

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2031 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301V007 Průmyslové inženýrství a management

DISERTAČNÍ PRÁCE

**Metodika pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na
Průmysl 4.0**

Autor: **Ing. Michal Zoubek**
Školitel: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2020/2021

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení disertační práci zpracovanou na téma:

Metodika pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, dle Studijního a zkušebního řádu Západočeské univerzity v Plzni, pod odborným dohledem školitele a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne:

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu disertační práce Doc. Ing. Michalovi Šimonovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během psaní této práce. Dále děkuji za ochotu a praktické rady Doc. Ing. Janě Kleinové, CSc.

Děkuji také Ing. Martinovi Kratochvílovi za odborné konzultace, praktické rady a pomoc při získávání potřebných informací.

Velké poděkování patří také rodině za veškerou podporu během doktorského studia a trpělivost v průběhu psaní disertační práce.

ANOTACE

AUTOR	Příjmení (včetně titulů) Ing. Zoubek	Jméno Michal
STUDIJNÍ OBOR	Průmyslové inženýrství a management	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal
PRACOVISŤE VEDOUcíHO	ZČU – FST – KPV	
DRUH PRÁCE	Disertační práce	
NÁZEV PRÁCE	Metodika pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0	

Fakulta: Strojní

Katedra: Průmyslové inženýrství a management

Rok odevzdání: 2021

Počet stránek (A4 a ekvivalentů A4)

Celkem	189	Textová část	131	Grafická část	58
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Disertační práce se zaměřuje na hodnocení interních logistických procesů v rámci konceptu Průmysl 4.0. Náplní úvodních kapitol je přehled současného stavu problematiky s cílenými teoretickými východisky hlavních příslušných témat, kterými jsou koncept Průmysl 4.0, oblast interní logistiky s vazbou na tento koncept, metodiky logistických auditů a modely hodnotící připravenost podniků. Cílem je vytvoření metodiky pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0, přičemž její hlavní kroky vývoje a tvorby jsou vždy popsány včetně klíčových parametrů, které tvoří pevný základ metodiky. Posouzeny jsou veškeré procesy interní logistiky, které jsou rozděleny do hlavních dimenzí a jsou strukturovány. S využitím metodiky jsou následně procesy hodnoceny, posouzena je současná úroveň. Práce je zakončena ověřím inovativního způsobu hodnocení v průmyslových podnicích.
KLÍČOVÁ SLOVA	Průmysl 4.0, interní logistika, model připravenosti, metodika, hodnocení, dimenze, subdimenze, ukazatele, úroveň.

SUMMARY

AUTHOR	Surname (including of Degrees) Ing. Zoubek	Name Michal
FIELD OF STUDY	Industrial Engineering and Management	
SUPERVISOR	Surname (including of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D	Name Michal
INSTITUTION	ZČU – FST – KPV	
TYPE OF WORK	Dissertation work	
TITLE OF THE WORK	Methodology for evaluating the readiness of internal logistics processes for Industry 4.0	

Faculty: Mechanical Engineering

Department: Industrial Engineering and Management

Submitted in: 2021

Number of pages (A4 a eq. A4)

Totally	189		Text part	131		Graphical part	58
----------------	-----	--	------------------	-----	--	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The dissertation focuses on the evaluation of internal logistics processes within the concept of Industry 4.0. The content of the introductory chapters is an overview of the current state of affairs with targeted theoretical background of the main relevant topics, which are the concept of Industry 4.0, the field of internal logistics with a link to this concept, logistics audit methodologies and models assessing the readiness of companies. The aim is to create a methodology for evaluating the readiness of internal logistics processes for Industry 4.0, while its main development steps are always described, including key parameters, which form a solid basis for the methodology. All internal logistics processes are assessed, which are divided into main dimensions and are structured. Using the methodology, the processes are then evaluated, the current level is assessed. The work ends with a test of an innovative way of evaluation in industrial companies.
KEY WORDS	Industry 4.0, internal logistics, readiness model, methodology, evaluation, dimensions, subdimensions, indicators, levels.

