



Hodnocení efektivity metod předpovědi poptávky

Diplomová práce

Studijní program:

N0413A050007 Podniková ekonomika

Studijní obor:

Management podnikových procesů

Autor práce:

Bc. Jurij Kostyk

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jakub Dyntar, Ph.D.

Katedra podnikové ekonomiky a managementu





Zadání diplomové práce

Hodnocení efektivity metod předpovědi poptávky

Jméno a příjmení: **Bc. Jurij Kostyk**
Osobní číslo: E21000411
Studijní program: N0413A050007 Podniková ekonomika
Specializace: Management podnikových procesů
Zadávající katedra: Katedra podnikové ekonomiky a managementu
Akademický rok: **2021/2022**

Zásady pro vypracování:

1. Definice logistiky.
2. Logistické plánování.
3. Představení společnosti.
4. Analýza prodejních dat z minulosti.
5. Stanovení typu poptávky a její pravidelnosti v čase.
6. Stanovení předpovědi poptávky a její chyby.
7. Shrnutí výsledků a diskuze.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

65 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- DYNSTAR, Jakub, 2018. *Návrh a optimalizace dodavatelských systémů s využitím dynamické simulace*. Praha: FinEco. ISBN 978-80-86590-15-8.
- GROS, Ivan, Ivan BARANČÍK a Zdeněk ČUJAN, 2016. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-952-5.
- GROS, Ivan a Jakub DYNSTAR, 2015. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*, 2nd ed. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-910-5.
- CHRISTOPHER, Martin, 2016. *Logistics and Supply Chain Management*. 5th ed. United States of America: FT Press. ISBN 9781292083797.
- PROQUEST, 2021 *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2021-09-26]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz>
- RUSHTON, Alan, Phil CROUCHER and Peter BAKER, 2014. *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. 5th ed. Great Britain: Kogan Page Publishers. ISBN 9780749476779.

Konzultant: Eva Dvořáková (Head of Production Logistics)

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jakub Dyntar, Ph.D.
Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Datum zadání práce:

1. listopadu 2021

Předpokládaný termín odevzdání:

31. srpna 2023

doc. Ing. Aleš Kocourek, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Eva Štichhauerová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

14. června 2022

Bc. Jurij Kostyk

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na problematiku předpovědi poptávky, která je zasazena do logistického fungování podniku Knorr-Bremse. V teoretické části je představení teoretických východisek a použitých pojmů v oblasti logistiky a plánování. Zároveň je zde vysvětleno, jak fungují specifické procesy v dané společnosti oproti očekávané praxi. Hlavní část se zabývá rozбором logistického systému a jeho fungováním ve vybrané firmě. Na to plynule navazuje rozbor prodejních dat z minulosti, na jehož základě je vytvořena předpověď poptávky pro další období. Pomocí několika kvantitativních metod je naznačen očekávaný vývoj prodejů a z těchto metod je vybrána ta, která nejlépe odpovídá potřebám firmy. Závěrem jsou přidány návrhy na zlepšení použitých systémů, které vycházejí z problémů vyskytnuvších se při zavádění systému.

Klíčová slova

Předpověď poptávky, kvantitativní metody, kvalitativní metody, firemní logistika, statistické ukazatele, informační systémy, řízení podniku, distribuční kanály, push a pull principy, metody předpovědi, regresní analýza, sezónní indexy, cyklická poptávka, sezóna, trend, milk run

Abstract

Master thesis focuses on forecasting demand as a part of a logistics process in the company Knorr-Bremse. In the theoretical part are an introduction of the backup information and expressions used in the thesis and an explanation of certain processes how they work within Knorr-Bremse and how is it supposed to be according to the general theories. Main part is based on an analysis of logistics system and how it works. It is followed by examination of sales data from the past on which is built a demand forecast. Thanks to a couple of quantitative methods has been created an estimated guess and among these methods the most accurate has been picked. The final part consists of a prediction for the upcoming period and some recommendations for the future development and for improvement of built-in systems.

Key Words

Demand forecast or estimation, quantitative methods, qualitative methods, corporate logistics, statistical indexes, IT systems, enterprise management, push principle, pull principle, methods of estimation, regressive analysis, seasonal indexes, cyclic demand, season, trend, milk run

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	15
1. TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1 DEFINICE LOGISTIKY A JEJÍ MODERNÍ POJETÍ.....	16
1.1.1 <i>Všeobecné pojetí logistiky</i>	16
1.1.2 <i>Moderní pojetí logistiky</i>	17
1.1.3 <i>Distribuční kanály a incoterms</i>	19
1.1.4 <i>Push a Pull princip</i>	22
1.2 ODPOVĚDNOSTI ODDĚLENÍ A JEJICH VLIV NA LOGISTIKU SPOLEČNOSTI	24
1.2.1 <i>Oddělení plánování výroby a logistiky</i>	24
1.2.2 <i>Oddělení financí a účetnictví</i>	25
1.2.3 <i>Oddělení nákupu</i>	25
1.2.4 <i>Oddělení kvality a VaV</i>	26
1.2.5 <i>Oddělení prodeje a marketingu</i>	26
1.2.6 <i>Oddělení lidských zdrojů, informačních technologií a údržby</i>	27
1.3 LOGISTICKÉ PLÁNOVÁNÍ A INFORMAČNÍ SYSTÉMY	27
1.3.1 <i>Řízení toku informací a uskladnění dat</i>	27
1.3.2 <i>Logistické plánování a předpověď poptávky</i>	30
2 PRAKTICKÁ ČÁST	41
2.1 O SPOLEČNOSTI.....	41
2.2 POPIS STARÉHO LOGISTICKÉHO SYSTÉMU.	42
2.3 IBP.....	50
2.4 POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ	56
2.5 POPIS OBJEDNÁVKOVÉHO TOKU OES.....	58
2.6 PŘEDPOVĚĎ V PŮVODNÍM SYSTÉMU.....	59
2.7 PŘEDPOVĚĎ V AKTUÁLNÍM SYSTÉMU.....	60
2.8 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ PŘEDPOVĚDI	61

2.9	KONEČNÉ SROVNÁNÍ	64
2.10	PŘEDPOVĚĎ NA DALŠÍ OBDOBÍ	67
ZÁVĚR	69
CITOVANÉ ZDROJE A LITERATURA	73

Seznam Tabulek

Tabulka 1 – Měsíční podíl výroby ročního objemu	45
Tabulka 2 - Matice pro výpočet TD faktoru.....	52
Tabulka 3 - Kvalitativní hodnocení dodavatele	54
Tabulka 4 - Přiřazení indexové hodnoty	54
Tabulka 5 - Prodeje v roce 2019	58
Tabulka 6 - Předpověď pomocí původní metody pro rok 2020	59
Tabulka 7 - Předpověď v systému IBP pro rok 2021	61
Tabulka 8 - Předpověď pomocí naivní metody	62
Tabulka 9 - Regresní analýza vybraných dílů	62
Tabulka 10 - Metoda lineární regrese s ohledem na sezónní indexy	63
Tabulka 11 - Předpověď pomocí klouzavých průměrů	64
Tabulka 12 - Vyhodnocení přesnosti na vybraných dílech	65
Tabulka 13 - Výskyt nejpřesnějších hodnot	66
Tabulka 14 - Porovnání přesnosti předpovědi a skutečnosti pro třicáté sedmé zkoumané období	67

Seznam obrázků

Obrázek 2 - Graf chování ceny při změně poptávky při rigidní nabídce	23
Obrázek 1 - Vennův diagram uspořádání informací v rámci firmy Knorr-Bremse	29
Obrázek 3 - Tok materiálu a informací ve sledované firmě.....	42
Obrázek 4 - Tok informací a pokynů v rámci řízení podniku	47
Obrázek 5 - Implementace IBP do řízení podniku	50

Seznam zkratek

Zkratka	Původ	Český překlad
(I)AM	<i>(Internal) After Market</i>	Výroba náhradních dílů
(p)CRM	<i>(personalized) Customer Relation Management</i>	Řízení odběratelského vztahu
AI	<i>Artificial Intelligence</i>	umělá inteligence
APS	<i>Advanced Planning Scheduling</i>	Rozšířené plánování
AR	<i>Augumented Reality</i>	rozšířená realita
BOMP	<i>Bill of Material Processing</i>	Kusovník
CFR	<i>Cost And Freight</i>	Náklady a doprava
CIF	<i>Cost Insurance and Freight</i>	náklady, pojištění a přepravné
CIP	<i>Carriage and Insurance Paid To</i>	zajištění dopravy a pojištění
CPT	<i>Carriage Paid To</i>	se zaplaceným dopravným
CVS	<i>commercial vehicle systems</i>	systemy pro užitková vozidla

DAP	<i>Delivery At Place</i>	s dodáním na místo určené
DDP	<i>Delivery Duty Paid</i>	se zajištěním celních podmínek
DES	<i>Double Exponential Smoothing</i>	Holtova metoda
DPA	<i>Demand Planning Accuracy</i>	Přesnost plánování předpovědi
DPU	<i>Delivery at Place Unloaded</i>	dodání s vykládkou na místo určené
ERP	<i>Enterprise Resource Plannig</i>	Plánování podnikových zdrojů
EXW	<i>Ex-Works</i>	ze závodu
FAS	<i>Free Alongside Ship</i>	doručení k lodi
FCA	<i>Free Carrier</i>	vyplaceně dopravci
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>	Řízení rizik
FOB	<i>Free On Board</i>	doručení na palubu
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>	Mezinárodní smlouva automotive
IBP	<i>Integrated Business Planning</i>	Integrované plánování podniku

Incoterms	<i>International Commercial Terms</i>	Mezinárodní komerční podmínky
IoT	<i>Internet of Things</i>	Internet věcí
JIT	<i>Just In Time</i>	V přesný čas
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>	klíčový ukazatel výkonu
MAD	<i>Mean Absolute Deviation</i>	Průměrná absolutní odchylka
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>	Průměrná procentuelní chyba
MOP	<i>Money Oriented Planning</i>	Plánování se zaměřením na peníze
MOQ	<i>Minimum Order Quantity</i>	Minimální objednávací množství
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>	Plánování požadavku materiálu
MSE	<i>Mean Square Error</i>	Průměrná kvadratická chyba
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>	Originální díly k výrobcí
OES	<i>Original Equipment Supplier</i>	Originální díly k dodavateli
OOH	<i>Orders On Hand</i>	Vystavené objednávky

PAFF	<i>Planned Adjusted Final Forecast</i>	Plánovaná předpověď
PLM	<i>Product Life Management</i>	Řízení životního cyklu produktu
R&D	<i>Research and Development</i>	Výzkum a vývoj
RPI	<i>Reliability Priority Index</i>	Index spolehlivosti
SCM	<i>Supply Chain Management</i>	Řízení dodavatelského řetězce
SES	<i>Simple Exponential Smoothing</i>	Jednoduché exponenciální vyrovnání
STRAP	<i>Strategic Planning</i>	Strategické plánování
TES	<i>Tripple Exponential Smoothing</i>	Holtova-Wintersova Metoda
VBA	<i>Visual Basic for Aplication</i>	Klient pro programování aplikace

Úvod

Autorovo rozhodnutí pro tvorbu této práce plynulo z osobní pracovní zkušenosti ve společnosti, jejíž systém je v rámci práce popisován. Jeho zavádění provázelo mnoho času stráveného kontrolou dat, reportováním odchylek od očekávaného výstupu a hledáním příčin nalezených neshod. Principem tohoto systému mělo být ve své podstatě zlepšení spolupráce společnosti s dodavateli i zákazníky. Hlavní výhoda jeho zavedení spočívala v úspoře práce pro oddělení plánování a logistiky, a naopak širší kompetence pro nákupní oddělení, kvalitu sales a finanční oddělení. Na tato oddělení byla převáděna odpovědnost v podobě řízení dodavatelů k lepším výstupům nebo jednání o cenách a projektech s odběrateli. Kvantifikovat úspěšnost systému není zcela jednoduché, jelikož jeho fungování je propojeno s mnoha ukazateli. Proto byl primární záměr této práce směřován k oblasti plánování. Cílem práce je věrně popsat logistický tok informací, materiálu, peněz a jiných zdrojů v rámci firmy a jejich stakeholderů. Toho bylo dosaženo pomocí kvantitativních metod v rámci rozboru prodejů z předchozích let. Byly vybrány takové metody, aby odpovídaly co nejvíce požadavkům firmy při zachování náročnosti a přesnosti. Kromě toho je stěžejní myšlenkou zhodnocení kvalitativní úrovně tohoto systému i nově zavedeného systému, který je stavěn na odlišné koncepci. Pozornost je zaměřena na systém předpovědi poptávky pro vybrané produkty firmy. Nabízelo se vytvořit rozbor toho, jak moc se firmě zavedení nového objednávacího systému podařilo, co by se v něm dalo zlepšit, najít případné alternativy k nevhodně zvoleným metodám a porovnat nové postupy s již fungujícím konceptem. Nakonec je zhodnocen i celkový přínos pro firmu, jelikož je v rámci veškerých projektů kladen důraz na minimalizaci nákladů. Je tedy vytvořena hypotéza o době, kterou bude muset projekt projít, než bude výnosný. Zároveň je nutné pro testování zohlednit veškeré dostupné parametry, jako je přesnost odhadu, skutečná časová úspora pro zaměstnance firmy nebo finanční úspora celkového projektu. Práce je dělena na dvě navzájem propojené části. V teoretické části jsou popsána východiska a termíny použité v praktické části. Pro ně jsou zmíněny i příklady vycházející z dat a informací analyzované firmy. Veškerá rešerše zahrnuje informace z oblasti logistiky a projektového řízení. Praktická část hodnotí sesbíraná data a vysvětluje aplikace různých modelů. Data jsou pro potřeby práce generována z firmy Knorr-Bremse. Na žádost konzultantky paní Evy Dvořákové byla upravena a změněna tak, aby je nebylo možné ať už konkurencí nebo kýmkoliv externím zneužít.

1. Teoretická část

Východisky pro správné řízení logistiky jsou správně sesbíraná a relevantně implementovaná data do předepsaných systémů a procesů. V této části jsou všechny tyto nezbytnosti popsány s tím, že je zde vysvětlena terminologie používaná v rámci sledované firmy. Ta se později velice významně objevuje v praktické části práce.

1.1 Definice logistiky a její moderní pojetí

Pro podstatu řízení firmy je nezbytné mít kontrolu nad tokem informací, zboží, peněz a zaměstnanců ve vztahu ke všem stakeholderům firmy. Objem takto spravovaných dat vyžaduje systematický přístup k práci s nimi. Historie termínu „*logistika*“ se odvíjí z francouzského slova *logistique* a tento termín byl poprvé použit, stejně jako velká spousta jiných inovací, ve vojenském průmyslu. V té době šlo o potřebu zajistit zásobování vojákům (Bazala, 2014).

1.1.1 Všeobecné pojetí logistiky

Ve světě, kde každý nosí zařízení, ve kterém má na dosah ruky prakticky neomezené množství informací je klíčové, aby uměly společnosti reagovat rychle na měnící se prostředí. Tato dovednost firmě dává přídavné jméno agilní. V oboru logistiky je přesně tato vlastnost nesmírně ceněna, jelikož základem celé logistiky je umět zajistit dodávku správného zboží v odpovídající kvalitě na přesnou lokaci konkrétnímu zákazníkovi za předem domluvenou sumu za dané množství včas. Každou z těchto podmínek lze nějakým způsobem monetarizovat a převést na náklady. Tím může být stanoven ukazatel definující kvalitu logistického řetězce (Zielske a Held, 2022).

Předpoklad správného fungování logistiky je postaven na dvou protichůdných silách, a to na zákaznických požadavcích, které fungují jako externí jev na podnik a naproti tomu jdoucí náklady na uspokojení těchto požadavků, které jsou v zájmu firmy tlačeny na co nejnižší úroveň. Jak správně je tato rovnováha ve firmě nastavena je vidět na mnoha ukazatelích. Nejzjevnější se nabízí výsledek hospodaření, který je sledován mnoha stakeholdery. Ne všichni z nich tento ukazatel berou jako klíčový. Manažeři ve firmě mají přiřazované zodpovědnosti za vybrané úseky a oddělení. Jejich snahou je splnit ukazatele KPI (z *angl. Key Performance Indicator*), což jsou ve

volném překladu výstupy kvantifikované do jedné nebo soustavy proměnných sledujících vývoj daného oddělení, za které je manažer zodpovědný. Z toho vyplývá, že jsou tací, jejichž prací je náklady navyšovat na úkor zisku. Manažer výroby má ku příkladu KPI v podobě vyrobených produktů za směnu, což znamená vyrábět bez zmetků a přestávek. K tomu je potřeba mít skladové zásoby, aby bylo plynule zajištěná výroba. To však obratem zhoršuje KPI logistického oddělení, které má sledovat minimální hodnotu zásob na skladě, aby bylo eliminované plýtvání. Když se k těmto interakcím zapojí manažeři nákupu, prodeje, financí, kvality a plánování, tak tu vzniká sada protívah, které se vzájemně korigují (Klabusayová, 2019).

Problematika logistických informačních toků je velice rozsáhlá a neustále se rozšiřující. S přibývajícími technologiemi vznikají nové možnosti uspořádání, interakcí, výpočtů a fungování v rámci firmy. Trend průmyslu 4.0, který si klade za cíl eliminaci potřeby lidské práce, a naopak rozvoj navzájem komunikujících strojů, je toho jasným důkazem. I když je toto téma v období let 2015 a dál velice často skloňované velkými firmami (především v oblasti automotive), jeho dosažitelnost do podoby, v jaké byl zamýšlen v době tvorby této práce, nebyla technologicky možná. I přes přítomnost rychlé sítě 5G a procesorů se schopností zpracovávat až 5,5 miliard bitů za vteřinu je proveditelnost vetována náklady spojenými s pořízením takto komplexních a výkonných zařízení. Proto aby mohla firma fungovat v průmyslu 4.0 je potřeba zajistit, aby tomu byl celý dodavatelsko-odběratelský řetězec přizpůsoben, což je hlavní překážkou pro možnost úplné implementace tohoto systému. Na druhou stranu lze velice pohodlně automatizovat procesy uvnitř firmy tak, aby byla zapotřebí pouze její minimální údržba ze strany lidí (Technodat, 2018).

1.1.2 Moderní pojetí logistiky

V současné době je ve světové ekonomice mnoho trendů, které se prolínají i do logistiky. Jsou to přístupy využívající výpočetních technologií pro zrychlení a zpřesnění řízení dodavatelských řetězců. Nejčastější termíny rezonující napříč všemi procesy je AI (z *angl. Artificial Intelligence*), tedy umělá inteligence, 5G sítě, digitální dvojče, edge computing, globalizace a automatizace. Všechny zmiňované jevy jsou na sebe navázány a dohromady představují to, co je pro lidi obecně atraktivní: získat s minimem úsilí maximálního výsledku. Aby mohl podnik těchto jevů využít, musí být dostatečně připravený na překážky, které jsou s nimi spojeny. Základem všeho je v první

řadě zajištění informační sítě pro bezchybný a rychlý tok dat. Ten je zprostředkováván pomocí moderních 5G sítí umožňujících využívat vysoko-rychlostních bezdrátových přenosů dat. S globalizací totiž přichází veliké množství požadavků, variant, možností nebo modelů jednotlivých výrobků. Aby bylo zabezpečeno maximální uspokojení zákaznických potřeb, je nezbytné umět agilně reagovat na jeho nároky. Stejně tak je tomu u dodavatelů, kteří vyžadují spolehlivé informace o potřebách firmy, aby je mohli také naplnit. K tomu jim dopomáhají různé integrační software, které vytváří souhrnnou datovou komunikaci mezi dodavatelem a odběratelem bez prodlev (Wanga et al., 2021).

