier inventory system. *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 2002, vol. 8, iss. 2, p. 93-110. ISSN 1082-1910.

RAO, U., A. SCHELLER-WOLF, and S. TAYUR, 1999. Development of A Rapid-Response Supply Chain at Caterpillar. *Operations Research*, 1999, vol. 48, iss. 2, p. 189. ISSN 0030-364X.

ROSLING, K., 1989. Optimal inventory policies for assembly systems under random demands. *Operations Research*, 1989, vol. 37, iss. 4, p. 565-579. ISSN 0030-364X.

SARI, D. P., A. RUSDIANSYAH, and L. HUANG, 2012. Models of joint economic lot-sizing problem with time-based temporary price discounts. *International Journal of Production Economics*, 2012, vol. 139, iss. 1, p. 145-154. ISSN 0925-5273.

SARMAH, S. P., D. ACHARYA, and S. K. GOYAL, 2006. Buyer vendor coordination models in supply chain management. *European Journal of Operational Research*, 2006, vol. 175, iss. 1, p. 1-15. ISSN 0377-2217.

SETHI, S. P., and F. CHENG, 1997. Optimality of (s, S) policies in inventory models with Markovian demand. *Operations Research*, 1997, vol. 45, iss. 6, p. 931-939. ISSN 0030-364X.

SIXTA, J., and M. ŽIŽKA, 2009. *Logistika – používané metody*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2009. ISBN 978-80-251-2563-2.

SONG, J. S., and P. ZIPKIN, 1993. Inventory control in a fluctuating demand environment. *Operations Research*, 1993, vol. 41, iss. 2, p. 351-370. ISSN 0030-364X.

SPECK, C. J., and J. VAN DER WAL, 1991a. The capacitated multi-echelon inventory system with serial structure: 1. The 'push ahead'-effect, *Memorandum COSOR*, 91-39.

SPECK, C. J., and J. VAN DER WAL, 1991b. The capacitated multi-echelon inventory system with serial structure: 2. An average cost approximation method. *Memorandum COSOR*, 91-40.

SPENGLER, J., 1950. Vertical integration and antitrust policy. *Journal of Political Economy*, 1950, iss. 58, p. 347-352. ISSN 0022-3808.

TAYUR, S. R., 1993. Computing the Optimal Policy for Capacitated Inventory Models. *Communication in Statistics, Stochastic Models*, 1993, vol. 9, iss. 4, p. 585-598. ISSN 0882-0287.

TSAY, A. A., 1999. The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives. *Management science*, 1999, vol. 45, iss. 10, p. 1339-1358. ISSN 1526-5501.

VANĚČEK, D., 2008. *Řízení dodavatelského řetězce*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008. ISBN 978-80-7394-078-2.

WAGNER, H. M., and T. M. WHITIN, 1958. Dynamic version of the economic lot size model. *Management science*, 1958, vol. 5, iss. 1, p. 89-96. ISSN 1526-5501.

WENG, Z. K., 1995. Modeling quantity discounts under general price-sensitive demand functions: optimal policies and relationships. *European Journal of Operational Research*, 1995, vol. 86, iss. 2, p. 300-314. ISSN 0377-2217.

WILSON, R. H., 1934. A scientific routine for stock control. *Harvard Business Review*, 1934, vol. 13, iss. 1, pp. 116-128. ISSN 0017-8012.

ZIPKIN, P., 1989. Critical number policies for inventory models with periodic data. *Management Science*, 1989, vol. 35, iss. 1, p. 71-80. ISSN 1526-5501.

# Bibliografie

LAMBERT, M. D., J. R. STOCK, and L. M. ELLRAM, 2000. *Logistika*. 1. vydání. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.

OLHAGER, J., 2012. The role of decoupling points in value chain management. In *Modelling Value*, Selected Papers of the 1<sup>st</sup> International Conference on Value Chain Management, p. 37-47. Physica-Verlag HD, 2012. ISBN 978-3-7908-2746-0.

SIXTA, J., and V. MAČÁT, 2005. *Logistika – teorie a praxe*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

## Vlastní publikace související s tématem

SYNÁKOVÁ, L., 2017. Production smoothing and cost performance in a production-inventory system. *Journal of Competitiveness*, 2017, roč. 9, č. 1. ISSN 1804-1728.

SYNÁKOVÁ, L., 2016. Vliv stabilizace výroby na náklady dodavatelského řetězce s omezenou výrobní kapacitou a s možností kumulace nedodělků. *Trendy v podnikání*, 2016, roč. 6, č. 3, s. 36-47. ISSN 1805-0603.

SYNÁKOVÁ, L., 2013. Cena ve vztahu B2B a v dodavatelském řetězci. In: *Recenzovaný sborník příspěvků vědecké interdisciplinární mezinárodní vědecké konference doktorandů a odborných asistentů QUAERE 2013 [CD-ROM]*. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, 2013. ISBN 978-80-905243-7-8.

SYNÁKOVÁ, L., 2013. Analýza zásob v dvouúrovňovém dodavatelském řetězci. In: *IMEA 2013 [CD-ROM]*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-696-7.

## Další publikace

SYNÁKOVÁ, L., 2012. Teorie parity kupní síly na příkladu vybraných středoevropských měnových kurzů. In: *MEKON 14<sup>th</sup> International Conference [CD-ROM]*. Ostrava: Ekonomická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2552-6.

SYNÁKOVÁ, L., 2011. Purchasing KPIs. In: *8<sup>th</sup> International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers [CD-ROM]*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2011. ISBN 978-80-7454-013-4.

SYNÁKOVÁ, L., 2011. Strategie a měření výkonnosti. In: *MEKON 13<sup>th</sup> International Conference [CD-ROM]*. Ostrava: Ekonomická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2372-0.