KURZFASSUNG

AUTOR	Nachname Ing. Zoubek	Name Michal
STUDIENFACH	Industrial Engineering and Management	
BETREUER	Nachname Doc. Ing. Šimon, Ph.D	Name Michal
INSTITUTION	ZČU – FST – KPV	
ART DER ARBEIT	Dissertationsarbeit	
TITEL	Methodik zur Bewertung der Bereitschaft interner Logistikprozesse für Industrie 4.0	

Fakultät: Maschinenbau

Kathedern: Industrial Engineering and Management

Abgeben: 2021

Anzahl von seiten (A4 a eq. A4)

Total	189	Text teile	131	Grafik	58
--------------	-----	-------------------	-----	---------------	----

KURZBESCHREIBUNG	Die Dissertation konzentriert sich auf die Bewertung interner Logistikprozesse im Rahmen von Industrie 4.0. Der Inhalt der einleitenden Kapitel gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Dinge mit einem gezielten theoretischen Hintergrund der Hauptthemen, nämlich das Konzept von Industrie 4.0, das Gebiet der internen Logistik mit einem Link zu diesem Konzept, Logistikprüfungsmethoden und Modelle zur Bewertung der Bereitschaft von Unternehmen. Ziel ist es, eine Methodik zur Bewertung der Bereitschaft interner Logistikprozesse für Industrie 4.0 zu erstellen, wobei die wichtigsten Entwicklungsschritte immer beschrieben werden, einschließlich der Schlüsselparameter, die eine solide Grundlage für die Methodik bilden. Es werden alle internen Logistikprozesse bewertet, die in Hauptdimensionen unterteilt und strukturiert sind. Unter Verwendung der Methodik werden dann die Prozesse bewertet, das aktuelle Niveau wird bewertet. Die Arbeit endet mit einem Test einer innovativen Bewertungsmethode in Industrieunternehmen.
SCHLÜSSELWÖRTER	Industrie 4.0, interne Logistik, Bereitschaftsmodell, Methodik, Bewertung, Dimensionen, Subdimensionen, Indikatoren, Ebenen.

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek.....	12
Seznam zkratk.....	13
Glosář	15
Úvod	16
1 Cíle disertační práce	17
2 Přehled současného stavu problematiky a teoretická východiska disertační práce.....	19
2.1 Problematika konceptu Průmyslu 4.0	20
2.1.1 Historie a vývojové etapy Průmyslu 4.0	21
2.1.2 Obecný pohled na Průmyslu 4.0.....	21
2.1.3 Definice a principy Průmyslu 4.0.....	22
2.1.4 Principy Chytré továrny	26
2.2 Logistika 4.0	26
2.2.1 Vývojové etapy logistiky.....	27
2.2.2 Logistika v kontextu Průmyslu 4.0 a obecné definice.....	27
2.2.3 Technologie v Logistice 4.0	28
2.3 Systém komplexního logistického auditu	31
2.3.1 Rozdělení logistiky a logistické prvky	31
2.3.2 Audit v logistické oblasti.....	33
2.3.3 Logistický audit dle Komory logistických auditorů.....	34
2.3.4 Logistický audit dle VDA 6.3 – Audit procesu.....	36
2.3.5 Logistický audit dle metodiky MMOG/LE	38
2.4 Modely připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0	39
2.4.1 Charakteristika modelů připravenosti	40
2.4.2 Rozdělení modelů připravenosti dle hlavních hledisek.....	42
2.4.3 Analyzované modely připravenosti.....	43
2.4.4 Hlavní atributy analyzovaných modelů připravenosti.....	44
2.5 Zhodnocení a teoretická východiska práce	47
2.5.1 Zhodnocení problematiky konceptu Průmyslu 4.0 a Logistiky 4.0	47
2.5.2 Zhodnocení logistických auditů se zaměřením na interní logistiku	48
2.5.3 Zhodnocení modelů posuzující připravenost na Průmysl 4.0	50
2.5.4 Shrnutí hlavních poznatků a stanovení tezí disertační práce.....	52