Integrace informačních systémů je také důležitá pro automatizaci, která díky výpočetní technice nabývá na relevanci. S dostatečným množstvím dat a dobře zabezpečenou informační sítí je možné nastavit algoritmy, které pomocí vyhodnocování sbíraných dat dokáží postupně popisovat chování firmy a upozorňovat uživatele na hrozící rizika ve vztahu k dodavatelům nebo zlepšovat a urychlovat procesy ve firmě. Automatizace umožňuje nahrazovat lidskou práci strojem, který je levnější, výkonnější a spolehlivější. Hlavními důvody, proč nejsou stroje místo lidí na všech pozicích je nedostatek zdrojů na pořízení strojů, nedokonalost propojení dodavatelů a odběratelů, a také je potřeba lidskou práci pro údržbu strojů. Pro dosažení plně automatického procesu je nezbytnou nutností strojové učení vycházející z umělé inteligence. Jak bylo řečeno, úplná automatizace není reálná, kvůli údržbě strojů. Za tím se skrývá i řešení nestandardních situací, které počítače neumějí nativně vyhodnocovat a řešit. Umělá inteligence poskytuje strojům možnost si tyto situace zapamatovat a naučit se je řešit. Tím je posouvá dále k fungování, které bude na lidech méně závislé (Ramachandrana et al., 2021).

K práci s daty lze přistupovat několika způsoby. Na jedné straně je tu *Cloud computing*, tedy výpočty prováděné na serverech, které nejen schraňují informace, ale zároveň provádějí výpočty. Výhoda tohoto systému je v jednoduchosti datové sítě a rychlosti přenosu. Klientská aplikace, která je v zařízení jen čte a upravuje data, ale samotné výpočty v této aplikaci neprobíhají. Na tomto principu je v praktické části popsán systém IBP, který přijímá a zpracovává data na velkém úložišti a uživatelé z něj mohou informace obratem čerpat a odesílat je zpět. Pro potřeby logistiky i sledované firmy je to optimální řešení, protože to šetří čas i práci pro koncové aplikace. *Edge computing* funguje na principu serverů primárně jako úložišť, a nikoliv hlavních výpočetních entit.

Pro urychlení datového toku jsou na *cloud* nebo jiné online uložení odesílána pouze ta nejnужnější data, ale samotné výpočty probíhají na jednotlivých stanicích (Rui et al., 2022). Na této bázi je možné postavit systém autonomních vozidel, které mají dostatečnou výpočetní kapacitu pro samostatné fungování. Komunikace se serverem probíhá pouze pro získání informací od ostatních zařízení (např. o dopravní situaci), ale samotné plánování trasy a řízení probíhá v hardware automobilu. V tomto případě je zařízení připojené k síti, ale hlavní procesy jsou řízeny individuálně každým vozidlem zvlášť. V logistice se velice často objevují obě metody v závislosti na činnosti, kterou bylo nutné zasíťovat (Di a Shi, 2021).

Aplikace moderních technologií se objevuje i v termínu digitální dvojče. Tato metoda je založena na bázi simulace, takže je možné pracovat bez toho, aniž by bylo nutné mít objekt fyzicky dostupný. Celý princip je založený na digitalizaci veškerých procesů do posledního detailu a následném zápisu sbíraných dat do datové sběrnice. Shromažďování informací může probíhat pomocí senzorů, kamer, čidel, gyroskopů, akcelerometrů a dalších jednotek zaznamenávající události z reálného světa. Následně jsou data převedena do simulačního software, ve kterém je předpis fungování vybraného procesu. Výsledkem je vytvoření věrné digitální kopie vybrané struktury, která koresponduje se skutečnou jednotkou. Na tomto digitálním klonu je možné provádět simulace a výpočty, aniž by bylo potřeba skutečný stroj nebo proces spouštět. Díky rozšířené realitě neboli AR (z *angl. Augmented reality*) lze tyto simulace předvádět na skutečných místech nebo ve skutečném prostředí. Tím lze plánovat skladování, organizaci strojů nebo uspořádání výroby, aniž by se manipulovalo s těžkými předměty. Z toho plyne úspora peněz, času i jiných zdrojů. Horizontální i vertikální integrace hardware je propojená systémem IoT (z *angl. Internet of Things*). Pomocí *cloud computing* nebo *edge computing* mají stroje možnost mezi sebou komunikovat a vytvářet síť, která nese veliké objemy dat, tzv. *Big Data*. Tyto informace mohou pocházet z mnoha firem, které jsou v systému zapojeny. Tím je možné centrálně řídit dodavatelský řetězec a mít kontrolu nad jeho fungováním (Wang et al., 2022).

1.1.3 Distribuční kanály a incoterms

Z univerzálních mezinárodních dohod vyplývá názvosloví používané značnou částí firem, které pod sebou skrývá přesný postup či popis činnosti. To vede ke standardizaci, což usnadňuje

komunikaci mezi subjekty. Z hlediska automotive se pro prodej zboží používá termín distribuční kanály. Ty rozdělují poptávku podle způsobu, jakým se chová. Incoterms jsou dodací podmínky, které jsou smluvně vázány a jedná se o stanovení toho, jakou metodou bude materiál zákazníkovi fyzicky doručen (Nechaev et al., 2021).

Existují tři běžně používané distribuční kanály. OEM (z *angl. Original Equipment Manufacturer*) je zboží dodávané zákazníkům, kteří jej používají dále ve výrobě. Může se jednat o podsestavy, více či méně obrobený materiál nebo celé hotové jednotky montované do finálních zařízení. Objednání probíhá na základě dlouhodobých projektů, které jsou předem plánovány a jejich celkový rozsah je předem (alespoň přibližně) domluven. Z toho vychází, že tento způsob objednávání je pro výrobce nejatraktivnější díky velkým objemům, nízké fluktuaci objednávek a celkové stabilitě zakázek. Na druhou stranu váže výrobce k dodržování smluvních podmínek i za okolností, kdy nastane nečekaná situace, kterou mohl svět v posledních letech zažít již mnohokrát v podobě pandemie viru SARS-Cov-19 nebo politicko-válečného konfliktu na východě Evropy. Zboží, které zákazník objednává sporadicky nebo nad rámec sjednaných projektů je řazeno do kategorie OES (z *angl. Original Equipment Supplier*). Je možné, aby stejný díl byl dodáván stejnému zákazníkovi, ale za jinou cenu. Vyplývá to právě z rozdílných distribučních kanálů, jejichž smlouvy stanovují cenu zboží a ve většině případů se tyto ceny liší. Důvod je v tomto případě schovaný pod objednacím množstvím. Menší množství je náročnější na plánování, podléhá náhlým změnám od dodavatelů a z toho důvodu je mimo jiné nutné jej déle skladovat, což s sebou rovněž nese nemalé náklady. I přesto toto množství není zanedbatelné a je nutné jej do plánování zahrnovat. Charakter této poptávky naznačuje, že jsou odhady nejméně spolehlivé ze všech distribučních kanálů z čehož plyne technická i kapacitní náročnost na jejich řízení. Poslední typ distribuce zboží je (I)AM (z *angl. (Internal) After Market*), což je výroba tzv. „*Na police*“ a na rozdíl od zbylých dvou typů je tento možné vyrábět jak push, tak pull principem, jelikož je možné toto zboží vyrábět na objednání distributora, řetězce nebo interní poptávkou. A stejně tak se stává, že se díl vyrobí nad poptávané množství z důvodu nevhodně zvoleného postupu plánování nebo protože byly objednávky OES náhle poníženy, když už byla výroba započata a podobně. V ten moment je zboží nabídnuto k prodeji, tedy tlačeno na trh (Ajeya, 2018).

Tzv. Incoterms (z *angl. International Commercial Terms*) jsou způsoby, kterými je zboží doručováno od dodavatele k zákazníkovi. Stanovuje okamžiky, kdy přechází odpovědnost za zboží a dokumentaci z dodavatele na doručovatele a později od doručovatele k zákazníkovi. Jedná se o mezinárodně uznávané ustanovení standardizující nároky a povinnosti zúčastněných stran, aby bylo zajištěno právní krytí všech zúčastněných. Nejčastěji používané incoterms jsou:

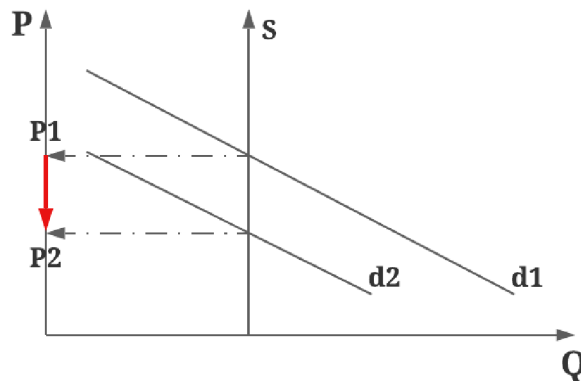
- EXW (*Ex-Works*) – ze závodu. Tento případ zbavuje dodavatele odpovědnosti hned poté, co jej připraví tzv. na práh svého závodu. V momentě převzetí veškerá zodpovědnost přechází na odběratele,
- DAP (*Delivery At Place*) – s dodáním na místo určené. Zde se zákazník ujímá veškerých rizik až při příjezdu na dané místo. Sám si zboží skládá, takže při chybné manipulaci a následném poškození již nese odpovědnost zákazník,
- DDP (*Delivery Duty Paid*) – se zajištěním celních podmínek. Je to identický druh předání zboží jako DAP s tím, že nese dodavatel odpovědnost za procesy spojené s proclením zboží,
- CIP (*Carriage and Insurance Paid To*) – zajištění dopravy a pojištění. Prodávající v tomto případě doručuje na dané místo a na svoje náklady zajišťuje pojištění i dopravu,
- DPU (*Delivery at Place Unloaded*) – dodání s vykládkou na místo určené. Jedná se o rozšířené DAP, kdy dodavatel zodpovídá i za vykládku zboží, a nejen doručení na místo,
- FCA (*Free Carrier*) – vyplaceně dopravci. Odpovědnost prodávajícího je předat zboží přepravní společnosti a zajistit jeho proclení,
- CPT (*Carriage Paid To*) – se zaplaceným dopravným. Stejně jako v předešlém případě je povinnost producenta zajistit proplacení nákladů na proclení, ale v tomto případě přibývají náklady na doručení. Odpovědnost stejně jako pro FCA přechází na zákazníka v momentě převzetí zboží,
- FAS (*Free Alongside Ship*) – doručení k lodi. Jakmile je zboží vedle přepravní lodi je riziko přeneseno na zákazníka,
- FOB (*Free On Board*) – doručení na palubu. Oproti předchozímu způsobu se tento posouvá o krok, kdy je zboží na palubě lodi. S tím se pojí odpovědnost za vývozní povolení a náklady s ním. S tím se posouvá i převzetí odpovědnosti až v momentě složení zboží na lodi,

- CFR (*Cost And Freight*) – Od způsobu FOB se neliší předávání odpovědnosti za zboží. Změna spočívá v povinnosti uhradit náklady spojené s doručením zboží na loď,
- CIF (*Cost Insurance and Freight*) – náklady, pojištění a přepravné. Ke způsobu CFR přibývají náklady na pojištění, ale zbytek zůstává stejný.

Ze všech výše zmíněných metod se nejčastěji používá Ex-Works. Pro dodavatele to znamená nejnižší možné náklady na dopravu, které přecházejí do režie zákazníka. Hlavní výhodou je pro zákazníka možnost uspořádat s přepravní společností tzv. *Milk run*. Tento termín pochází ze Spojených států amerických z dob, kdy na předměstích měst chovali farmáři krávy a dodávali mléko do místních mlékáren. Jejich objem byl však malý, a tak jezdil jeden řidič, který se zastavoval u jednotlivých domácností, kde bylo mléko nachystané v přeprávkách před domy. Řidič mléko vyzvednul a nechal na místo toho prázdné čisté nádoby, které farmáři následující den opět naplnili. Tímto způsobem byl zajištěn pravidelný odběr s minimálními náklady pro celý distribuční systém. Analogicky k tomu funguje *Milk run* s dodavateli. Ti zboží připraví k vyzvednutí a odběratel si postupně všechny dodavatele objezdí na jedné trase, převezme Gitter Boxy s materiálem a doveze zákazníkovi (TNT.cz).

1.1.4 Push a Pull princip

Termíny *Push* a *Pull* jsou v této práci již několikrát zmíněné. Jedná se o princip výroby, který staví na tom, odkud jde hlavní stimul pro výrobu. Obě slova jsou z anglického překladu tlak a tah. Tyto přístupy jsou protichůdné a oba mají své výhody i obstrukce. Push princip staví na předpokladu, že co je vyrobeno, to se i prodá. Výroba tlačí na prodej, který je více soustředěný na kvantitu prodaného zboží než na cenu spojenou s jednotlivými kusy. Hlavní předností tohoto postupu je v tom, že výroba může být nastavena na pravidelný rytmus bez nutnosti přizpůsobení se změnám zákazníků. Z úvahy, že poptávka po zboží je klesající funkce lze však odvodit, že klesne-li tato poptávka, tak při stejném množství klesne cena prodávaného zboží (viz obrázek 2) (Kraft et al., 2019).



Obrázek 1 - Graf chování ceny při změně poptávky při rigidní nabídce

Zdroj: Vlastní zpracování z Kraft, 2019 str. 35

V grafu je P cenová hladina, Q referenční množství, s je nabídka zboží, která je v tomto případě rigidní a d_1 a d_2 jsou úrovně poptávky. Z tohoto jednoduchého modelu plyne, že aby bylo zboží push principem prodáno za všech okolností, není možné zajistit stálost prodejní ceny. Při tomto způsobu dochází k velkému plýtvání v podobě nákladů na skladování zboží, nadvýroby nebo neefektivního využívání zdrojů (Jurová, 2016).

Opačně princip pull je výroba, která je tažena zákaznickými požadavky. Její hlavní výhodou je maximální až naprostá eliminace plýtvání a flexibilita v plánování při reagování na zákaznické požadavky. Je kladen důraz především na správné načasování a množství. Ideální případ je metoda plánování JIT – *just in time*, což je plánování výroby na čas, kdy neexistuje ve firmě skladové hospodářství, ale je dodáván materiál, který je výrobou okamžitě konzumován. Zajištění stabilních zásob leží na bedrech dodavatelů, se kterými jsou sjednávány konsignační sklady, což je typ skladu, kdy si dodavatel drží materiál na svém skladě a je připravený pro potřeby zákazníka. Zároveň je majitelem tohoto zboží, takže zákazník nemusí platit náklady na jeho skladování. Značnou nevýhodou celého pull principu je omezení úzkým hrdlem (také často používaný výraz *bottle neck*), kdy není možné vyrobit více, než je kapacita nejpomalejšího z procesů, před kterým se může hromadit rozdělaný materiál nebo polotovary. U push principu tyto kapacitní potíže vyrovnávala období, kdy byla poptávka po zboží nižší a vrcholy byly pokryty již vyrobeným množstvím na

skladě. Avšak největším úskalím tahu je jeho náročnost na plánování a logistiku. Aby bylo možné zkoordinovat síť dodavatelů a subdodavatelů různých úrovní, je nutné mít dokonalý informační systém, spolehlivé dodavatele a dodržovat nejvyšší možnou přesnost (Jurová, 2016).

1.2 Odpovědnosti oddělení a jejich vliv na logistiku společnosti

Řízení podniku je proces, který musí zajistit fungování všech složek v podniku tak, aby bylo dosaženo cílů a vizí podniku. Obecně platí, že čím větší je podnik, tím komplikovanější je struktura řízení. O to více je pak i rozdělena zodpovědnost za jednotlivé procesy v podniku. V případě, že je řeč o středních a větších podnicích, je nutné mít přiřazené kompetence jednotlivým týmům, aby mohl jednatel, majitel či jiný statutární orgán společnosti řídit celý podnik nepřímo skrze prostředníky, v tomto případě manažery. Pro přiřazení odpovědnosti je nutné definovat období, pro které je plánování tvořeno. Operativní plánování je více improvizace než plánování, jelikož reaguje na aktuální situace. Plánování jako takové lze označovat až od krátkodobého plánování, které je ve většině případů bráno jako období do jednoho roku. Dlouhodobé plánování jsou několikaleté výhledy soustředující se na větší projekty, události a další faktory. Strategické plánování má na starosti vedení společnosti a zakládá se na vizi a misi samotné firmy (Synek, 2011).

1.2.1 Oddělení plánování výroby a logistiky

Hlavním oddělením spravujícím chod společnosti po produkční stránce je logistika a plánování. Jeho kompetence sahají od operativního po dlouhodobé plánování v závislosti na linii jednotlivých manažerů. Udávají na základě zákaznických požadavků množství potřebné pro výrobu, plánují směny, řídí materiálové potřeby v různých částech výroby nebo spravují skladové hospodářství. Mnohdy se zapomíná na řízení zásob balicího materiálu a vratných obalů (gitter boxů, palet, přepravek), které jsou nezbytné pro zajištění plynulé a bezpečné přepravy zboží a materiálu. V rámci oddělení se vše řídí principem 7s (původně německy 7r, kde slovo správný je nahrazeno slovem *richtig*):

1. Správný čas
2. Správné místo
3. Správný materiál, zboží či služba

4. Správné množství
5. Správná cena
6. Správný způsob
7. Správný zákazník, či klient

Platí, že každá služba má svoji cenu a oddělení logistiky musí zajistit, že zboží bude v bezpečí doručené a zároveň to bude za maximálně přijatelné náklady (Jirsák, 2012).

1.2.2 Oddělení financí a účetnictví

S řízením nákladů pomáhá logistice oddělení financí. Jeho hlavním účelem je alokace zdrojů mezi ostatní oddělení, zajišťování finančních prostředků od odběratelů a dále k dodavatelům anebo například proplácení odměn zaměstnancům. Ty mohou dostávat v nejrůznějších formách od standardní výplaty či mzdy, stravenky, diety, penzijní připojištění, cenné papíry nebo další formy fyzických darů. Vyšší úroveň řízení se stará o nastavování dlouhodobých a strategických cílů, rozdělení kompetencí v rámci oddělení, reportování výsledků vedení společnosti a s tím i prezentování výhledů na další období. S oddělením logistiky komunikuje stav zásob na skladě z hlediska peněz vázaných ve skladovaném materiálu, což je jeden z ukazatelů KPI, který indikuje schopnost a spolehlivost oddělení vhodně řídit finance podniku (Jirsák, 2012).

1.2.3 Oddělení nákupu

Nákupní oddělení mívají na starost zajišťování dodavatelů, jednání o cenách a zařizování formalit spojených s komunikací. V tomto případě je velice důležité, v jaké konkurenční pozici se firma nachází. Malé podniky musí přistupovat na podmínky dodavatelů, jelikož ti si drží pozici nedokonalé konkurence. Velké podniky mohou díky velikým obrátům ovlivňovat jednání ve svůj prospěch, jelikož jejich odběr zboží může pro některé dodávající firmy znamenat až osmdesát procent jejich celkového obrátu. To staví nakupujícího do pozice monopsonu, což mu usnadňuje možnost vyvíjet tlak na cenu nakupovaného zboží. V rámci oddělení nákupu jsou stanovovány KPI podle úspor, které oddělení nákupu zajišťuje díky pravidelnému snižování cen. Tento postup však odporuje veškerým principům trhu, kdy s přibývajícím časem roste vlivem inflace cena zboží

a služeb. To naznačuje fakt, že tento trend není udržitelný a mnohdy se stává, že jsou dodavatelé hnáni do nepříjemných situací. Proto se oddělení nákupu snaží hledat úspory i na jiných místech než na ceně. Z toho plyne, že mají blízkou spolupráci s odděleními R&D a kvality (Johnsen, 2014).

1.2.4 Oddělení kvality a VaV

Mnohdy podceňovaná oddělení vývoje a výzkumu a kvality jsou nenahraditelným přínosem pro firmu. Zatímco VaV pracuje spíše na řízení projektů po technické stránce, oddělení kvality funguje jako zpětná vazba na dodavatele. Je rozděleno na tři skupiny, a to na zákaznickou kvalitu, která řeší příchozí reklamace od zákazníků, interní kvalitu a dodavatelskou kvalitu. Na požadavky odběratelů musí zákaznická kvalita adekvátně reagovat a zajistit, aby případná chyba v budoucnu již nenastala. Spolupracuje s oddělením sales a má za cíl interní rozvoj kvality ve firmě. Interní kvalita kontroluje výrobky vycházející z linek, aneb jakým způsobem se vyrábí, jaký je scrap rate (procentuální zastoupení zmetků) a vytváří podmínky pro neustálé zlepšování výrobního procesu. Úzce spolupracuje s oddělením logistiky a nahlašuje potřeby v případě většího výpadku materiálu. Dodavatelská kvalita je ta, která spolupracuje s nákupem, ale jedná v nesouladu s potřebami nákupního oddělení. Zatímco nákup hledá všechny možnosti, jak ušetřit peníze při práci s dodavatelem, oddělení kvality požaduje navyšování investic do rozvoje dodavatele, aby dodával díly bez zmetků. Proto vznikají konflikty, které jsou delegovány na management jednotlivých oddělení, který na základě priorit rozhoduje o výsledném řešení (Gros, 2016).

1.2.5 Oddělení prodeje a marketingu

Stěžejní body pro plánování vnaší do firmy pro jednotlivá oddělení tým prodejců. Ti jsou z pravidla tváří společnosti, jelikož komunikují se zákazníky a jsou prostředníky při jednáních s nimi. Ve spolupráci s marketingem zavádějí kampaně, sbírají a analyzují data z průzkumů, anket a výsledků za předchozí období. Hlavním cílem sales je zajistit maximální možný obrát prodeje firmy, zpracovat nasbíraná data a předat ostatním oddělením výhled na nadcházející období o tom, jaké množství se očekává, že budou zákazníci poptávat. Standardně se dá říct, že veliké firmy s rozsáhlými portfolii produktů a širokými zákaznickými základnami jsou nuceny využívat software, který jim umožní automatizaci výpočtů. Množství dat, složitosti statistických výpočtů a široká škála kombinací zákazník-distribuční kanál-produkt vede nevyhnutelně k digitalizaci

veškerých dat, jelikož není v lidských silách tato data dlouhodobě spravovat jiným způsobem (Johnsen, 2014).

1.2.6 Oddělení lidských zdrojů, informačních technologií a údržby.

Aby mohla firma plynule fungovat, tak, než bude plně zaveden průmysl 4.0, je nutné řídit lidské zdroje v rámci společnosti. Jejich hlavní náplní je péče o zaměstnance, nábor nových pracovníků, vypořádání se s odchovými nebo zajištění potřebného vybavení ve spolupráci s informačními techniky a údržbou. V závislosti na pozici vznikají rozličné potřeby zaměstnanců. Jelikož pomůcky, které zaměstnanci dostávají pro pracovní účely jsou v různých cenových hladinách, je potřeba mít záznam o tom, co má jaký zaměstnanec půjčeného, aby mohl po ukončení spolupráce nástroje odevzdat. Zároveň lidské zdroje řeší právní aspekty jednání firmy, udržují aktuální smlouvy, zajišťují různá školení nebo mají na starosti prvotní selekci kandidátů na otevřené pozice. Rozhodování pro náborů na manažerské pozice má na starosti nejvyšší vedení společnosti spolu s manažerem HR, tedy lidských zdrojů. Plánování v rámci těchto oddělení vychází z potřeb firmy a jejího trendu růstu (Management Mania, 2016).

1.3 Logistické plánování a informační systémy

Objem dat proudících napříč firmami nebo i vnitropodnikově je pro člověka, ba dokonce i týmy lidí velice těžko zaznamatelný. Díky příchodu výpočetní techniky bylo možné tato data zpracovávat, a především uchovávat bezpečně a pohodlně. Zároveň to nebyla pouze čísla ke čtení, ale uchovávají se živá data, která mají významnou hodnotu pro firmu a její zaměstnance, protože je možné s těmito daty dále pracovat (Subiyanto a Suyoto, 2020).

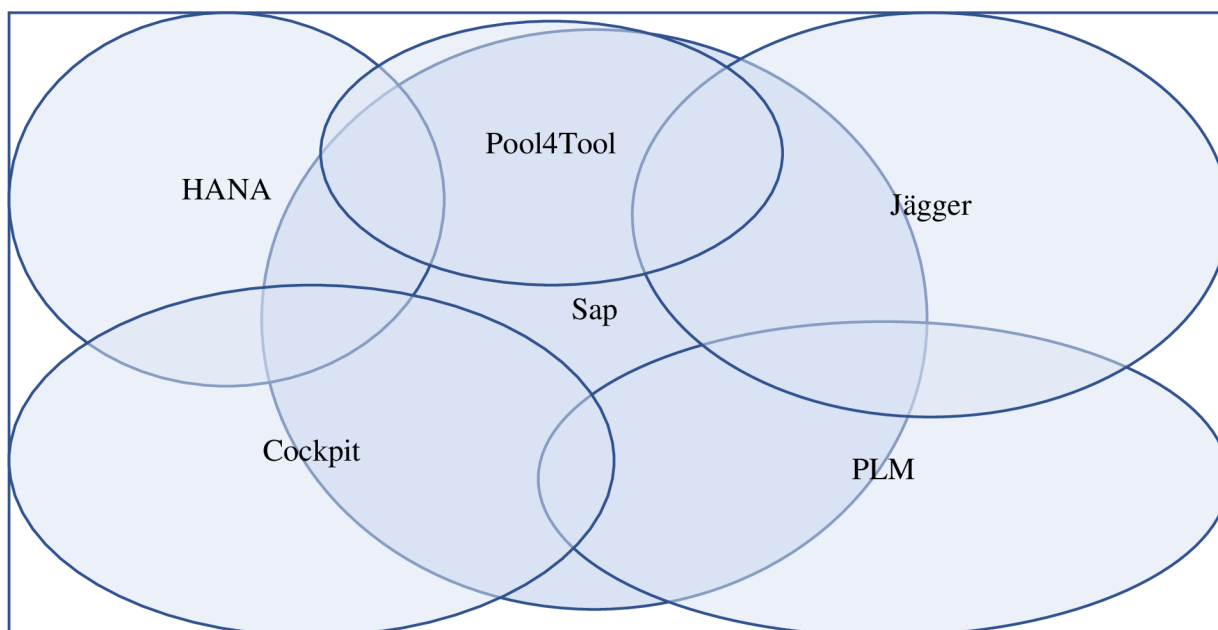
1.3.1 Řízení toku informací a uskladnění dat

Základním stavebním kamenem veškerého plánování je znalost, co je potřeba k vyrobení požadované dávky. Tato informace se skrývá pod termínem BOMP (z *angl. Bill of Material Processing, někdy planning*). Jedná se o tzv. rozpad kusovníku, tedy rozpis produktu na podstavy až do úrovně základního materiálu vstupujícího do dílu, kterým mohou být i díly jako O-kroužky nebo pružinky. Informačně se jedná o velice obsáhlou databázi, avšak pro účely plánování stačí

seznam nakupovaných dílů a množství, ve kterém se díly vyskytují. Informace z BOMP potom vstupují do MRP (z *angl. Material Requirements Planning*). Jedná se o systematické uspořádání nakupovaných dílů tak, aby splňovaly podmínky nastavené dodavateli. Tyto podmínky vycházejí ze smluv sjednaných s dodavateli a z kapacitních možností dodavatelů. Pro menší firmy je to v podstatě systém, který definuje jejich produkční proces od poptávky materiálu po prodej vyrobených dílů. U větších firem je však tento systém řízen další nadřazenou entitou, která zajišťuje propojení různých MRP rozdílných oddělení a jejich vzájemné propojení. Bývá označována jako ERP (z *angl. Enterprise Resource Planning*) a její hlavní nevýhodou je komplexnost vstupních informací, která zvyšuje reakční dobu v případě nesouladu. Ve sledované firmě je právě toto ERP zaváděno pod názvem IBP, což je dále zmíněno v praktické části práce. Pro lepší koordinaci mezi systémy lze použít tzv. APS (z *angl. Advanced Planning Scheduling*), což je rozšířené rozvrhování výroby využívající systémy ERP. Ty slouží pouze jako databáze, zatímco APS je návod, jak tuto databázi využít pro potřeby firmy (Karat, 2022).

Systémy APS vycházející z dat z ERP slouží především pro interní řízení potřeb a přehled o chodu materiálu a informací. Nejčastější volbou software pro tyto účely bývá databázový systém SAP, Microsoft Dynamics 365 Business Central, Oracle, Costpoint, Infor Lawson nebo OpenAccounts. Společným jmenovatelem těchto programů je jejich schopnost zpracovávat, uchovávat a prezentovat data do ucelených komplexních matic, ze kterých mohou uživatelé podle potřeb čerpat a skrze specializovaného klienta číst, tvořit či vkládat informace, a tím matici rozšiřovat. Nespornou výhodou těchto systémů je jejich modularita. Protiargumentem pro jejich výlučné používání omezení z hlediska flexibility dat, jelikož se běžně stává, že různé oblasti řízení využívají diferencované systémy. Proto v běžné praxi především u větších firem bývá několik souběžných systémů, které spravují data globálně v rámci společnosti, ale mimo ně se vyskytují i menší paralelní systémy, které fungují souběžně s tím hlavním a obsahují detailnější rozpad informací podle stejného klíče. Pro potřeby analyzované firmy jsou použity programy SAP jako hlavní databáze, ale zároveň s ním jsou tam pro různá oddělení další specializované programy, které slouží jako databáze i prostředí pro další činnost. Příkladem je Pool4Tool, který využívá oddělení nákupu pro uchování komplexnějších dat o dodavateli, Jäger pro řízení dodavatelských auditů v rámci firmy, PLM (z *angl. Product Life Management*) pro oddělení výzkumu a vývoje, HANA pro oddělení financí a kvality nebo Cockpit pro rozvoj kvality dodavatele. Těch subsystémů je

s rostoucím množstvím dat a kompetencí mnohem víc a jsou vzájemně prolnuty (Viz obr. 1) a je vidět, že se některé informace objeví v několika aplikacích najednou, zatímco jiné informace jsou exkluzivní pro danou aplikaci. Tento způsob uspořádání umožňuje firmám snadněji hospodařit s informacemi, což uživatelům šetří mnoho času a dává věcem jasný řád a přehled (Váchal, 2013 ve spojení s interními zdroji organizace Knorr-Bremse).



Obrázek 2 - Vennův diagram uspořádání informací v rámci firmy Knorr-Bremse

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Do takto zaběhlých systémů jsou uživatelé schopni nahlížet a pracovat s daty v nich. Těmito uživateli jsou myšleni pouze interní zaměstnanci firmy, což neumožňuje dostat potřebnou informaci ven ke správnému stakeholderovi. Proto celý tento systém je potřeba vztáhnout na dodavatele i zákazníky případně outsourcované firmy. K tomu účelu je směrem dolů implementován SCM (z *angl. Supply Chain Management*), který definuje dodavatelům potřebu množství dílů, jaký díl to bude, kdy bude potřeba jej dodat, v jaké kvalitě, z jakého materiálu, od jakého dodavatele a jakým způsobem bude tento díl dodán. SCM řídí celkový tok informací a naproti tomu materiálu, zboží nebo služeb s dodavateli, sub dodavateli a dalšími podřadícími jednotkami. Opačně (p)CRM (z *angl. (personalized) Customer Relation Management*) je způsob řízení péče o zákazníka, která zajišťuje přijímání požadavků od zákazníka a jejich plnění směrem k němu (Váchal, 2013).

1.3.2 Logistické plánování a předpověď poptávky

Předpověď poptávky je založena na datech vycházejících z minulosti. Na různých způsobech předpovědi se podílí několikero oddělení najednou. Vymezení predikce je z časového hlediska stejné jako u plánování na krátkodobé, dlouhodobé a strategické. Bývá pravidlem, že s přibývajícím obdobím roste nepřesnost predikce. Správnost odhadu závisí i na dalších faktorech, které do výpočtů vstupují. Významným z nich je variabilita poptávky, kterou může popisovat rozptyl, směrodatná odchylka (viz vzorec 1) nebo z ní vypočítaný variační koeficient (viz vzorec 2) (Hyndman, 2018).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Kde:

s je výběrová směrodatná odchylka

n je počet jednotek ve výběru ze souboru,

y je poptávka v daném období.

$$v = \frac{s}{\bar{y}} \quad (2)$$

Kde:

v je variační koeficient,

\bar{y} je aritmetický průměr hodnot,

s je směrodatná odchylka vyplývající ze vzorce 1.

Chování poptávky lze zařadit popsat jedním z těchto termínů:

- Nahodilost: data nejsou nijak podmíněná a sleduje se pouze průměrná hodnota a směrodatná odchylka, případně rozdělení dat (normální normálové rozdělení atd.),

- cyklická: poptávka se opakuje v pravidelných intervalech. Nejčastěji se za tento interval považuje rok, ale pro krátkodobé plánování to může být týden,
- sezónní: což je v podstatě cyklická, s tím, že se bere právě rok jako celé jedno období,
- trend: představuje konzistentní chování v čase (ať už růst nebo pokles).

I přes to, že se určí způsob chování poptávky, vstupují do výsledného prodeje mnoho dalších intervalů, které do výpočtů není možné vždy přesně zahrnout a jedná se o tzv. náhodné prvky. Ty jsou velice těžko předvídatelné. Předpověď poptávky lze tvořit kvalitativní, kvantitativní nebo nejčastěji kombinovanou metodou. Mezi kvalitativní metody patří metoda Delfi, která sbírá predikce od vybraných expertů, zhodnotí a náhodně rozešle mezi vybrané experty zpět s dotazem na dopracování. Tento proces se postupně opakuje čímž se dostává přesnějších hodnot, byť na úkor časové náročnosti. Další je metoda konsensu odborných pracovníků, kdy zástupci různých oddělení přispívají svými názory na základě čehož se vytváří předpověď. Neposlední metodou jsou zákaznické průzkumy, které interagují přímo s potenciálními kupujícími a sbírají názory, sledují nálady ve společnosti a reagují na bezprostřední zpětnou vazbu (Tvrdoň, 2020).

Kvalitativní metody jsou velice subjektivní a jejich zpochybnitelnost je velice častá, jelikož se jedná pouze o kvalifikované odhady. Na druhou stranu kvantitativní metody vycházejí z dat a jsou exaktně vymezeny. V této práci je využito několik z následujících metod:

- naivní metoda,
- klouzavé průměry,
- regresní analýza,
- přidání sezónních indexů,
- jednoduché, dvojité nebo trojitě exponenciální vyrovnání,
- metody pro sporadickou poptávku
- specifické metody definované konkrétní firmou.

Každá z těchto metod má svá pozitiva, ale zároveň i svá úskalí. Platí, že s rostoucí přesností metody roste i náročnost výpočtů nebo potřeba zdrojových dat. Naivní metoda, jak název napovídá, se

naivně „domnívá“, že poptávka po zboží bude následovat mezi obdobími nezměněně. To znamená, že pro období t_0 bude stejná poptávka, jaká byla v období $t-1$. Z principu to není reálné, protože by to znamenalo, že bude poptávka po zboží konstantní. Zároveň je to nejjednodušší metoda, která nevyžaduje žádné výpočty. V běžné praxi je často používána metoda klouzavých průměrů. Ty jsou vedoucími pracovníky zvoleny pro vybrané období, které bývá dvanáct nebo dvacet čtyři měsíců. Tím je určován trend a přesnější odhad poptávky pro další období (viz vzorec 3). Zároveň jsou výpočty pro tento postup velice jednoduché, byť tato metoda bývá velice přesná. To je hlavním důvodem její velice časté aplikace v podnicích (Chase, 2013).

$$D_n = \frac{\sum_{i=(n-k)}^{n-1} S_i}{k} \quad (3)$$

Kde:

D_n je předpovídaná poptávka v n -tém období,

S_i je prodej v i -tém období,

k je délka průměrovaného období.

Regresní analýza popisuje chování poptávky jako křivku s parametry a , což je směrnice přímky a b , tedy konstanta (viz vzorec 4). Výhodou této metody je nejen to, že je ve většině případů velice přesná, ale dokáže ukázat podle předpisu n -té období bez toho, aniž by bylo potřeba spočítat období předcházející (Chase, 2013).

$$D_n = a * n + b \quad (4)$$

Kde:

D_n je předpovídaná poptávka v n -tém období

a je směrnice,

b je konstanta,

n je vztažené období.

Po přidání sezónních indexů je možné tuto metodu ještě zpřesnit (viz vzorec 5). Problém však nastává v samotné aplikaci těchto výpočtů, jelikož jsou složité a náročné na hardware, který je procesuje. Při větších objemech dat je možné sítě zahltit a tím zkomplikovat provoz firmy. Proto není vždy vhodné tyto výpočty používat, i když dosahují vysoké přesnosti. Principem této metody je předpoklad, že je poptávka po zboží cyklická, a že každé období má svoji specifickou konstantu (Chase, 2013).

$$I_n = \frac{\sum_{i=(n-k)}^{n-1} \frac{S_i}{D_{n_i}}}{k} \quad (5)$$

Kde:

I_n je index pro daný měsíc,

S_i je prodané množství ve sledovaných letech pro daný měsíc (např. pro měsíc leden to budou prodeje za leden 2019, 2020 a 2021),

k je počet let, ze kterých se index vyhodnocuje,

D_{n_i} je hodnota vycházející ze vzorce 4 výše po dosazení vybraných období. Pokud se indexy vypočítávají od začátku roku a cyklus je také brán jako jeden rok, lze zapsat seznam vybraných období vzorcem 6:

$$n_i = (k - 1) * i + m \quad (6)$$

Kde:

n_i je množina všech období odpovídajících danému měsíci (např. pro měsíc leden by to bylo období jedna, třináct a dvacet pět),

k je počet let, které jsou vyhodnocovány. V případě, že budou hodnoceny poslední tři roky, bude index průměrován ze tří období,

m je pořadí měsíce v roce (Chase, 2013).

Ze vzorců výše vyplývá, že výsledný index pro sledovaný měsíc se vypočítá jako průměrný podíl skutečných a předpovídaných prodejů pomocí regresní analýzy. Tímto indexem lze rozšířit vzorec 4 na vzorec 7:

$$D_n = (a * n + b) * I_{n-l*(c-1)} \quad (7)$$

Kde je původní rovnice lineární regrese je násobena indexem I, jehož parametry jsou následující:

n je hledané období,

m je pořadí měsíce v roce,

l je délka cyklu (nejčastěji jeden rok, tedy dvanáct měsíců)

c je pořadí cyklu (např. začíná-li analýza lednem roku 2019, tak rok 2022 bude čtvrtý cyklus v pořadí) (Chase, 2013).

Z logiky indexů lze vyvodit, že je možné použít klouzavý průměr, což zmenší objem uchovávaných dat. Na druhou stranu je tato metoda tolik komplexní, že pro její implementaci je třeba pokročilejší software a stejně tak i vybavení. V tom případě je problém skladování velikého množství dat upozaděn a předpokládá se, že bude podnik databázi rozšiřovat. To znamená, že by v budoucnu mohly indexy vycházet z více podkladů a být tedy přesnější (Chase, 2013).