3	Výzkumný záměr disertační práce a hypotézy	54
3.1	Cíle disertační práce	54
3.2	Stanovené hypotézy disertační práce	56
3.3	Využívané vědecké metody během zpracování	56
3.3.1	Obecné vědecké metody	57
3.3.2	Specifické vědecké metody	60
4	Návrh struktury pro hodnocení interní logistiky	61
4.1	Výběr dimenzí pro strukturu interní logistiky	62
4.2	Rozdělení dimenzí do subdimenzí	63
4.2.1	Subdimenze pro manipulaci	63
4.2.2	Subdimenze pro skladování	64
4.2.3	Subdimenze pro balení	64
4.2.4	Subdimenze pro zásobování	65
4.2.5	Subdimenze pro identifikaci materiálu	65
4.3	Sada ukazatelů pro hodnocení jednotlivých dimenzí	66
4.3.1	Kritéria pro stanovení ukazatelů	66
4.3.2	Stanovení ukazatelů	67
4.4	Finální struktura pro hodnocení interní logistiky	70
5	Způsob hodnocení úrovně interní logistiky	71
5.1	Popis metodiky a podmínky její implementace	72
5.2	Definování úrovní pro hodnocení a charakteristika ukazatelů	75
5.2.1	Úrovně pro hodnocení	75
5.2.2	Charakteristika ukazatelů dle stanovených úrovní	78
5.3	Výpočtové vztahy pro hodnocení	81
5.3.1	Hodnoty ukazatelů získané ze strukturovaného rozhovoru	81
5.3.2	Výpočtové formulace	82
6	Základní fáze hodnocení	86
6.1	Podklady pro strukturovaný rozhovor a realizace	87
6.2	Hodnotící fáze	91
6.2.1	Celková úroveň připravenosti podniku	92
6.2.2	Srovnání jednotlivých hlavních dimenzí	93
6.3	Podpůrný program pro metodiku v aplikaci MS Excel	95
7	Ověření navržené metodiky a ověření hypotéz	98
7.1	Ověření metodiky	99

7.1.1	Výstupy aplikace (ověření)	99
7.1.2	Výstupy aplikace dle průmyslového odvětví	103
7.1.3	Výstupy aplikace dle počtu zaměstnanců.....	110
7.1.4	Výstupy aplikace dle typů výroby.....	112
7.2	Ověření funkčnosti metodiky	114
7.3	Ověření hypotéz.....	116
8	Přínosy disertační práce.....	122
8.1	Teoretické přínosy práce.....	122
8.2	Praktické přínosy práce.....	123
9	Doporučení pro další výzkum	125
	Diskuze.....	126
	Závěr.....	127
	Seznam použité literatury	128
	Seznam publikací autora	138
	Seznam příloh.....	140

Seznam obrázků

Obrázek 2-1: Průmysl 4.0 – Schéma prvků [8]	20
Obrázek 2-2: Vývoj průmyslových revolucí dle časové osy [10]	21
Obrázek 2-3: Členění logistiky s hlavními oblastmi podniku [51]	31
Obrázek 4-1: Princip návrhu obecné struktury interní logistiky	62
Obrázek 4-2: Finální struktura pro hodnocení interní logistiky	70
Obrázek 5-1: Dílčí části procesu tvorby metodiky	71
Obrázek 5-2: Hodnota úrovně připravenosti v závislosti na hodnotě exponentu	84
Obrázek 5-3: Rozdělení intervalu pro úrovně připravenosti	85
Obrázek 6-1: Dílčí části procesu hodnocení a aplikace metodiky	86
Obrázek 6-2: Otázka pro U1: Stupeň automatizace	89
Obrázek 6-3: Otázka pro U34: Systém zásobování pracovišť	90
Obrázek 6-4: Příklady logistických technologií a prvků pro SD8	90
Obrázek 6-5: Ukázka grafického hodnocení připravenosti hlavních dimenzí	93
Obrázek 6-6: Ukázka grafického hodnocení připravenosti subdimenzí	93
Obrázek 6-7: Ukázka grafického hodnocení celé dimenze s jednotlivými ukazateli	94
Obrázek 6-8: Grafické hodnocení celé dimenze s jednotlivými subdimenzemi	95
Obrázek 6-9: Zápis funkce FCELEVEL pro přiřazení úrovní	96
Obrázek 6-10: Ukázka analytického a grafického hodnocení v MS Excel	97
Obrázek 7-1: Celková průměrná hodnota úrovně připravenosti všech podniků	99
Obrázek 7-2: Charakteristika souboru hodnot koeficientů	100
Obrázek 7-3: Průměrné hodnoty úrovní dimenzí všech podniků	100
Obrázek 7-4: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí všech podniků	101
Obrázek 7-5: Celkový počet výskytů hodnot úrovní za všechny podniky	102
Obrázek 7-6: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní dimenzí za všechny podniky	102
Obrázek 7-7: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní subdimenzí za všechny podniky	103
Obrázek 7-8: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí – Automotive	104
Obrázek 7-9: Celkový počet výskytů hodnot - Automotive	105
Obrázek 7-10: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze - Automotive	105
Obrázek 7-11: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí - Strojírenství	106
Obrázek 7-12: Celkový počet výskytů hodnot - Strojírenství	107
Obrázek 7-13: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze - Strojírenství	107
Obrázek 7-14: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí – Elektrotechnika	108