Jednoduché exponenciální vyrovnání SES (z *angl. Simple Exponential Smoothing*) je metoda vyžadující předchozí zkušenost uživatele s časovými řadami. Je to z důvodu volby parametru α , který je vybírán iteračně podle toho, kdy je chyba odhadu nejnižší. I v tomto případě lze použít software, který to vypočítá automaticky, ale jeho nastavení i použití je náročnější na výpočty. Pro vytvoření výpočetního postupu lze psát skripty v jazyce Python, což vyžaduje nejen znalost statistických metod, ale i programování. Jednoduché exponenciální vyrovnání předpokládá, že je trend konstantní, proto je vybíraná konstanta $\alpha \in (0,1)$. Princip exponenciálního vyrovnání je založený na tom, že s postupem času se exponenciálně snižuje význam sbíraných dat a vyrovnává předpověď, zatímco snižuje dopad extrémních hodnot v datové řadě. Jeho předpis je popsán ve vzorcích 8 a 9 (Hyndman, 2018):

$$D_0 = S_0 \quad (8)$$

$$D_i = \alpha S_{i-1} + (1 - \alpha)D_{i-1} \quad (9)$$

Kde:

D_i je předpověď pro i -té období,

S_i je objem prodeje v daném období,

α je vyrovnávací konstanta.

Vhodnost zvoleného parametru lze vyhodnotit až po vypočítání předpovědi pro stanovené období. Samotné kritérium ukazující, jak dobře byl parametr α zvolen může být popsáno pomocí MSE (z *angl. Mean Square Error*), tedy průměrné kvadratické odchylky. Ta se spočítá (viz vzorec 10), jak již název odpovídá, z průměru rozdílů odhadu a skutečných prodejů umocněných na druhou. Velice často se objevuje RMSE (z *angl. Root Mean Square Error*), což je ta samá odchylka, ale odmocněna (Handman, 2018).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - S_i)^2}{n} \quad (10)$$

Kde:

D_i je odhadovaný objem prodeje pro i -té období,

S_i je skutečný odhad prodeje v i -tém období,

n je počet období.

Z předchozího vychází název metody nejmenších čtverců, což je postup, který přiřazuje α tak, aby čtverce tvořené rozdíly mezi hodnotami tvořili co nejmenší plochu. Tuto metodu lze rozšířit o parametr β , který je stejně jako α volen iteračně. Tím vznikne postup, který se nazývá dvojité exponenciální vyrovnání DES (z *angl. Double Exponential Smoothing*). Parametr β je konstanta upravující chování trendové veličiny, což je hodnota naznačující, jakým směrem se ubírá vývoj prodeje (viz vzorec 11, 12 a 13). To znamená, že pro použití této metody je potřeba znalosti nejen prodejů, ale jakým směrem se úroveň poptávky po zboží ubírá. Jelikož tuto metodu zavedl Holt, tak je pojmenována jako Holtova metoda (Sidqi a Sumitra, 2019).

$$L_i = \alpha * S_i + (1 - \alpha) * (L_{i-1} + T_{i-1}) \quad (11)$$

$$T_i = \beta * (L_i - L_{i-1}) + (1 - \beta) * T_{i-1} \quad (12)$$

$$D_i = L_{i-1} + T_{i-1} \quad (13)$$

Kde:

L_i je hladina poptávky v i -tém období,

S_i je skutečný objem prodejů v i -tém období,

T_i je trend naznačující vývoj prodejů mezi obdobími,

D_i je předpověď pro i -té období

α, β jsou konstanty z intervalu (0,1).

Pro tuto metodu je podstatné východisko, že je poptávka v podobě trendu a ne cyklu, jelikož předpokládá, že budoucí změna bude dána hodnotou parametru T_i , tedy trendu. To znamená, že předpokládá konstantní vývoj. V případě cyklu vývoj není konstantní, ale cyklický. Neznačená to, že se nemůže řídit trendem, ale má distinktivně odlišená období vrcholných výstupů. Příkladem může být prodej elektroniky eskalující v období Vánoc nebo zájezdů k moři v období letních prázdnin. Každoročně jsou hodnoty těchto prodejů vysoko nad svým průměrem, avšak meziroční průměr má v případě ekonomického růstu pozitivní trend a v období recese tento trend bývá negativní, respektive nerostoucí. Pro potřeby předpovědi cyklické poptávky rozšířil Winters Holtovu metodu o parametr sezónnosti γ (viz vzorec 19). Protože jsou zde tři parametry, které vyrovnávají poptávku, tak se tomuto Holt-Wintersovu postupu říká trojitě exponenciální vyrovnání TES (z *angl. Triple Exponential Smoothing*). Pro inicializaci predikce je však nutné začít s hodnotami nulovými (viz vzorce 14, 15 a 16), které vycházejí z dat z minulosti a neobsahují v sobě žádné empiricky volené proměnné (α, β, γ) (Hyndman, 2018).

$$I_i = \frac{S_i}{\frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k}} \quad (14)$$

$$L_0 = S_i * I_{i-k} \quad (15)$$

$$T_0 = L_0 - L_{-1} \quad (16)$$

Kde:

I_i je sezónní vyrovnávací index pro daný měsíc,

L_0 je výchozí hodnota pro úroveň prodeje v daném období,

S_i je skutečný objem prodeje v daném období,

k je délka cyklu, tedy kolik období tvoří jeden cyklus,

T_0 je výchozí hodnota trendu.

Ze vzorce je patrné, že výchozí hodnoty jsou vypočítány z předchozího cyklu (proměnná I_{j-k}). Pro tento postup je potřeba určit, jakým způsobem je rozložený cyklus, a kde jsou jeho výkyvy. Sezónní index v tomto případě popisuje to, jak se chovají prodeje oproti průměru daného cyklu. Ten je pak aplikován v následujícím cyklu. Výchozí hodnoty jsou nápomocné při vytváření analýzy, ale samotné vyrovnání je pak tvořeno vzorcí níže (Hyndman, 2018):

$$L_i = \alpha \frac{S_i}{I_{i-k}} + (1 - \alpha)(L_{i-1} + T_{i-1}) \quad (17)$$

$$T_i = \beta(L_i - L_{i-1}) + (1 - \beta)T_{i-1} \quad (18)$$

$$I_i = \gamma \frac{S_i}{L_i} + (1 - \gamma)I_{i-k} \quad (19)$$

$$D_i = (L_{i-1} + T_{i-1})S_{i-k} \quad (20)$$

Kde:

α , β , γ jsou iteračně zvolené indexy pro vyrovnání úrovně, trendu a cyklu,

L_i je vyrovnaná úroveň pro dané období, v níž je zahrnut parametr α , sezónní ovlivnění indexem z přechodícího cyklu I_{i-k} a trendem z období předcházejícího sledovanému,

T_i je trend pro i -té období a je počítán stejným způsobem jako ve dvojitým vyrovnání,

I_i je sezónní index vyrovnaný konstantou γ navazující na index pro ten stejný prvek v předchozím období (např. index v měsíci lednu 2022 by vycházel z toho pro leden 2021),

D_i je předpověď pro i -té období.

Pro sporadickou poptávku není vhodné používat vyrovnávací metody, protože vznikají velké chyby odhadu. Pokud se zohledňuje objem prodeje v souhrnu za několik období (nebo cyklů), je

tato předpověď stále validní. Avšak při pohledu na jednotlivá období je patrné, že předpověď naprosto neodpovídá reálnému stavu objednávek. J. D. Croston přišel se způsobem, jak tuto chybu z výpočtů eliminovat a při vytváření předpovědi vynechat nulová období (viz vzorce 21, 22 a 23). Vychází z metody SES a je k ní přidán prvek τ , který zaznamenává vzdálenost dvou nenulových období mezi sebou (pro ne-sporadickou poptávku by bylo $\tau = 1$). Pro tento faktor byl přidán koeficient δ , který upravuje τ tak, aby byla správně vyhodnocena jeho relevance. Stejně jako všechny ostatní konstanty byla i δ volena tak, aby byl RMSE co nejnižší (PRESWICH et al., 2021).

$$D_i = \frac{\hat{S}_i}{\hat{\tau}_i} \quad (21)$$

$$\hat{S}_i = \alpha S_{i-1} + (1 - \alpha)\hat{S}_{i-1} \quad (22)$$

$$\hat{\tau}_i = \delta \tau_{i-1} + (1 - \delta)\hat{\tau}_{i-1} \quad (23)$$

Kde

D_i je předpověď pro i -té období,

S_i je objem prodeje v daném období,

τ je časový odstup nenulových období,

α , δ jsou vyrovnávací konstanty.

Při pohledu na soustavu rovnic je patrné, že pokud nepůjde o sporadickou poptávku, bude za všechna τ dosazováno 1, což povede k eliminaci tohoto prvku. Pro případy, kdy jsou období s nulovými prodeji jen výjimečné, ale přesto se tam objevují, je lepší použít jednu z vyrovnávacích metod, protože se může stát, že koeficient τ by mohl narušit přesnost předpovědi (International Journal of Forecasting, 2021).

Stejně jako v předchozích dvou případech exponenciálních vyrovnání se i v tomto případě vyhodnocuje úspěšnost vhodně zvolených parametrů α , β , γ pomocí ukazatele přesnosti. Lze použít několik druhů těchto ukazatelů. Nejjednodušší z nich je MAD (z angl. *Mean Absolute Deviation*),

což je průměr z absolutních hodnot rozdílů mezi předpokladem a skutečností (viz vzorec 24). Místo absolutních hodnot lze použít součet čtverců, který je již zmiňovaný MSE. Po jeho odmocnění je možné použít RMSE, ale jejich vypovídací hodnoty jsou stejné. Dalším často používaným způsobem vyhodnocení přesnosti, či nepřesnosti je MAPE (z angl. *Mean Absolute Percentage Error*). Popisuje průměrný procentuální rozdíl odhadu a skutečnosti (viz vzorec 25), který je často zmiňovaný v manažerské praxi, jelikož se jedná o vysoce vypovídající hodnotu KPI. Pokud bude hodnota MAPE odečtena od sta, získá se tím ukazatel DPA (viz vzorec 26) (z angl. *Demand Percentage Accuracy*), což je procentuální přesnost předpovědi (Hyndman, 2018).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |S_i - D_i|}{n} \quad (24)$$

$$MAPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|S_i - D_i|}{S_i}}{n} * 100 \quad (25)$$

$$DPA = 100 - MAPE(\%) \quad (26)$$

Kde:

S_i je skutečný objem prodeje v i -tém období,

D_i je odhadovaná předpověď pro i -té období,

n je počet období.

Výsledná předpověď je v ideálním případě tvořena poté, co jsou veškerá dostupná data zpracována a dosazena do všech dostupných metod. Ta z metod, která má nejnižší chybu předpovědi je následně použita pro tvorbu výhledu pro nadcházejících n období. I zde platí, že čím více období se snaží model předpovědět, tím menší je výsledná spolehlivost předpovědi (Mediavila at al., 2022).

Protože se jedná o různě náročné metody, používá se k tomu dedikovaný software, který umí tyto metody implementovat ve firemních procesech. Zatímco metoda exponenciálních vyrovnání, byť dobře zvolená ve velké většině případů zajistí velice přesnou předpověď, je zřídka v podnicích užívaná, jelikož výpočetní čas pro dané předpovědi bývá pro veliké objemy dlouhý. To neumožňuje průtokově sledovat změny v datech, což je žádaný parametr pro zaváděné software. V

této práci byl rovněž využit kalkulační software, byť ne do takové míry, jako tomu bývá v podnicích. Zároveň platí, že typ poptávky se může v průběhu životnosti firmy měnit, takže je potřeba fluidně reagovat na tyto změny. Z toho plyne, že optimální způsob předpovědi je ten, který využívá kvantitativních metod jako výchozího odhadu, ale na základě vlastních zkušeností upravuje odhad tak, aby co nejlépe popisoval realitu. Tomuto způsobu se říká kombinovaný, jelikož vyžaduje kombinaci přístupů k předpovědi. Kromě znalosti poptávky musí manažer ovládat statistické metody, znát dobře historii podniku a jeho vývoj, v mnoha případech musí umět zacházet s nestandardním software nebo dokonce umět programovat v některých z jazyků (Ma, 2016).

2 Praktická část

Samotný princip celé práce je popsán v následující části. Nejdříve byl popsán celý logistický systém, pozadí všech důležitých výpočtů objevujících se v analýze a fungování firmy v rámci interních procesů i ve vztahu k dodavatelům a odběratelům. Dále byl vytvořen rozbor jednotlivých systémů, na čem byly systémy založeny a ve kterých věcech se liší. Nakonec došlo ke srovnání přesností jednotlivých metod pro vybrané portfolio dílů, vyhodnocení nejúspěšnější metody a předpověď na základě dané metody. Závěrem byla zhodnocena rizika vyplývající z používání daných systémů, návrh na eliminaci zmiňovaných rizik a s tím i návrhy na zlepšení celého systému, které vyplynuly během tvorby této práce.

2.1 O Společnosti

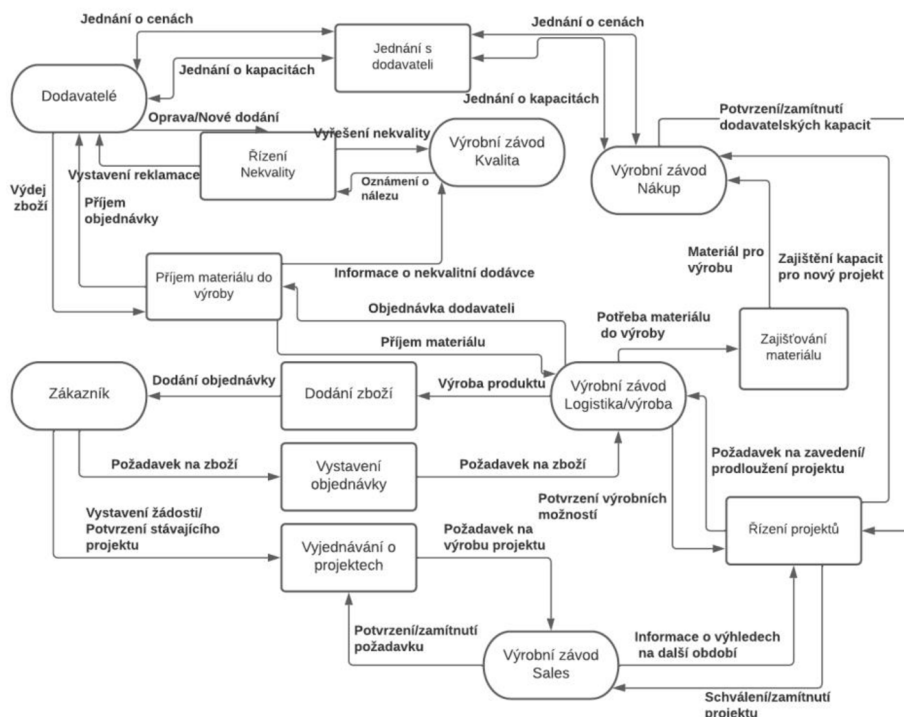
Knorr-Bremse je firma se sídlem v Mnichově a byla založena v roce 1906. Své pobočky má ve třiceti třech státech na všech obydlených kontinentech. Dohromady je firma roztržštěna do sto dvaceti šesti lokací. V České republice jich je pět. Čtyři výrobní závody a jedna administrativní budova v Liberci. Roční obrat za rok 2021 se pohyboval mezi 6,5 až 6,9 miliardy Euro. Celosvětově zaměstnává přes 35 000 pracovníků. Její hlavní výrobní komoditou jsou brzdové a řídicí systémy do užitkových vozidel a těžké techniky. Produkty jsou děleny do dvou divizí: Rail, což jsou kolejová vozidla jako vlaky, tramvaje, metra a jiné. Truck nebo CVS (commercial vehicle systems) je divize cílená na kamiony, autobusy nebo armádní techniku. Pobočka, jež je předmětem zkoumání této práce, sídlí v Liberci a je zaměřená na výrobu produktů pro CVS. Její obrat je přibližně 790 milionu Euro, což tvoří přibližně 12 % celkové produkce firmy.

Do podoby, v jaké společnost funguje do doby tvorby této práce, se dostala pomocí dlouhodobého zlepšování a vývoje. Celkový přístup managementu byl velice konzervativní a nové technologie, postupy a vylepšení přijímal se značnou obezřetností. To samé platilo o logistickém systému fungujícím v této firmě, který stejně jako vše ostatní vznikl postupnou implementací nebo rozvojem toho, co již bylo zavedeno. Tento historický přístup ale nerefletoval naléhavost, s jakou bylo potřeba řídit tok informací a zboží. Zároveň ani neumožňoval, aby v něm byly konány markantnější změny, které by měly větší význam, aniž by se nezhroutila jiná část tohoto systému. Proto přišlo z managementu rozhodnutí o zavedení nového systému, který by postupně nahradil

aktuální historicky vznikuvší systém. Tento nově zaváděný IBP (Integrated Business Planning) stál na neutralitě jednotlivých oddělení, měl jim být nadřazen a určovat priority a rizika dodavatelů. Před jeho zavedením bylo potřeba prokázat, že byly jeho výpočty správné a předpovědi přesné. To bylo prací vývojářů zabývajících se tvorbou a implementací tohoto systému. V praxi však byla prokázána nepřesnost předpovědi z několika důvodů, což vedlo k opakovaným opravám a technologickým změnám.

2.2 Popis starého logistického systému.

Způsob vznik původního systému naznačuje, jakou podobu bude mít a kde budou jeho hlavní nedostatky. Jeho podoba je vyobrazena na diagramu níže (viz obr 3). Z tohoto obrázku je patrné, že se jednalo o velice komplikovanou informační síť, která měla mnoho uzlů a křehkých bodů.



Obrázek 3 - Tok materiálu a informací ve sledované firmě

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Z data flow diagramu lze vyčíst, jak je řízen chod výrobního závodu ve firmě. Každý proces musí být dle nařízení IATF zaznamenán a sledován (procesy jsou značeny obdélníkem). Tyto záznamy jsou uchovávány do náležitých uložišť. Z nashromážděných dat jsou potom generovány přehledy, které indikují konkrétní schopnosti a výstupy závodu. Z nich je možné vyvodit statistické a plánovací ukazatele, které jsou pojmenovány OOH (Orders On Hand), MOP (Money Oriented Planning), PAFF (Planned Adjusted Final Forecast) a STRAP (Strategic Planning). Všechny typy těchto dat byly ve firmě strategické ukazatele, které do jisté míry předpovídali poptávku jak krátkodobou, tak i na rok až tři dopředu. Účelem těchto předpovědí bylo zajistit dostatečné množství kapacit u dodavatelů a jejich případnou úpravu nebo navýšení v případě nedostatku. Aby bylo možné věrně zhodnotit jednotlivé ukazatele, které by měly předpovídat poptávku po zboží dané firmy, bylo potřeba definovat, které jednotlivé hodnoty do nich vstupují a co se za nimi skrývá.

OOH byly objednávky vystavené dodavatelům, které vycházely z operativního řízení podniku. Byly předem stanoveny tak, aby pokryly okamžitou spotřebu materiálu potřebnou pro výrobu, aniž by docházelo k tvorbě velikých zásob, z důvodu eliminace plýtvání. K tomu dopomáhalo držení konsignačních skladů, které byly v rámci smluv s dodavateli udržovány přímo u nich. V době tvorby této práce byly tyto objednávky vystavovány „ručně“ na základě okamžitých potřeb pro výrobu a sloužily především k vyrovnání krátkodobých výpadků nebo nesouladů. Zároveň musely respektovat dodavatelskou *frozen zone*, tedy dobu, kterou si dodavatel vyhrazuje na změnu výrobního množství, aby na ni stihl zareagovat nebo MOQ (Minimum Order Quantity), což je minimální objednávkové množství. Tato data pocházela přímo z výroby a podléhala rozhodování manažera logistiky a nákupu. Vstupní podklady byly v tomto případě zákaznické požadavky. Výpočty probíhaly především na bázi zpracování dat z výroby, kdy se pravidelně získávaly informace o chybějících kusech. Tyto nedostatky byly ve většině případů způsobeny dodavatelskou nekvalitou objevenou při vstupní kontrole nebo až ve výrobě. Proto zpracování každé nekvality vedlo k nutnosti řešit dodavatelský řetězec a sledování kořenové příčiny nedostatku. Tyto informace musely být dostupné oddělení plánování a logistiky, aby bylo možné na tyto výpadky reagovat. Důležitý je i popis zásobovacího systému. Sériově dodávaný materiál byl dodávaný přímo od dodavatele a dopravu si zajišťovala firma sama. Nestandardní dodávky, ať už se jednalo o lodní, leteckou, vlakovou nebo kamionovou dopravu, byly hrazeny firmou, ale v rámci řízení

nekvality byly následně přeúčtovány na dodavatele (dodavatel hradil náhradní dodávky, kvůli špatným dílům, které dodával). Tento materiál byl dovážen druhem dopravy, kterému se říkalo milk run, což byl sběr jednotlivých zásilek z předem stanovených míst, kdy v rámci trasy se nasbíralo několik stanovišť najednou. Nastavení minimální skladové úrovně (viz vzorec 27) podléhalo rozhodnutí na vyšší úrovni řízení, jelikož v něm bylo zohledněno MOQ, čas nutný k dodání zboží včetně *frozen zone* a rychlost odběru materiálu, aby byla zajištěna plynulost výroby.

$$MIN_{stock} = Q_{výroba} \times (t_{dodání} + t_{frozen\ zone}), \quad (27)$$

kde:

MIN_{stock} je minimální skladová zásoba nutná pro bezpečný chod podniku,

$Q_{výroba}$ je denní spotřeba materiálu,

$t_{dodání}$ je doba, kterou zboží stráví na cestě (včetně proclení a dalších zdržení),

$t_{frozen\ zone}$ je čas, který dodavatel potřebuje na úpravu produkce, aby mohl naplnit požadavky. Jedná se o dobu, která je potřebná na výrobu jednoho dílu (*lead time* + rekalibrace).

Fenomén *frozen zone* je v tomto případě ještě podpořen dodavatelskou kapacitou, která určuje, kolik toho umí za sledované období dovyrobiť. Problém dodavatelů, kteří vyráběli na hraně svých kapacit byl v tom, že jejich *frozen zone* byl vlastně nekonečný, jelikož neuměli na změnu, respektive náhlé zvýšení včas reagovat. S ošetřením tohoto problému mělo pomoci držení konsignačních skladů u dodavatelů. Zboží bylo vlastněno dodavatelem, tudíž náklady na jeho uskladnění byly v režii dodavatele. Zároveň bylo toto množství materiálu plně k dispozici v případě, že by bylo potřeba jej použít ve výrobě. Pro vystavování objednávek dodavateli bylo užíváno EDI, takže i dodavatel měl možnost si požadavky průběžně kontrolovat. Zároveň měli zaměstnanci firmy přístup k datům o tom, kolik materiálu je na hlavním nebo i konsignačním skladu.

Delší horizont řízení zásob a materiálu byl označován jako PAFF. Ten měl za úkol vytvářet kvóty pro dodavatele tak, aby byli schopni dlouhodobě zásobovat firmu potřebným materiálem a zároveň zahrnoval předpokládanou distribuci požadavků v čase. Byl hierarchicky nadřazený plánování

OOH, protože vytvářel dlouhodobou predikci a zároveň musel pracovat i s ostatními závody, nejen tím libereckým. Požadavky na dodavatele chodily od každého závodu zvlášť, což vedlo k potřebě koordinovat kapacity dodavatele v závislosti na potřeby každého ze závodů. Proměnné ovlivňující tento faktor přicházely od oddělení prodeje ze všech lokací do centrálního sales, které na základě analýzy prodeje předchozích let tvořilo predikci vývoje zákaznických požadavků (viz tabulka 1). Tato předpověď měla za cíl odhadnout, jak byl objem výroby rozložen v roce a replikovat toto rozložení na budoucí roky.

Tabulka 1 – Měsíční podíl výroby ročního objemu

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Podíl na ročním objemu	9.1 %	8.5 %	9.0 %	7.6 %	8.6 %	8.8 %	7.6 %	8.0 %	8.5 %	8.5 %	9.2 %	6.6 %

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Z tabulky a k němu přidaného grafu výše lze popsat hlavní vrcholy produkce v průběhu roku. Cílem řízení na úrovni PAFF bylo zajistit pokrytí dodávek pro toto období, kdy je výroba nejvýkonnější a nutnost zásob nejnaléhavější. K tomu sloužily týmy nákupního oddělení, jejichž náplní práce bylo zajišťování kapacit, shánění dodavatelů, kteří tyto kapacity zaplní, případně plánování výroby u dodavatele v případě, kdy pracoval na pokraji kapacit, tudíž bylo potřeba tvořit priority listy kvůli zajištění plynulosti výroby ve firmě. Data z tohoto rozboru byla předávána do EDI i na oddělení logistiky, které podle toho mohlo plánovat výrobu. Hodnoty, které byly zobrazovány pro jednotlivý materiál byly rozpočítávány z BOM (Bill of Material Planning) jednotlivých výrobků. Jednalo se o rozpad výrobků na jednotlivé vstupní komponenty do úrovně, ve které přicházejí od dodavatelů. To v praxi znamená, že pro každý ze dvou tisíc tří set dvaceti dvou produktů byl vytvořen seznam potřebného materiálu a počet kusů pro vstupní komponenty. Na základě toho a očekávaného vyráběného množství bylo možné určit, kolik kusů bude od dodavatele nebo dodavatelů třeba (viz vzorec 28). V případě, že se jednalo o vysokoobrátkové díly byly nasmlouvané multi-sourcingy, které měly za cíl zajistit kýžené množství v případě, že jeden dodavatel neměl dostatečnou kapacitu.

$$O = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Q_{ij} \times C_j \times k), \quad (28)$$

kde:

O je celkové objednávací množství, které dodavatel vidí v EDI na následující měsíc,

i je konkrétní závod vystavující objednávku,

j je produkt, který daný závod vyrábí,

Q_{ij} je roční objem výroby konkrétního produktu j vyráběného v závodu i ,

C_j je počet kusů materiálu, ze kterého je produkt j sestaven,

k je měsíční koeficient vyplývající z tabulky 1 výše.

Tento výpočet byl platný, pokud se jednalo o jednoho dodavatele. V případě, že bylo více dodavatelů zapotřebí, tak byla nutná dohoda nákupních a logistických oddělení, která dohadovala plánování na základě kapacit dodavatelů, potřeb závodů a zároveň distanční dostupnosti dodavatele (dodavatel ve Francii bude dodávat do Francie a podobně). Výsledné rozložení požadavků mělo zajistit minimalizaci nákladů, což mnohdy znamenalo maximálně zatížit nejlevnějšího dodavatele. Pokud na místo selského rozumu byly aplikovány kvantitativní metody zjistilo se, že i dražší dodavatel vlivem vyšší spolehlivosti a přesnějším dodávkám vycházel v dlouhodobém horizontu levněji.

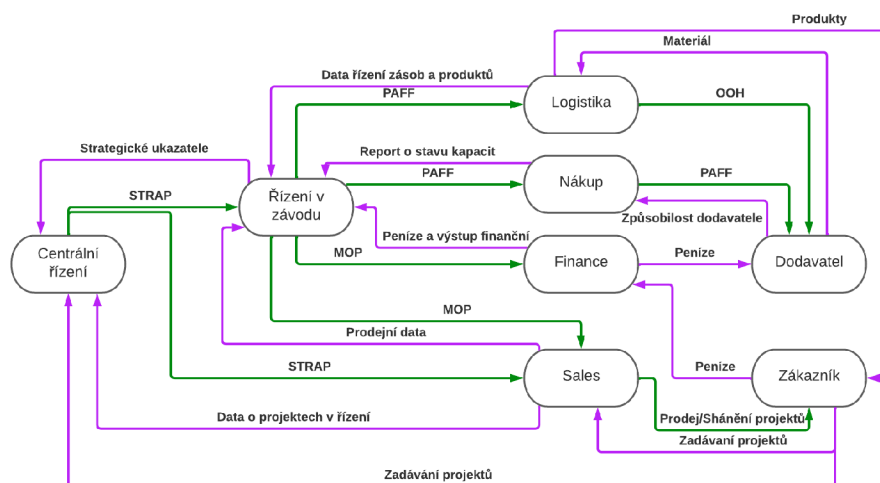
MOP byl odhad, který jako hlavní faktor zohledňoval finanční způsobilost firmy a stál tedy na maximalizaci zisku. I když to nebyl faktor, který by přímo určoval množství vyráběných dílů, tak tato predikce byla i přesto důležitá především v obdobích, kdy docházelo k dodávkovým diskrepancím, nedostatku výrobních kapacit z důvodu absence personálu nebo jiným narušením předpokládané výroby. Plánování bylo v těchto krizových chvílích rozvrhováno tak, aby pokrylo ty nejvíce lukrativní požadavky a případné vznikající nedodávky (označovány jako backlogy) byly alokovány do těch méně výnosných projektů. Zároveň zastropovával cenu materiálu, aby bylo možné lépe najít odpovídající dodavatele pro vstupní materiály tak, aby byl zisk firmy maximální.

STRAP byl způsob řízení nadřazený MOP i PAFF a definoval strategický vývoj firmy. Veškerá plánování výše zmíněná byla definována strategickými cíli a byla tvořena tak, aby tyto cíle naplňovala. STRAP určoval, které trendy a technologie budou středem zájmu daných poboček. Na

základě dat sbíraných v rámci PAFF a MOP vytvářel výhledy, jakým způsobem se bude vyvíjet celkový objem výroby, čímž definoval cíle a potřeby řízení na nižších úrovních. Rozhodování podobně jako PAFF vycházelo z vývoje firmy v minulosti a tvořilo předpověď, jak se bude dál trh vyvíjet. K tomu bylo zapotřebí hodnotit vstupy marketingu, manažerů logistiky, kvality i nákupu. Hlavní slovo měli nejvyšší představitelé jako viceprezident společnosti, kteří tyto predikce tvořili jako souhrn těchto informací spolu s vlastní zkušeností, kterou během svého působení sbírali.

Souhrn těchto tří předpovědí byl podkladem pro řízení kapacit u dodavatele potažmo dodavatelů. V tomto případě mělo oddělení nákupu (viz obrázek 4) na starosti zajišťování dodavatelského řetězce, vyjednávání kapacit nebo jejich rozšiřování pomocí investic v případě, že hrozilo omezení výroby z důvodu nedostatku kapacit. Podklady pro potřeby kapacit vyplývaly z PAFF, které byly přetransformovány pomocí BOM na požadavky na materiál.

Celkové řízení tedy probíhalo tak, jak je vyobrazeno na diagramu níže. Pozornost je zaměřena na dva hlavní informační toky, které lze popsat jako tok řídicí (předává informace co dělat) a tok datový (sbírá informace a zpětnou vazbu nutnou pro rozhodování), které stojí proti sobě.



Obrázek 4 - Tok informací a pokynů v rámci řízení podniku

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Hlavní rozhodovací procesy jsou v kompetenci jednotlivých manažerů, kteří zpracovávají informace přichozí od ostatních úrovní řízení. Hlavním cílem veškerého řízení je uspokojení zákaznických potřeb.

Vzhledem ke komplexnosti požadavků byly pro všechny z vyjmenovaných ukazatelů využívány software, které automaticky vypočítávaly hodnoty pro dané položky. Parametry, které do jednotlivých výpočtů vstupovaly, byly shromažďovány do datových schránek, ze kterých výpočetní technika čerpal. Váha každého z parametrů závisela na jednotlivých požadavcích každého oddělení, aby bylo dodrženo jeho KPI a zároveň byly splněny požadavky zákazníků. Rozdílné typy plánování byly v zodpovědnosti diferencovaných oddělení, která odpovídala za správné zpracování dat. Jejich výstup měl dopady na chod podniku ze strany výroby (OOH), Finančního oddělení (MOP), nákupního oddělení (PAFF) nebo centrálního plánování (STRAP). Slabinou tohoto typu řízení byla především orientace jednotlivých oddělení na přiřazená KPI (Key Performance Indicator), což jsou manažerské ukazatele popisující celkový výstup daného oddělení. Cíle každého z oddělení byly nastaveny tak, aby bylo možné měřit výstupy v dlouhodobém časovém horizontu a pozorovat jejich vývoj v čase, a tím hodnotit úspěšnost týmů v plnění zadaných cílů. To vedlo k tlaku na jednotlivé manažery k plnění svých KPI za cenu stability chodu podniku. Nadřazené řízení tvořené především centrálním plánováním mělo za cíl synchronizovat potřeby vzájemně soupeřících oddělení tak, aby byla ubývající stabilita zajištěna.

Co se týče přijímání zákaznických požadavků, fungovala zkoumaná společnost na podobném EDI, jaký sama provozovala ve vztahu k dodavatelům. Oddělení sales mělo na starosti příjem zakázek, zpracování požadavků a jejich formulování oddělením logistiky a výroby. Ta poté přijímala objednávky v závislosti na výrobní kapacitě i dostupnosti vstupních materiálů od dodavatelů. U nich bylo pokaždé nutné ověřit volné kapacity, jednalo-li se o nestandardní objednávku a potvrdit její přijetí. Rozpis zákaznických potřeb se řídil stejným časovým rozložením během roku, jako ten, který byl aplikován dodavatelům (viz tabulka 1). Tahle předpověď byla stanovena centrálním nákupem, jak již bylo zmíněno. Informace o tom, ze které kalkulace toto vychází či jaká metoda byla při stanovení této předpovědi použita, byly historicky předávány, ale nikde nebyl k dohledání způsob jejich vzniku. Při bližším zkoumání bylo oznámeno, že tato záležitost je předmětem rozhodování vyššího managementu sídlícím v Mnichově a oficiální stanovisko bylo, že je tato

informace interní, tudíž není možné jakkoliv rozvádět detaily. Z tohoto důvodu lze popsat tuto metodu jako čistě empirickou, tudíž není relevantní přiřazovat k ní kvantitativní metodu.

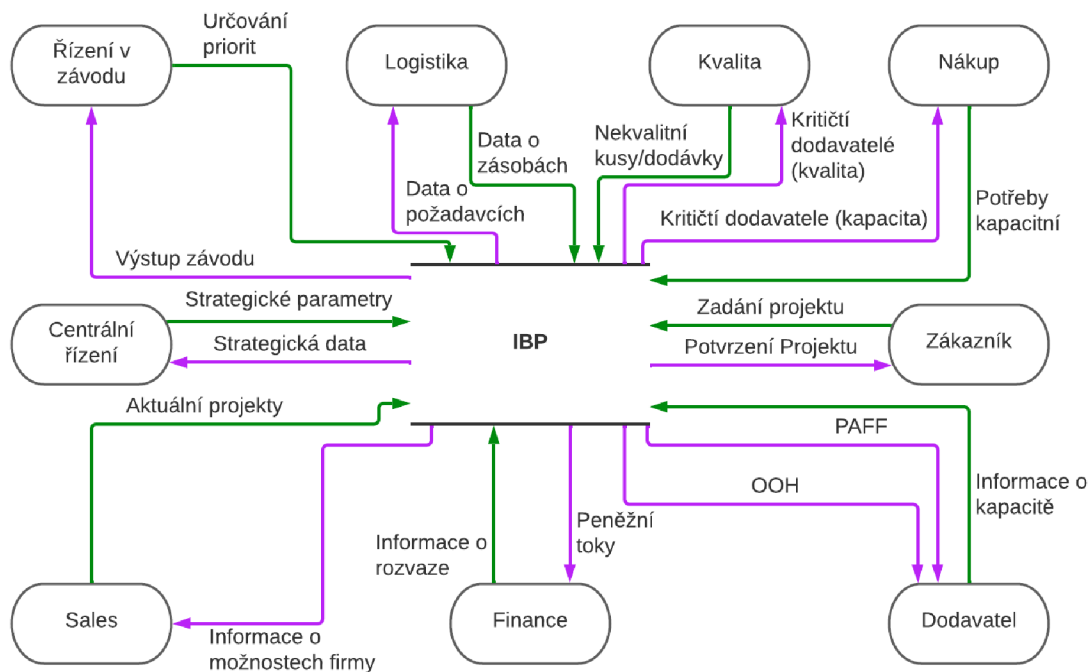
Hotové výrobky byly dodavatelům posílány třemi hlavními distribučními kanály. Ty od sebe byly vzájemně odlišovány především účelem nákupu zboží, ale vyplývalo z toho i to, jaká množství, v jakých intervalech, a v jakých baleních bude zapotřebí vyrobit. Hlavní distribuční kanál byl OEM, tedy výroba pro přímého zákazníka. V tomto případě platilo, že se poptávka řídila trendem, který stanovoval trh. Zároveň šlo o stabilní objednávky pro dlouhodobě vedené projekty. Druhým distribučním kanálem bylo OES, tedy dodávky distributorovi. Tyto objednávky jsou velice nepravidelné a stanovení poptávky je nejvíce komplikované. Na druhou stranu se jedná o poměrně malé objemy, takže není složité upravit výrobu v případě nepřesnosti. Posledním typem je IAM/AM, tedy výroba náhradních dílů. Tento typ výroby je nejméně efektivní vzhledem k množství nebo přesnosti. AM je velice podobný typ prodeje typu OES. Vyrábí se malá sporadická množství oficiálním servisním partnerům, kteří používají náhradní díly v rámci svých služeb. IAM je interní doplňkový prodej náhradních dílů v rámci společnosti Knorr-Bremse. Zde se jedná spíše o podsestavy nebo obrobené díly, které byly dodávány do jiných závodů, ale pouze za účelem náhradních dílů.

Expanze podniku s sebou přinášela zvyšující se množství požadavků a rostoucí náročnost jednotlivých řídicích činností. Z toho důvodu byl vystaven požadavek na zavedení systému, který by zajistil vzájemnou kalibraci oddělení bez nutnosti zásahu externích řídicích osob, případně minimalizoval potřebu jejich intervence do řízení. Systémy využívané pro komunikaci byly běžně k vidění u mnoha firem podobných té, která je předmětem analýzy. Centrální databázi tvořilo prostředí SAP, které přijímalo data od uživatelů. Pro následnou práci s daty byl používán MS Excel, který pomocí jednoduchého zápisu tvořil výstupy, které byly uživatelsky přívětivější a bylo možné s nimi lépe zacházet. V rámci dlouhodobého fungování bylo vedení software SAP velice finančně náročné. Zároveň docházelo mnohdy k nesouladu potřeb firmy a možností software, jelikož nebyl software v plné režii společnosti. Avšak z důvodu absence alternativy byla firma přesto nucena používat toto logistické prostředí. Co bylo velice dobře zpracované a zároveň i nejsilnější stránkou prostředí SAP, bylo databázové uložení informací, jež bylo velice oblíbené díky své spolehlivosti a širokým možnostem datového propojení. Jinými slovy SAP byl skvělý na

uchovávání a zadávání dat, ale velice neoblíbený kvůli nepřívětivosti uživatelského prostředí a složitosti při práci s ním.