Obrázek 7-15: Celkový počet výskytů hodnot - Elektrotechnika	109
Obrázek 7-16: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze - Elektrotechnika ..	109
Obrázek 7-17: Porovnání průměrných hodnot dimenzí dle průmyslového odvětví	110
Obrázek 7-18: Porovnání průměrných hodnot dimenzí dle počtu zaměstnanců	111
Obrázek 7-19: Porovnání průměrných hodnot subdimenzí dle počtu zaměstnanců	112
Obrázek 7-20: Celkový počet výskytů hodnoty pro podniky dle typů výroby	113
Obrázek 7-21: Porovnání průměrných hodnot subdimenzí dle typů výroby	113
Obrázek 7-22: Grafické porovnání využívaného počtu úrovní pro hypotézu H1	117
Obrázek 7-23: Porovnání průměrných hodnot pro hypotézu H3	119
Obrázek 7-24: Porovnání počtu výskytů hodnoty současné a zvýšené úrovní připravenosti	119
Obrázek 7-25: Porovnání průměrných hodnot odvětví automotive a strojírenství	120
Obrázek 7-26: Porovnání průměrných hodnot dimenzí odvětví automotive a strojírenství ..	121
Obrázek 7-27: Porovnání celkového počtu výskytů hodnot pro automotive a strojírenství ..	121

Seznam tabulek

Tabulka 2-1: Principy Průmyslu 4.0 [18].....	23
Tabulka 2-2: Devět pilířů a technologií Průmyslu 4.0 [21], [22].....	25
Tabulka 2-3: Technologie v Logistice 4.0.....	30
Tabulka 2-4 Ukázka hlavních atributů u analyzovaných modelů	45
Tabulka 2-5: Analyzované atributy jednotlivých metodik logistických auditů	49
Tabulka 2-6: Zhodnocení metodik logistických auditů.....	49
Tabulka 2-7: Modely připravenosti s posouzením interní logistiky.....	50
Tabulka 2-8: Zhodnocení modelů připravenosti a cílené atributy.....	52
Tabulka 4-1: Ukazatelé dimenze manipulace	67
Tabulka 4-2: Ukazatelé dimenze skladování.....	68
Tabulka 4-3: Ukazatelé dimenze balení	68
Tabulka 4-4: Ukazatelé dimenze zásobování	69
Tabulka 4-5: Ukazatelé dimenze identifikace materiálu	69
Tabulka 5-1: Předpoklady a omezení metodiky pro její praktickou aplikaci.....	74
Tabulka 5-2: Popis stanovených úrovní pro hodnocení	77
Tabulka 5-3: Ukázková charakteristika subdimenze manipulační techniky	80
Tabulka 5-4: Příklad hodnot ukazatelů pro dimenzi D1 Manipulace	81
Tabulka 5-5: Rozmezí intervalu a korespondující úrovně	85
Tabulka 6-1: Příklad a ukázka výsledků pro dimenzi skladování.....	91
Tabulka 6-2: Ukázka výsledného hodnocení celkové úrovně.....	92
Tabulka 6-3: Ukázkové hodnocení subdimenzí pro dimenzi skladování.....	94
Tabulka 6-4: Ukázkové hodnocení ukazatelů pro subdimenzi	95
Tabulka 7-1: Souhrnná data pro podniky s inovačními aktivitami na Průmysl 4.0 [154]	115
Tabulka 7-2: Souhrnná data pro podniky s inovačními aktivitami interních procesů [154]..	115
Tabulka 7-3: Souhrnná data počtu podniků a jejich úrovní v současné variantě	116
Tabulka 7-4: Souhrnná data počtu podniků a jejich úrovní při snížení úrovní	117
Tabulka 7-5: Porovnání zařazení logistických technologií a prvků do úrovní.....	118