2.3 IBP

Vize nového plánovacího software stála na uživatelské jednoduchosti, dostupnosti a zároveň rychlosti a provázanosti při práci s daty. Proto byl projekt IBP založen na prostředí MS Excel, ale využíval databáze SAP. Pomocí VBA (Visual Basic for Application) byla napsaná aplikace, která byla součástí MS Excel a obsahovala příkazy, které čerpaly data ze SAP. Pomocí hlavních klíčů byla k položkám přiřazována jejich data, na základě kterých IBP sestavovalo plánování na všech úrovních řízení. Šlo o amalgám různých postupů, který vyhodnocoval vstupy zodpovědných osob a vytvářel predikce, které ukazovaly, jakým způsobem komunikovat požadavky na dodavatele i v rámci společnosti. Na diagramu (viz obr. 5) níže je upravený systém řízení při implementaci IBP do oběhu. Je na něm vidět, že ve srovnání s diagramem (obrázek 4) výše je tento mnohem jednodušší a má mnohem méně



Obrázek 5 - Implementace IBP do řízení podniku

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Potřeby závodu nebo jednotlivých závodů jsou v tomto případě zohledňovány vůči objednávkám od zákazníka s ohledem na dovednosti dodavatelů. Propočty jsou na sebe vzájemně navázány a každý uživatel, který má do IBP přístup je schopen okamžitého náhledu na aktuální stav zásob, potřeb, backlogu, odvolávek, a to jak v dlouhodobém, tak i krátkodobém horizontu pro rozdílné závody. Spolehlivost dat je v tomto případě dána spolehlivostí vstupních informací. Zatímco v prvním případě existovala protiváha v přístupu k plánování v podobě ostatních oddělení, která do plánování mohla nějak zasahovat a řídit jej, tak zde jsou data dána systematicky a je možné je upravovat pouze změnou vstupů. Z toho vyplývá, že systém bude fungovat do doby, dokud nenastane nenadálá situace. Stejně tak v této automaticky generované datové matici nebylo možné implementovat lidský faktor v podobě intuice a zkušenosti, které byly za předchozí roky shromážděny. Veškerá tato lidmi generovaná data bylo nutné kvantifikovat, aby s nimi systém mohl pracovat. To bylo obzvláště důležité v případě dodavatelů, kteří měli dlouhodobě kvalitativní problémy, tudíž spolehlivost jejich dodávek byla nižší. Spolehlivost dodavatele vycházela z dodavatelské FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), což byl systém hodnotící rizik spjatých s dodavatelskými výstupy. Na rozdíl od standardní FMEA, jejíž faktory byly detekovatelnost, výskyt a závažnost, byla dodavatelská FMEA hodnocena na základě včasnosti dodávek, míry zmetkovitosti a finanční spolehlivosti dodavatele. Výsledné hodnocení dodavatele bylo RPI (z angl. *Reliability Priority Index*), což byl součin daných koeficientů (viz výpočet 29). Vzhledem k tomu, že je analýza v této práci zaměřena na liberecký závod, jsou pro výpočet relevantní pouze hodnoty související s vybranou pobočkou. Různí dodavatelé měli pro různé závody odlišné výstupy, tudíž nebylo možné tvrdit, že hodnota RPI by byla u všech závodů stejná.

$$RPI = TD \times SR \times FR, \quad (29)$$

kde,

TD (Timely Delivery) je včasnost dodávek,

SR (Scrap Ratio) je kvalitativní hodnocení,

FR (Financial Reliability) je finanční způsobilost dodavatele.

Včasnost dodávek byl ukazatel, který bylo možné definovat pomocí datové matice (viz tabulka 2). Pomocí průměrných kvadrátů z nepřesné dodávky se vypočítávala kvalitativní nepřesnost, aneb jak moc významný byl časový nesoulad mezi očekávanou a skutečnou dodávkou. Údaje byly zadávány ve dnech a byly počítány automaticky (viz vzorec 30) podle očekávaného a skutečného data dodání. Zároveň byl hodnocený poměr spolehlivých a nepřesných dodávek (viz vzorec 31). To bylo vypočítáno jako procentuální zastoupení dodávek, které nebyly v pořádku, z celkového množství. Přiřazení hodnoty RPI potom bylo na základě výše zmíněné datové matice (viz tabulka 2), která definovala, jak vysokou hodnotu bude tato položka indexu mít.

$$\text{Časová nepřesnost} = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{ei} - D_{ri})^2}{n} \quad (30)$$

$$\text{Nespolehlivost doručení} = \frac{n}{m} \quad (31)$$

kde,

D_{ei} je očekávané datum dodání i -té objednávky,

D_{ri} je skutečné datum obdržení i -té objednávky,

n je celkový počet objednávek za sledované období pro daného dodavatele a materiál, které nesplňovaly očekávané datum doručení,

m je celkové množství vystavených objednávek.

Tabulka 2 - Matice pro výpočet TD faktoru

Přiřazená hodnota	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Hodnota časové nepřesnosti	100+	81	64	49	36	25	16	9	4	1
Maximální Procento špatně dodaných	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Jak je z hodnot patrné, není podmínkou, že se oba výsledky budou shodovat na jedné úrovni. Proto je vybrána vážená průměrná hodnota zaokrouhlovaná vždy nahoru na celá čísla. Vážená z toho důvodu, že se do průměru vyšší hodnota započítává 2x, aby byla významnost vyššího z faktorů vždy více zatížena.

Faktorem *scrap ratio* je myšlen počet zmetků, u kterých je hodnocena i závažnost jejich vady. Pro oddělení kvality se ukazatel představující počet neshodných kusů označoval jako PPM (parts per milion), tedy kolik kusů bylo špatných na jeden dodaný milion (viz vzorec 32). Závažnost vady byla předem stanovena pro každý z dílů a jejich jednotlivé části. Informace potřebné pro správnou identifikaci vady dané části materiálu vycházely z výkresů. Samotnou identifikaci NOK kusu provádí zaměstnanci, kteří tyto neshodné kusy hlásí prostřednictvím dedikovaného software do systému, který automaticky popsané vadě přiřazuje její předem stanovenou závažnost na základě popisu sledovaného znaku. Severity neboli závažnost je hodnocena na škále od nuly do deseti. Ukazatel závažnosti je poté vybírán podle průměrné závažnosti umocněné na druhou (viz vzorec 33).

$$PPM = 1000000 \times \frac{m}{n} \quad (32)$$

kde,

m je počet neshodných dílů,

n je celkový počet dodaných dílů.

$$Severity = \frac{\sum_{i=1}^n s_i^2}{n} \quad (33)$$

kde,

s_i je závažnost objevené vady i -té vady (může být více na jednom dílu),

n je celkový počet objevených vad.

Vyhodnocení ukazatelů poté probíhalo opět podle předem stanovené matice hodnot (viz tabulka 3), a zároveň zde platil stejný princip dvojnásobného zhodnocení vyššího parametru pro zachycení jeho závažnosti.

Tabulka 3 - Kvalitativní hodnocení dodavatele

Přiřazená hodnota	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Maximální tolerované PPM	100000	50000	20000	10000	5000	2000	1000	500	100	10
Maximální tolerovaná závažnost	100	81	64	49	36	25	16	9	4	1

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat

Poslední zmiňovaný faktor je finanční způsobilost dodavatele, která byla generovaná externími firmami specializujícími se na tuto problematiku. Sledovaná společnost odebírala tato data od dvou firem, které poskytovaly kvantifikované hodnocení, které si sama společnost pomocí poslední tabulky (viz tabulka 4) opět přiřazovala odpovídající hodnotu. Zde byla brána v potaz pouze vyšší z hodnot, která mohla signalizovat blížící se finanční problémy.

Tabulka 4 - Přiřazení indexové hodnoty

Výsledná hodnota	10	5	1
Z-Skóre	<1.1	1.1–2.6	>2.6
IN05	<0.9	0.9–1.6	>1.6

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Jak je vidět byl tento faktor jako jediný ze tří „nespojité“, protože finanční ukazatele byly definovány jen do tří oblastí, jak je vidět v tabulce. Je důležité mít na paměti, že tato kvantifikace lidského rozhodování je sice maximálně objektivní, ale i přesto zde nejsou zahrnuty některé faktory, které mohou ovlivňovat hodnocení dodavatele ze strany manažerů z různých úrovní řízení. Jedním z nich je komunikace s tímto dodavatelem. Tam lze jen těžko vyjádřit číslem, jak dobře se s dodavatelem jedná, jak konstruktivně reaguje na připomínky nebo jak rychle odpovídá na emaily.

Výpočet RPI je veličina, které může nabývat hodnot od jedné do tisíce, jelikož se jedná o součin tří hodnot každé z intervalu jedna až deset. Toto hodnocení je součástí výpočtu IBP, když vytváří poptávku dodavateli. Jak již bylo zmíněno ve vzorci pro výpočet pravidelné dodávky, tak jsou zde

pouze parametry pro naplnění výrobních požadavků konkrétního závodu. Vlivem externích faktorů jsou tyto odhady nepřesné a často se do nich musí zasahovat. Proto je do celkové objednávkové dávky přidán koeficient RPI, který mění podobu výpočtu do podoby, která je pospána ve vzorci 34:

$$O = \sum_{i=1}^n [\sum_{j=1}^m (Q_{ij} \times C_j \times k_i) \times (1 + \frac{\sqrt{RPI}}{100})], \quad (34)$$

Jelikož bylo dáno, že každý závod bude mít jiné hodnocení pro RPI dodavatele, protože se jedná o součin vícero faktorů, které mají předepsaný výpočet, tak ukazatel RPI bude násobit pouze objem objednávek daného závodu. Pro jiné závody se bude tento samý koeficient chovat jinak především kvůli vstupním datům, která jsou cílena na konkrétní lokaci. Není totiž pravdou, že by přesnost dodávek českého dodavatele byla stejná pro Francii i Českou republiku a podobně. Stejně tak i zmetky, které jsou dodávány do různých lokací mají jinou odhalitelnost kvůli rozdílným typům kontroly, což vede i k rozdílnému hodnocení SR. Jediné hledisko, které měly všechny závody společně bylo hodnocení finanční způsobilosti, které bylo generované externími firmami, takže jej nebylo možné modifikovat pro specifickou lokaci.

Z druhé strany byl aktualizován i systém pro příjem objednávek. Jak je vidět ve výpočtu 9 výše, vystupuje v něm ten stejný koeficient k , který fungoval ve starém systému. Jak ale bylo řečeno, tyto koeficienty stály čistě na empirickém odhadu managementu v minulých letech, který byl postaven na předpokladu, že je poptávka po zboží firmy cyklická (perioda jeden rok). Systém IBP byl však nastaven na automatické kalkulace, které vyžadovaly přesné hodnoty, aby se mohl systém zdokonalovat a vyvíjet. Nutností bylo stanovení metody předpovědi, která by nejlépe odpovídala potřebám firmy. Ta byla nastavena poněkud neobvyklou metodou (viz vzorec 35), a to pro každý produkt zvlášť s tím, že se spočítal průměrný měsíční prodej tohoto výrobku za poslední tři roky v daném měsíci (Pro měsíc leden by to byly ledny roku 2019 až 2021) a vydělil se průměrným objemem prodeje daného zboží za celé tři roky.

$$k = \frac{SV_{pm_{r-1}} + SV_{pm_{r-2}} + SV_{pm_{r-3}}}{SV_{p_{r-1}} + SV_{p_{r-2}} + SV_{p_{r-3}}} \quad (35)$$

kde:

PV_{pm} je „*Selling Volume of product in month*“ tedy prodané množství daného výrobku v daných měsících,

PV_p je objem prodeje toho samého produktu za celý rok,

r je rok, pro který se předpověď počítá.

Tímto postupem vyšel přibližný poměr prodejů pro daný měsíc, což už byla jistá metoda kvantifikace poptávky. Problém spočíval již v předpokladu, že je poptávka cyklická, takže je možné tento postup replikovat. Typ poptávky nebyl zohledňován, což vedlo k nepřesnostem a mylným odhadům. Pravdou zůstává, že značná část zákaznických požadavků vyplývala z nasmlouvaných množství, která byla domluvena již při zavádění projektů. Tím bylo předem dáno množství, které je potřeba vyrobit a odhad poptávky byl izolován na ty díly, které měly sporadickou poptávku. Poslední šedou veličinou ve výpočtu je očekávaný meziroční nárůst prodejů. Je to hodnota opět blíže nespecifikovaná a její dopočet nebyl nastaven ani v IBP. Dle slov managementu je to „*Výsledek dlouhodobé práce marketingu a specialistů, kteří na tom pracují v průběhu roku a hodnotí veškeré možné faktory. Hodnota meziročního růstu objemu prodeje naší firmy se vždy liší v závislosti na mnoha proměnných a není možné toto know-how sdílet.*“ Dále je v IBP nastaven požadavek vždy k 31. říjnu zadat tento koeficient do systému ze strany managementu, aby mohl systém dál běžet. Tímto způsobem jsou zadávány veškeré ukazatele, které mají vytvářet cíle pro KPI daných oddělení.

2.4 Porovnání systémů

Rozhodovací proces vyhodnocující spolehlivost předpovědi byl stanoven na základě přesnosti použité metody v předešlém období. Za roky 2019, 2020 a 2021 byla posbírána data o prodejích všech dílů, které jsou pro analýzu relevantní (měly nenulové hodnoty prodejů pro všechna sledovaná období). Na základě prodejů v roce 2019 byl vytvořen odhad aplikací původní metody stanovení výhledů, poté byl vytvořen odhad vložím dat do nového systému, a nakonec byla vytvořena analýza na základě statisticko-logistických metod, která popisuje, jak by vypadala matematicky maximálně přesná předpověď. Pro potřeby kvantifikace byl použit ukazatel DPA, jehož hodnota vyjadřuje právě hledanou přesnost. Analogicky byly touto analýzou podrobeny roky

2020 a 2021. Pro rok 2022 byla vyžádána data o předpovědi, která by rovněž mohla být postavena testu přesnosti s tím, že tato předpověď by byla vygenerována jak z původního, tak i nově zaváděného systému, aby bylo možné plynule navázat ve srovnávání. K tomu však nedošlo z důvodu utajení dat společností. Původně byl vybrán seznam tisíc pěti set třiceti tří produktů označených interním číslováním, jejichž roční objem převyšoval sto kusů. Tento výběr vycházel z Paretova pravidla, tudíž kritérium sta kusů bylo pro potřeby práce zvoleno iteračně. Z důvodu ochrany citlivých dat společnosti byla na žádost firmy Knorr-Bremse výsledná čísla prodejů v celé práci upravena šidícím koeficientem, aby byla odstraněna relevance dat pro případnou konkurenci. Analýza byla provedena v prostředí MS Excel, kam byla zadávána data do příslušných vzorců. V průběhu analýzy bylo nutné reagovat na určité skutečnosti, které vyvstávaly při zpracovávání dat. V první řadě bylo třeba definovat typ poptávky pro konkrétní díly. Na základě toho bylo možné popsat, jedná-li se o poptávku sporadickou, sezónní nebo poptávku řídicí se předepsaným trendem. K tomuto rozdělení se nabízí použít prodejních kanálů, které definují, jakým způsobem se bude poptávka po produktech chovat. Přes kanály OEM jsou distribuovány výrobky spadající pod dlouhodobě vedené projekty. Tím je myšleno kontrakt na projekt, který má trvání delší než tři roky, nejobvykleji (modus) pět let. V projektu je uvedené očekávané množství, cena nakupovaného zboží i plán distribuce. Tím dostává oddělení logistiky přesná data pro účely plánování, což zužuje manipulační prostor pro úpravy vyráběného množství. Zároveň to znamená, že se ztrácí relevance předpovědi poptávky pro tyto produkty, jelikož je smluvně předem stanovená a známá. Z toho důvodu byly veškeré položky pro účely srovnání očištěny o produkty prodávané kanálem OEM. Jelikož je objem těchto produktů dominantní, tak se výrazně snížil počet prodávaných položek, které splňovaly inicializační podmínku nenulových množství. Poptávka po zboží skrze kanály AM/IAM je ve své podstatě velice sporadická. Vychází z potřeb po náhradních dílech a jsou to množství velice malá (řádově jednotky kusů ročně na závod). Z toho důvodu byly ze stěžejní části analýzy odděleny, aby byly podrobeny jinému typu zkoumání. Z výše uvedeného vyplývá, že analýza přesnosti předpovědi je tvořena především pro ten typ distribučního kanálu, který je nepravidelný nebo nevyplývá z předem nasmlouvaného množství a zároveň objem prodejů skrz tento kanál je dostatečně objemný, aby mohla být vytvořena vypovídající analýza. Tím je poslední zbylý kanál OES, který dodává přeprodejcům tzv. „na police“. Díly jsou dodávány ve větších objemech (z pravidla tisíce kusů za rok) a jejich objednávky jsou nepravidelné v čase i množstvích.

2.5 Popis objednávkového toku OES

Podobně, jako Knorr-Bremse posílá svým dodavatelům odvolávky na materiál (za předpokladu, že respektují MOQ a *frozen zone*), tak stejná pravidla si udržuje vůči svým odběratelům. Každý díl je prodáván v minimálních dávkách a je předepsáno, jak dlouho trvá, než je díl vyroben. Vzhledem k tomu, že výsledný produkt je tvořen materiály různých MOQ a *frozen zone*, tak je nezbytné, aby tyto proměnné byly zohledněny v produktových hodnotách. *Frozen zone* lze poměrně snadno vyvodit z úzkého hrdla podsestav. Ta, která má *frozen zone* nejdelší, určuje, jak dlouhou *frozen zone* bude mít výsledný výrobek. K tomuto času se přičítá doba nutná k sestavení objednaných dílů, je-li veškerý potřebný materiál naskladněn. MOQ je sjednáváno v návaznosti na očekávané požadavky výroby. Každý materiál, který vstupuje do výsledného produktu má odlišná MOQ, ale ten stejný materiál může vstupovat do vícero různých výrobků. Proto se bral při sestavování ohled na nejméně flexibilní materiál, který má buď nejdelší *frozen zone*, nebo nejvyšší MOQ. Výsledný *lead time* (viz vzorec 36) je tedy kombinací nejdelší *frozen zone* a sjednané MOQ. Vzhledem k tomu, že výroba minimální dávky vyžaduje jistý čas sama o sobě, tak v závislosti na kapacitě je přičítá určitý počet směn převedených na dny.

$$Lead\ Time = \max_{frozen\ zone} + \frac{MOQ}{Kapacita} \quad (36).$$

Z důvodu časové náročnosti tak i plynulého plnění požadavků jsou potřebné díly předobjednávány v množství, které je očekávané, že bude potřeba. To je případ, kdy je potřeba předpověď poptávky stanovit v takové přesnosti, aby zákazník dostával zboží včas a zároveň byly minimální náklady na skladování. V tabulce níže je příklad pěti produktů distribuovaných skrze OES kanály a jejich prodaná množství v roce 2019 (viz tabulka 5).

Tabulka 5 - Prodeje v roce 2019

Produkt	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19
II40100F	34528	30594	32872	54401	36332	46282	75514	24186	44122	56379	72268	86542
K192870K57	0	56398	56575	33761	23736	69100	26150	34549	39701	42929	31207	46226
K152525K01	12201	12804	25694	12743	12459	8349	24440	19091	54159	36783	31136	20414
K042994	30269	15606	21641	22042	20817	9917	22858	12154	18538	8814	26980	11610
K096837K50	9263	6875	18912	24337	24958	23271	14146	13103	22642	15359	26222	2663

Zdroj: vlastní zpracování z upravených interních dat společnosti

Vzhledem k velikému objemu dat byla analýza demonstrována na pěti příkladech. Nicméně celkový profil výrobků byl vyhotoven v programu MS excel a výsledek práce je prezentován za kompletní analyzované portfolio. Vzhledem k tomu, že byla k dispozici data objednávaných dílů pro roky 2019 až 2022, tak i dodaných dílů pro roky 2019 až 2021, lze pomocí statistických vyhodnotit přesnost předpovědí.

2.6 Předpověď v původním systému

Před zavedením IBP bylo aplikováno vypočtení předpovědi čistě na odhadovaném meziročním růstu prodeje. Výpočet se tvořil tak, že se sečetly prodeje za celý rok, součet se vynásobil odhadovaným nárůstem a výsledná předpověď byla distribuována na všechny měsíce podle předpisu v tabulce 6. Pro vybrané díly lze předpověď vidět v tabulce níže (viz tabulka 6):

Tabulka 6 - Předpověď pomocí původní metody pro rok 2020

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Podíl na ročním objemu	9.10 %	8.50 %	9.00 %	7.60 %	8.60 %	8.80 %	7.60 %	8.00 %	8.50 %	8.50 %	9.20 %	6.60 %
II40100F	55677	52006	55066	46500	52618	53842	46500	48947	52006	52006	56289	40381
K192870K57	43147	40302	42673	36035	40776	41724	36035	37931	40302	40302	43621	31293
K152525K01	25333	23662	25054	21157	23941	24498	21157	22270	23662	23662	25611	18373
K042994	20737	19370	20510	17319	19598	20054	17319	18231	19370	19370	20965	15040
K096837K50	18910	17663	18702	15793	17871	18287	15793	16624	17663	17663	19118	13715
Skutečný objem prodeje												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840
K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	41 %	39 %	40 %	11 %	24 %	15 %	38 %	47 %	3 %	35 %	37 %	121 %
K192870K57	100 %	11 %	47 %	23 %	26 %	28 %	28 %	11 %	13 %	13 %	8 %	104 %
K152525K01	28 %	23 %	4 %	32 %	54 %	55 %	17 %	24 %	151 %	41 %	19 %	9 %
K042994	36 %	15 %	4 %	26 %	5 %	41 %	27 %	18 %	22 %	49 %	63 %	21 %
K096837K50	51 %	56 %	26 %	75 %	32 %	56 %	30 %	25 %	30 %	7 %	23 %	85 %

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí analýzy interních dat

Pro budoucí reference v práci bude tato metoda značena jako „OG“, jakožto původní metoda. Výsledné srovnání metod je představeno v kapitole „Konečné srovnání“, kde jsou všechny metody aplikovány a jejich přesnost hodnocena ukazatelem MAPE (objednávková nepřesnost), potažmo DPA (objednávková přesnost). U této předpovědi lze konstatovat, že je spolehlivost na první pohled velice nízká. To znamená, že pro nákupčí a případně i logistiky vzniká spousta práce, která může být zpřesněním eliminována.

2.7 Předpověď v aktuálním systému

Nově zaváděné plánování zohledňuje některé faktory, které jsou relevantní a byly v OG metodě vynechány. Jedním z nich je povaha prodejů OES materiálu. Jelikož se jedná o díly, které jsou použity jako originální náhradní díly, tak není možné, aby poptávka po těchto produktech kopírovala prodeje téhož roku dílů prodávaných do OEM. Jako ukázkou lze použít příklad: Když se v roce 2019 prodá dvacet kamionů, tak náhradní díly na tyto kamiony nebude třeba, jelikož jsou nové. Standardní dvouletá záruka říká, že poptávka po náhradních dílech pro tyto stroje se projeví až o dva roky později. Analogicky došlo k aplikaci stejné logiky (viz vzorec 37) do předpovědi poptávky po dílech OES.

$$D_r = S_{OES_{r-2}} * \frac{S_{OEM_{r-2}}}{S_{OEM_{r-1}}} \quad (37)$$

kde:

D je poptávka po konkrétním díle,

S_{OES} je roční objem prodeje konkrétního dílu skrz kanál OES,

S_{OEM} je roční objem prodeje dílu OEM,

r je aktuální rok.

Z toho vyplývá, že měsíční indexy již nejsou použity, ale je aplikován jiný koeficient, který je flexibilnější a lépe reaguje na změny. Analýza dílů výše vybraných (viz tabulka 7) je znázorněna stejným způsobem jako OG předpověď. Pro další reference je tento rozpad značen jako „IBP“ pro přehlednost.

Tabulka 7 - Předpověď v systému IBP pro rok 2021

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Podíl na ročním objemu	9.10 %	8.50 %	9.00 %	7.60 %	8.60 %	8.80 %	7.60 %	8.00 %	8.50 %	8.50 %	9.20 %	6.60 %
II40100F	33520	27346	30256	45702	35528	40951	73521	28414	51990	66376	77936	88346
K192870K57	0	48252	61861	28718	26006	57492	21747	34476	47971	40160	37924	53395
K152525K01	15278	15139	27088	15371	12043	10330	21575	18700	65009	32572	28222	20244
K042994	33833	14417	22757	24761	18753	10149	19404	13054	16980	8281	30441	12377
K096837K50	11023	8062	21321	29245	26763	25735	13875	12165	24807	18699	26815	2348
Skutečný objem prodeje												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840
K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	1 %	15 %	9 %	10 %	12 %	12 %	13 %	9 %	3 %	6 %	1 %	1 %
K192870K57	0 %	7 %	1 %	4 %	17 %	7 %	19 %	2 %	5 %	13 %	6 %	20 %
K152525K01	19 %	20 %	4 %	6 %	8 %	7 %	18 %	9 %	9 %	2 %	8 %	17 %
K042994	17 %	14 %	14 %	12 %	1 %	17 %	14 %	14 %	10 %	20 %	12 %	4 %
K096837K50	15 %	3 %	11 %	6 %	12 %	11 %	20 %	3 %	7 %	1 %	13 %	12 %

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí interních dat

Z tabulky je jasně vidět, že přesnost předpovědi se výrazně zlepšila oproti původní metodě. V tomto případě byla použita data z prodejů OEM z roku 2018 a 2019 s daty prodejů OES v roce 2018 pro tyto díly. V případě použitých metod ale vyvstává jeden problém, a to, že ne každý díl je prodáván oběma distribučními kanály. To může vést k tomu, že není podle čeho vytvořit odhad. V ten moment byla metoda upravena z původního zaměření na jeden díl na celé portfolio závodu, které sloužilo jako reference přibližného meziročního přírůstku.

2.8 Optimální řešení předpovědi

Aplikací kvantitativních metod lze vytvářet přesnější předpověď nebo vybrat tu, která co nejlépe popisuje realitu. Byly aplikovány metody: naivní (viz tabulka 8), lineární regrese (viz tabulka 9), lineární regrese se sezonními indexy (viz tabulka 10) a klouzavé průměry (viz tabulka 11) pro dvanáct období (měsíců).

Tabulka 8 - Předpověď pomoci naivní metody

Naivní metoda	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
II40100F	87913	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251
K192870K57	53531	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166
K152525K01	19834	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576
K042994	12268	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080
K096837K50	2244	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434
Skutečný objem prodeju												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840
K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	62 %	5 %	4 %	26 %	3 %	15 %	40 %	60 %	107 %	31 %	10 %	15 %
K192870K57	100 %	0 %	40 %	56 %	10 %	76 %	52 %	30 %	35 %	23 %	15 %	59 %
K152525K01	9 %	0 %	44 %	45 %	23 %	0 %	59 %	4 %	250 %	44 %	8 %	45 %
K042994	130 %	41 %	19 %	11 %	15 %	36 %	86 %	33 %	2 %	35 %	243 %	65 %
K096837K50	316 %	16 %	202 %	17 %	14 %	21 %	61 %	13 %	84 %	18 %	24 %	91 %

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Pomocí naivní metody je možné zjistit, že měsíční rozdíly jsou velice markantní a její aplikace je v tomto případě irelevantní. Vyhodnocení přesnosti metody je na první pohled velice nízké. Přesnější metoda by ve své podstatě byla regresní analýza, která popisuje chování poptávky jako přímku. Pro každý sledovaný díl byly pomocí MS Excel vypočítány parametry a (směrnice) a b (konstanta). Výsledek regresní analýzy je k vidění v tabulce 9 níže:

Tabulka 9 - Regresní analýza vybraných dílů

Lineární regrese	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
II40100F	53194	53706	54217	54729	55240	55752	56263	56775	57286	57798	58309	58821
K192870K57	39440	39599	39758	39918	40077	40236	40396	40555	40714	40873	41033	41192
K152525K01	24056	24254	24451	24649	24847	25044	25242	25439	25637	25834	26032	26229
K042994	18163	18098	18033	17968	17903	17838	17773	17708	17643	17578	17514	17449
K096837K50	17503	17527	17552	17576	17601	17625	17650	17674	17698	17723	17747	17772
Skutečný objem prodeju												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840

K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	38 %	41 %	39 %	25 %	28 %	18 %	14 %	55 %	7 %	21 %	32 %	52 %
K192870K57	100 %	13 %	58 %	31 %	24 %	33 %	36 %	17 %	12 %	15 %	2 %	55 %
K152525K01	25 %	25 %	6 %	41 %	55 %	56 %	30 %	33 %	132 %	29 %	17 %	36 %
K042994	55 %	9 %	9 %	21 %	4 %	34 %	24 %	16 %	14 %	43 %	95 %	32 %
K096837K50	47 %	56 %	34 %	57 %	34 %	62 %	37 %	29 %	30 %	6 %	32 %	88 %

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Oproti naivní metodě se regresní analýza jeví jako výrazně exaktnější. Je nutné zvážit, který postup nese nejvyšší přesnost během sledovaného období. K tomu je potřeba přidat k předchozí analýze sezónní prvky a aplikovat ji jako další metodu (viz tabulka 10).

Tabulka 10 - Metoda lineární regrese s ohledem na sezónní indexy

Lineární regrese	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
II40100F	38559	33972	36445	54211	42109	50330	80934	29440	55844	71867	85156	98907
K192870K57	0	52693	63488	31747	27990	63431	25880	36044	46621	41496	38153	56977
K152525K01	16648	16832	29101	15629	13176	10855	23687	20212	65366	37817	33022	21174
K042994	29398	14850	20408	21876	18508	10200	20507	12816	16118	8635	29248	11414
K096837K50	9877	7582	21289	27064	25159	25900	13076	12634	23505	17641	25538	2368
Skutečný objem prodeju												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840
K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	14 %	7 %	10 %	24 %	5 %	9 %	21 %	13 %	4 %	2 %	9 %	10 %
K192870K57	0 %	15 %	1 %	13 %	8 %	16 %	0 %	6 %	2 %	16 %	5 %	12 %
K152525K01	9 %	8 %	11 %	8 %	16 %	2 %	26 %	16 %	9 %	12 %	7 %	21 %
K042994	4 %	11 %	4 %	0 %	0 %	16 %	8 %	16 %	6 %	15 %	17 %	4 %
K096837K50	6 %	3 %	11 %	2 %	6 %	10 %	15 %	1 %	2 %	7 %	8 %	13 %

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Z čísel v tabulce 10 je vidět, že se jedná o zatím nejpřesnější postup. Velice často používaná metoda v odděleních plánování je výpočet klouzavých průměrů. Ty byly pro potřeby práce vybrány pro dvanáct období a tato metoda je popsána v tabulce níže (viz tabulka 11):

Tabulka 11 - Předpověď pomocí klouzavých průměrů

Klouzavé průměry (12)	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
II40100F	33356	27212	30108	45478	35354	40750	73161	28275	51735	66051	77554	87913
K192870K57	0	48375	62018	28791	26072	57638	21802	34564	48093	40262	38020	53531
K152525K01	14968	14832	26539	15059	11799	10121	21138	18321	63691	31912	27650	19834
K042994	33534	14290	22556	24542	18587	10059	19233	12939	16830	8208	30172	12268
K096837K50	10535	7705	20378	27951	25579	24597	13261	11627	23710	17872	25629	2244
Skutečný objem prodeje												
II40100F	33085	31533	32890	41280	39840	45850	64096	25760	53434	70120	77251	89200
K192870K57	0	44825	62720	27664	30352	53424	25872	33712	45584	34892	40166	63840
K152525K01	18144	18144	26040	14448	11088	11088	17640	16968	59472	33264	30576	16800
K042994	28160	16480	19680	21821	18560	11840	22080	14883	15200	9950	34080	11840
K096837K50	9330	7796	23574	27586	23643	28612	11110	12524	22984	18864	23434	2068
Rozdíl v (%)												
II40100F	1 %	16 %	9 %	9 %	13 %	13 %	12 %	9 %	3 %	6 %	0 %	1 %
K192870K57	0 %	7 %	1 %	4 %	16 %	7 %	19 %	2 %	5 %	13 %	6 %	19 %
K152525K01	21 %	22 %	2 %	4 %	6 %	10 %	17 %	7 %	7 %	4 %	11 %	15 %
K042994	16 %	15 %	13 %	11 %	0 %	18 %	15 %	15 %	10 %	21 %	13 %	3 %
K096837K50	11 %	1 %	16 %	1 %	8 %	16 %	16 %	8 %	3 %	6 %	9 %	8 %

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Postup aplikovaný v předchozí metodě se také jeví jako poměrně přesný. K určení té nejvíce padnoucí techniky pro potřeby firmy je však nutné srovnat výsledky celé analýzy.

2.9 Konečné srovnání

Po aplikaci poslední metody, která zprvu působí poměrně spolehlivě je možné vytvořit shrnutí toho, jak přesně systémy fungují. Pomocí ukazatele DPA lze říct, jak přesně byla předpověď stanovovaná pro konkrétní díly (viz tabulka 12).

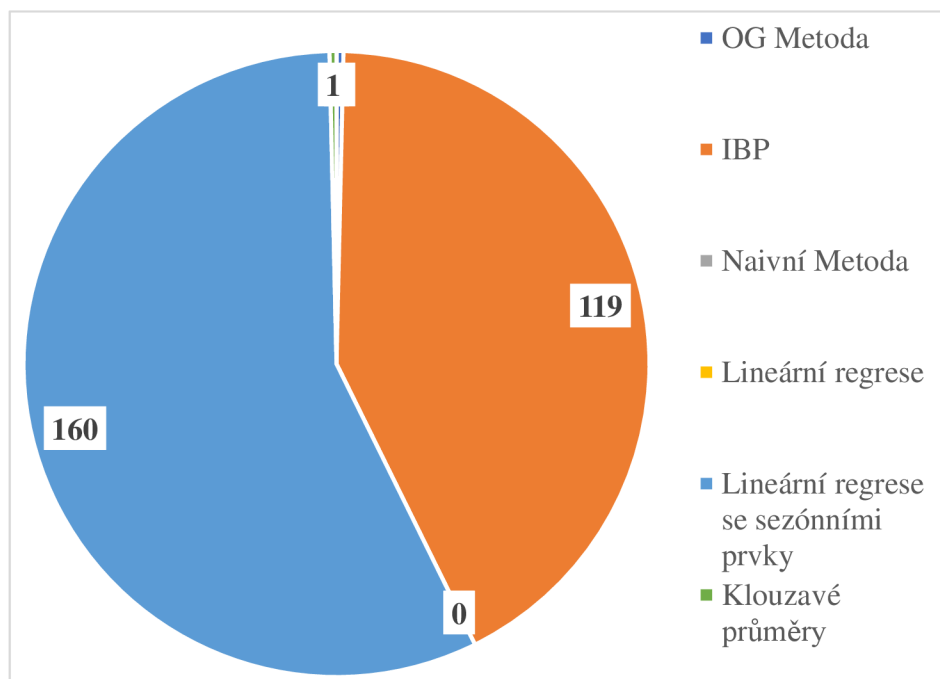
Tabulka 12 - Vyhodnocení přesnosti na vybraných dílech

Metoda:	OG	IBP	Naivní	Lineární Regrese	Lin. Reg + SI	Klouzavé Průměry	Nejpřesnější metoda
II40100F	62 %	92 %	68 %	69 %	89 %	92 %	IBP
K192870K57	66 %	91 %	55 %	67 %	91 %	91 %	Lin. Reg + SI
K152525K01	62 %	89 %	56 %	59 %	88 %	90 %	Klouzavé Průměry
K042994	73 %	88 %	40 %	70 %	92 %	87 %	Lin. Reg + SI
K096837K50	59 %	91 %	27 %	57 %	93 %	91 %	Lin. Reg + SI

Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

V předchozí tabulce je zobrazení přesnosti předpovědi na příkladu pěti vybraných produktů. Pomocí funkce „=XLOOKUP(MAX(AI41:AN41),AI41:AN41,\$AI\$40:\$AN\$40)“ v MS Excel byla přiřazena nejpřesnější předpověď pro každý z dílů. Pro situaci pěti vybraných dílů se jevila lineární regrese s ohledem na sezónní indexy jako ta nejspolehlivější. Jak ale bylo zmíněno v předešlé části, celkové analýze bylo podrobena kompletní portfolio výrobků z distribučního kanálu OES. V případě celkového vyhodnocení výsledek nebyl tolik jednoznačný (viz graf 13 níže). Byť byla lineární regrese zvažující sezónní prvky nejčastěji nejpřesnější, metoda IBP byla rovněž velice účinná.

Tabulka 13 - Výskyt nejpřesnějších hodnot



Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních dat

Téměř 57 % všech odhadů je nejspolehlivějších pomocí metody lineární regrese se sezónními prvky. Přes 42 % poté metoda IBP. Jelikož výsledek není naprosto jednoznačný, je potřeba zohlednit konzistenci obou metod. K tomu slouží ukazatel směrodatné odchylky, který je v běžné praxi ve firmě označován, jako způsobilost předpovědi. Zatímco směrodatná odchylka pro DPA lineární regrese se sezónními prvky vyšla 0,132, tak pro IBP byla směrodatná odchylka pouze 0,036. Oboje lze považovat za přesné hodnoty, ale ve srovnání je IBP o 266 % méně vychylující se od průměru oproti druhé metodě. Jinými slovy lze metodu IBP považovat za konzistentní a přesnou. Dalším pohledem na skutečnost přesnosti měření je fakt, že pokud bylo IBP v přesnosti horší, tak to bylo průměrně o 3 %, zatímco v dílech, kde bylo nepřesné měření pomocí lineární regrese, tak bylo v průměru horší o 14 %. Těchto hodnot bylo dosaženo (viz vzorec 38) absolutní hodnotou rozdílu mezi přesnostmi obou metod a aplikací funkce AVERAGEIF, která vybírala průměr pro dvě stěžejní proměnné.

$$DEV_a = \frac{\sum_i^n DEV_m}{n_m} \quad (38)$$

Kde:

DEV_a je průměrný rozdíl v přesnosti metody,

DEV_m je rozdíl, kdy je přesnější hledaná hodnota,

N_m je počet vyskytnutých měření, kdy je metoda m přesnější.

Z toho vyplývá, že pro potřeby společnosti Knorr-Bremse je pro výpočet předpovědi opravdu vhodnější. Je to dáno i faktem, že zatímco IBP zohledňuje měsíce, kdy je nulová poptávka po zboží OES, zatímco regrese je vhodná pro konzistentnější typy poptávky.

2.10 Předpověď na další období

Při pohledu na výsledky předchozích dat lze poměrně přesně stanovit očekávanou poptávku po zboží. Data získaná z firmy byla včetně dat o prodejkách pro měsíc leden, i když jen pro některé z dílů, protože ne všechny díly byly v tomto odhadovaném období (leden 2022) prodávány. To vede k otázce, která metoda je z těch použitých nejpřesnější a má být použita? Pokud je přáním firmy mít nejpřesnější předpověď pro všechny díly, tak odpovědí nebude jedna metoda, ale hned několik. Z důvodu absence některých dílů se zredukoval počet nejpřesnějších metod ze čtyř na pouhé dvě, a to ty nejčastější: lineární regresi se sezónními prvky a IBP. Při zohlednění přesnosti každé z metod pro vybraný díl lze rozdělit prodávané produkty na skupinu definovanou metodou IBP a druhou definovanou regresní metodou (viz tabulka 14). Tím by bylo zajištěno, že bude předpověď nejspolehlivější. Metodicky vzato není možné způsoby předpovědi kombinovat, a proto byla na základě konzistentnějších výsledků byla zvolena metoda IBP (viz tabulka 14).

Tabulka 14 - Porovnání přesnosti předpovědi a skutečnosti pro třicáté sedmé zkoumané období

Material	JAN 2022	Předpověď							Procentuální rozdíl						Nejúčinnější metoda pro 2022
		OG	IBP	Naivní	Lineární Regrese	Lineární regrese se sezónními prvky	Klouzavé Průměry	Nejpřesnější metoda podle analýzy	OG	IBP	Naivní	Lineární Regrese	Lineární regrese se sezónními prvky	Klouzavé Průměry	
K016929	268	20	142	154	178	134	144	Lineární regrese se sezónními prvky	1247 %	89 %	74 %	51 %	100 %	86 %	Lineární Regrese
K04672K50	669	20	300	182	184	334	300	Lineární regrese se sezónními prvky	3191 %	123 %	268 %	264 %	100 %	123 %	Lineární regrese se sezónními prvky
II33441A	16052	16	180	99	118	145	179	IBP	98343 %	8841 %	16114 %	13561 %	10969 %	8868 %	IBP
II41063F	514	17	321	0	130	257	299	Lineární regrese se sezónními prvky	2948 %	60 %	100 %	296 %	100 %	72 %	IBP

K073228	537	57	495	500	563	537	500	Lineární regrese se sezónními prvky	838 %	9 %	7 %	5 %	0 %	7 %	Lineární regrese se sezónními prvky
---------	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------	-----	-----	-----	-----	-----	---

Zdroj: vlastní zpracování na základě analýzy interních dat

Zelenou barvou je pro přehlednost pomocí podmíněného formátování nastaveno pravidlo, které kontroluje metody v předpovědi i ve výsledné úspěšnosti. Zjistilo se, že poptávka pro leden v roce 2022 pro tyto díly byla v rozporu s očekávaným předpokladem. Při bližší investigaci rozdílů se zjistilo, že už během roku 2021 došlo ke značným strukturálním změnám v portfoliu společnosti. Mnohé projekty byly relokovány do jiných závodů po Evropě a s nimi i povinnost udržovat OES díly s těmito projekty spojenými. Tímto způsobem se stalo to, že tyto díly byly prodány jako tzv. *last time batch* tedy poslední dávka, což vedlo k enormnímu nárůstu prodeje některých z dílů (například díl II33441A v tabulce 14). Opačně u některých dílů je možné, že jejich prodeje zanikly z důvodu již zmíněné relokace. Celkově vzato tyto situace nabourávají logiku veškerého plánování, čímž způsobují tyto skoky, které systém neumí sám zpracovat.

Závěr

V rámci práce došlo k podrobné analýze toku informací a materiálu uvnitř firmy Knorr-Bremse i ve spojení k jejím externím stakeholderům. Tento tok byl rovněž popsán a vysvětlen z hlediska specifik používaných ve firmě Knorr-Bremse. Výsledkem této analýzy bylo stanovení optimální metody předpovědi poptávky, odhadnutí poptávky na další období a hlubší rozbor deviací specifických metod v případě, že jejich výstupy se z nějakého důvodu vychýlily od normálu. Z těchto informací vyplývá, že je potřeba okomentovat chování dat. IBP jako metoda je pro potřeby firmy velice přesná. Jelikož je metoda postupně implementována, tak se počítá i s přidáváním dalších proměnných a faktorů do těchto výpočtů, které ji ještě zpřesní. Jejím hlavním úskalím je to, že dělá přesně to, co se jí řekne. Ne vždy je to však to, co se po této metodě požaduje od managementu nebo uživatelů. Problém tedy nastává v uživatelském rozhraní, které je potřeba nastavit a vyvinout tak, aby uživatelé nemohli data uvést špatně, čímž by metodu mohli znehodnotit. S tím se nabízí návrhy na zlepšení předpovědi metody IBP.

První problém nastává při předávání informací dodavateli. Systém je nastavený tak, aby zajistil navyšování požadavků dodavatelům, kteří mají zhoršený ukazatel RPI. Protože se počítá s jejich nespolehlivostí, tak jsou na ně vyvíjeny vyšší nároky než na dodavatele, kteří jsou přesní. To však znamená, že dlouhodobě dodavatelé méně stabilně uspokojují poptávku firmy, což jim nadále zhoršuje ukazatel RPI. Tím se dostává dodavatel do tzv. spolehlivostní spirály, kdy stále hůře dodává, čímž nadále klesá RPI. Proto jedna z možností zlepšení IBP je vytvoření *triggerů* (spouštěčů), které budou odpovědným oddělením hlásit zhoršující se výsledek dodavatele v jedné ze tří kategorií. Tím bude nastaven preventivní systém údržby dodavatele. Pokud se bude zhoršovat koeficient kvality, bude oddělení kvality pracovat na rozvoji dodavatele po jakostní stránce produktu. V případě přesnosti dodávek to bude řešit nákup. Nespornou výhodou IBP je i jistá předpověď, kterou poskytuje pro tyto ukazatele, jelikož je možné sledovat tyto ukazatele průtokově a v případě zhoršujícího se trendu (na příklad období čtyř až šesti po sobě zhoršujících se měsíců) je možné reagovat ještě před tím, než dojde k nějakému závažnému, špatně řešitelnému problému. Pro manažery jednotlivých oddělení vzniká příležitost dohledu nad stanovovanými KPI také za pomoci těchto komplexních ukazatelů. Opačně lze z těchto ukazatelů vytvořit nová KPI, která by nezpůsobovala problémy jiným oddělením na úkor ostatních, což by umožnilo vyvolat potřebu po

vzájemné spolupráci mezi odděleními oproti panující soutěživosti vedoucí až k nevraživosti. Mimo jiné to také znamená, že lze sledovat méně ukazatelů nebo vytvořit hierarchickou návaznost ukazatelů (*snížení zmetkovitosti (ukazatel jedna) povede ke zlepšení dodávkové přesnosti (ukazatel dva)*), což povede k lepšímu výstupu dodavatelského RPI).

V této práci bylo použito šesti metod předpovědi poptávky, z nichž každá měla rozdílný výstup. Některé byly velice nepřesné (například naivní metoda odhadu), i když se pro některé díly objevovaly modely, kde byly nejpřesnější (klouzavé průměry). Celkově řečeno je tedy potřeba brát v úvahu to, že různé modely mají různé možnosti popisu reality. Na základě toho je potřeba zvážit, který z nich je nutné aplikovat, aby byla předpověď co nejspolehlivější a zajistilo se tím, že bude nejméně práce s úpravami objednávek nebo minimální spotřeba peněz na skladovaný materiál. Z výpočtu lze vyčíst, že všechny propočty jsou automaticky nastavené s tím, že když se změní data, změní se i výstupy při vložení dat. Proto je nasnadě vytvořit systém, který by dokázal průtokově vyhodnocovat, která z metod nejlépe popisuje skutečnost a tu použít pro tvorbu předpovědi. Vše se dá podmínit vzorci tak, aby při rozdílu očekávaných a skutečných prodejů bylo fluidně upraveno i poptávané množství u dodavatele (viz tabulka XY). Plyne z toho však několik rizik. První z nich spočívá v existenci *frozen zone*, která v propočtech uváděných v této práci není zahrnuta a bylo by třeba s tím počítat. Druhé riziko je, že změna může nastat nesynchronně s tím, kdy bude ze systému čteno, což povede k neaktuálním datům pro toho, kdo ze systému čerpá. Například pokud si dodavatel přečte, že poptávka po zboží od něj je tisíc kusů a nastaví si podle toho výrobu, tak není zajištěno, že se ta poptávka nesníží na základě změny jiného z faktorů. Tomu se dá zamezit v případě nastavení obnovovacích oken. Tedy času, kdy lze upravovat objednávky, požadavky nebo jiné parametry, což může být značně omezující pro dlouhodobé plánování. Druhá varianta nabízí elegantnější řešení v podobě pracovního okna, kdy je nastavena obnova vždy půl hodiny před začátkem směny nebo na začátku dne nebo týdne, zkrátka kdykoliv uzná správce systému za vhodné. Tím je zajištěno, že pokud bude probíhat nějaká změna, uvidí se až v další termín obnovy a již je možné s něčím přesným počítat. Poslední variantou je limitace možností některých z úprav tak, aby jejich zásah nemohl být nijak zásadní. Tím se zajistí, že změny budou pravidelnější, nebudou skokové a pro dodavatele i firmu lépe přijatelné.

Nastavení kontrolního systému pro IBP je nutné pro neustálé zlepšování. Nebyl však do doby zpracování analýz vytvořen mechanismus, který by hlásil vychylování systému nebo jeho zhoršující se přesnost. Návrh na zlepšení spočívá ve vytvoření testovacího týmu, který by konzistentně sbíral data z rozdílných oblastí v daných cyklech. Ty by vyhodnocoval na základě předpisu správného nebo spolehlivého chování systému. Na základě GAP analýzy by bylo zjištěno, proč se výpočty odchyľují od očekávaných výsledků. Tím, že je IBP velice nové, tak je možné, že se budou objevovat nové faktory nebo proměnné, které bude potřeba brát v úvahu. Například již zmiňovaná reakční doba dodavatele může být také kvantifikovanou veličinou, například kolik hodin v průměru trvá, než dodavatel odpoví a je skutečně v práci. Například email odeslaný čínskému dodavateli ve čtyři odpoledne v Česku znamená, že se k němu ten dodavatel dostane nejdříve v deset večer, kvůli rozdílným časovým pásmům. Což uvažuje-li se pracovní doba od šesti hodin ráno, tak je to minimálně osm hodin, kdy dodavatel o existenci zprávy nemá tušení. Přesně tento jev je třeba zohlednit při kvantifikaci. Nakonec lze pomocí tabulek zařadit hodnotu reakční doby do některé z kategorií a zohlednit toto hodnocení ve výpočtu RPI jako faktor (prozatím neurčitého významu). Podobně lze kategorizovat i chování dodavatele, jeho postoj k reklamacím, přijímání zodpovědnosti za špatné díly nebo dodávky a jiné prvky v jednání. Největší překážkou však zůstává objektivita tohoto hodnocení. Není možné zaručit, že dva lidé budou stejného dodavatele hodnotit stejnou měrou, čímž bude výsledek ztrácet na vypovídací hodnotě.

Ať už se jedná o krizi způsobenou pandemií virem SARS-CoV-19 v letech 2020 až 2021, nebo Ukrajinsko-Ruskými konflikty na počátku roku 2022, či dalšími těžko ovlivnitelnými událostmi ovlivňujícími světovou ekonomiku, není vždy možné naprosto spolehlivě stanovit jakým způsobem poroste světová ekonomika a s ní světový trh s těžkou technikou. V případě těchto nenadálých situací není možné aktivně reagovat na poklesy či nárůsty, když systém očekává konzistentní chování. Odpověď IBP je v tomto případě opožděná a je nutné zasáhnout přímo do předpisu celého systému. To může způsobit ztrátu dat, zkrácení některých výstupů nebo resetování některých již naučených postupů. Řešením tohoto rizika je zavedení řídicího oddělení IBP, které by mohlo aktivně manipulovat s daty v systému a upravovat je na tolik šetrně a zdatně, aby nedocházelo k poškozování systému. To přidává nadhled nad kontrolou fungování systému, řeší i jiná rizika a vytváří centrální „mozek“ systému, který má jasné kompetence a je možné se na něj obrátit s požadavky na reakci na nenadálé situace. Do doby tvorby této práce existoval takovýto

tým pouze jako skupina vývojářů, kteří podle požadavků zadávali předpisy pro chování IBP, ale systém jako takový neřídili. V kombinaci s manažery oddělení logistiky, kvality, nákupu a dalšími je možné komunikovat takovéto změny tak, aby byla zajištěna stabilita systému bez dalších rizik.

S předchozím bodem se pojí i komplikace v podobě prodloužené reakční doby systému. Když dojde k nějaké zásadní změně, jako tomu bylo v kapitole o předpovědi pro leden roku 2022 trvá dlouho, než se tyto změny zaznamenají. Stále je řeč o distribučním kanálu OES, kde se problém stal, ale to neznamená, že to samé nemůže nastat v jiných částech systému. Aby k tomuto nedocházelo, lze nastavit do systému omezení na vkládání extrémních či neobvyklých hodnot. Tím by bylo zamezeno, že se bude vyvíjející se logika bránit před znehodnocováním. Pro tyto hodnoty by byl vytvořen paralelní systém nebo databáze uchovávající potřebnou informaci, která by se v reportech objevovala, ale nikoliv v IBP jako takovém. To totiž stojí na konzistenci a pravidelnosti, což tyto neobvyklé události (až vzácné) rozbírají.

Na základě zpracovaných informací v této práci a osobní zkušenosti autora lze zhodnotit, že systém IBP je tvořen tak, aby maximálně vyhovoval specifickým potřebám této firmy pro prodejní kanál OES, který je nejvíce fluktuující, co se týče objednávkového množství. I přes vysoké nároky dokáže systém IBP nejvíc konzistentně reflektovat potřeby firmy s maximální přesností a minimálními odchylkami od skutečnosti. Při zavedení některých doporučení je vysoký předpoklad úspěšnosti implementace tohoto systému do běžné praxe. Hlavním předpokladem IBP je respektování nastavených pravidel uživateli, protože to může být největším úskalím pro fungování křehkého systému, který se učí reagovat na chod firmy.

Citované zdroje a literatura

AJEYA, Akshat. 2018. *GoMechanic.in* [online]. Haryana: [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://gomechanic.in/blog/car-spare-parts/>

BAZALA, Jaroslav. 2014. *Logistickaakademie.cz* [online]. Ostrava: [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.logistickaakademie.cz/blog/diskutovana-temata/kde-se-vzala-logistika-anebo-historie-logistiky>

DI, Xuan, SHI, Rongye, 2021. A survey on autonomous vehicle control in the era of mixed-autonomy: From physics-based to AI-guided driving policy learning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. **125**. ISSN 0968-090X.

GROS, Ivan, Ivan BARANČÍK a Zdeněk ČUJAN. 2016. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-952-5.

JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ. 2012. *Logistika pro ekonomy – vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 978-80-7357-958-6.

MEDIAVILLA, Mario Angos, DIETRICH, Fabian, PALM, Daniel, 2022. Review and analysis of artificial intelligence methods for demand forecasting in supply chain management. *Procedia CIRP*. **107**, 1126-1131. ISSN 2212-8271.

RAMACHANDRANA, K.K., MARY, A. S., HAWLADAR, S., ASOKK, D., BHASKAR, B., PITRODAF, J.R., 2022. Machine learning and role of artificial intelligence in optimizing work performance and employee behavior. *Materials Today: Proceedings*. **51(8)**, 2327-2331. ISSN 2214-7853.

HYNDMAN, Rob J. 2018. *Forecasting: Principles and Practice*. Melbourne: OTexts. ISBN 978-09-875-0711-2

CHASE, Charles W. 2013. *Demand-Driven Forecasting*. New Jersey: Wiley & co. Publishing. ISBN 978-11-186-6939-6

CHRISTOPHER, Martin. 2016. *Logistics and supply chain management*. Cambridge: Pearson Publishing. ISBN 978-12-920-8379-7.

JOHNSEN, Thomas E., Mickey HOWARD, a Joe MIEMCZYK. 2014. *Purchasing and Supply Chain Management: A Sustainability Perspective*. London: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-315-81921-1.

JUROVÁ, Marie, et al. 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-9331-8.

Karat Software. 2022. *Karat informační systém* [online]. Přerov: [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.karatsoftware.cz/erp-karat/crm-system>

KLABUSAYOVÁ, Naděžda. 2019. *vovcr.cz* [online]. Litoměřice: [cit 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/409/page00.html>

KRAFT, Jiří, BEDNÁŘOVÁ, Pavla, KOCOUREK, Aleš. 2019. *Mikroekonomie II*. Liberec: Karolinum Publishing. ISBN 978-80-749-4498-7

MA, Xiaoyu. 2016. *Databáze článků ProQuest* [online]. Heidelberg, Nizozemsko: ProQuest. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1880814514/E58B857441304175PQ/19?accountid=17116>

Management Mania. 2016. *HRM (Human Resources Management) - řízení lidských zdrojů* [online]. Praha: [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/hrm-human-resources-management-rizeni-lidskych-zdroju>

Nasirzadeh, Roya & Nasirzadeh, Fariba & Mohammadi, Zohreh., 2019. *Linear regression analysis for interval-valued functional data* [online]. Hague: Wiley Subscription Services, Inc. [cit 2022-06-12]. **10**(1) Dostupné z ProQuest Ebook Central: doi:<https://doi.org/10.1002/sta4.392>.

NECHAYEV, A., SKOROBOGATOVA, Y., NECHAYEVA, M., 2021. Toolkit for the Transportation and Logistics Infrastructure. *Transportation Research Procedia*. **54**, 637-644. ISSN 2352-1465.

PRESWICH, S.D., TARIM, S.A., ROSSI, R., 2021. Intermittency and obsolescence: A Croston method with linear decay. *International Journal of Forecasting*. **37**(2), 708-715. ISSN 0169-2070.

RUI, L., YANG, S., GAO, Z., LI, W., QIU, X., MENG, L., 2022. Smart network maintenance in edge cloud computing environment: An allocation mechanism based on comprehensive reputation and regional prediction model. *Journal of Network and Computer Application*. **198**. ISSN 1084-8045.

Sidqi, F., Sumitra, I. D., 2019. *Forecasting product selling using single exponential smoothing and double exponential smoothing methods* [online]. Bristol: IOP Conference Series [cit 2022-06-12]. **662**(3) Dostupné z ProQuest Ebook Central: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/3/032031>.

SUBIYANTO, E., SUYOTO, Y. T., 2020. Determining value of logistics costs in projects: empirical findings based-on executing several cement projects in Indonesia. *Heliyon*. **6**(7). ISSN 2405-8440.

SYNEK, Miloslav, et al. 2011. *Manažerská ekonomika*. 5. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3494-1.

Technodat. 2019. *průmysl-4.cz* [online]. Zlín: [cit 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.prumysl-4.cz>

TNT. 2017. *tnt.cz* [online]. [cit 2022-04-20]. Dostupné z:
https://www.tnt.com/express/cs_cz/site/how-to/understand-incoterms.html

TVRDOŇ, Leo. 2020. *Doprava, Logistika Profi* [online]. Praha: [cit 2022-05-02]. Dostupné z:
<https://www.dlprofi.cz/33/predikce-poptavky-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsbZHOHYjaSql/>

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-8683-4.

WANG, J., ZHANG, L., LIN, K., FENG, L., ZHANG, K., 2022. A digital twin modeling approach for smart manufacturing combined with the UNISON framework. *Computers & Industrial Engineering*. **169**. ISSN 0360-8352.

WANG, Y., SARKIS, J., 2021. Emerging digitalisation technologies in freight transport and logistics: Current trends and future directions. *Transportation Research Part E*. **148**. ISSN 1366-5545.

WERNER, Hartmut. 2020. *Supply chain management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling*. Berlin: Springer. ISBN 978-36-583-2428-5.

ZIELSKE, M., HELD, T., 2022. Agile methods used by traditional logistics companies and logistics start-ups: a systematic literature review. *The Journal of Systems & Software*. **190**. ISSN 0164-1212.