Seznam zkratk

- AI* – Artificial Intelligence (Umělá inteligence)
AGV – Automated Guided Vehicle (Automaticky řízená vozidla)
AM – Additive Manufacturing (Aditivní výroba)
AMR – Autonomous Mobile Robots (Autonomní mobilní roboti)
AR – Augmented Reality (Rozšířená realita)
B2C – Business To Customer (Obchodník k zákazníkovi)
CMMI – Capability Maturity Model Integration
CNC – Computer Numerical Control (číslicové řízení počítačem)
CPS – Cyber Physical Systems (Kyberneticko fyzikální systémy)
CRM – Customer relationship management (Řízení vztahů se zákazníky)
ČSN – Česká technická norma
ČSÚ – Český statistický úřad
EDI – Electronic Data Interchange (Elektronická výměna dat)
EDP – Electronic Data Processing (Elektronické zpracování dat)
ERP – Electronic Resource Planning (Podnikový informační systém)
IoT – Internet of Things (Internet věcí)
IoS – Internet of Services (Internet služeb)
IS – Informační systém
ISO – International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
IT – Information Technology (Informační technologie)
JIT – Just In Time
LGV – Laser Guided Vehicles (Laserem naváděné vozidlo)
MES – Manufacturing Execution System (Výrobní řídicí systém)
M2M – Machine2Machine
MMOG – Global Materials Management Operations Guideline
OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development
QMS – Quality Management System (Systém řízení jakosti)
QR – Quick Response
RFID – Radio Frequency Identification (Identifikace na rádiové frekvenci)
ROI – Return On Investments (Návratnost investic)
RTLS – Real-time locating system (Lokalizační systémy v reálném čase)
SCM – Supply Chain Management (Řízení dodavatelského řetězce)

SEI – Software Engineering Institute

SPICE – Standardised Process Improvement for Construction Enterprises

TMS – Transport Management System (System řízení dopravy)

VDMA – Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau (Německé strojírenské sdružení)

WCS – Warehouse Control System (Skladový řídicí systém)

WES – Warehouse Execution System (Inteligentní řídicí skladová platforma)

WMS – Warehouse Management System (System řízení skladu)

Glosář

Aditivní výroba – Způsob zpracování materiálu tak, že výsledný výrobek vznikne jeho postupným kontrolovaným přidáváním.

Autonomní robot – Zařízení, které pracuje samostatně (neřídí je v reálném čase člověk, ale program).

Big Data – Analýza velkého množství dat, jejichž zpracování tradičními softwarovými prostředky není možné.

Capability Maturity Model Integration – Stupňovitý model zralosti, souhrn cílů a doporučených pracovních postupů pro vývojové týmy, které by měly zajistit i odpovídající kvalitu výstupu.

Cyber-Physical System – Samostatné řídicí jednotky, které jsou schopny se autonomně rozhodovat, spojují v sobě teorii kybernetiky, mechatroniky, konstrukční a výrobní vědy.

Dimenze – Vlastnost udávající velikost, rozsah, závislost odvozené veličiny na základních veličinách dané soustavy. Pro disertační práci se definuje dimenze jako oblast interní logistiky.

Internet of Services – Jsou systémy založené na online práci a sdílení dat v cloudových úložištích.

Internet of Things – Síť fyzických zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory, pohyblivými částmi, které umožňují těmto zařízením se propojit a vyměňovat si data.

Kolaborativní robot – jedná se o roboty, které spolupracují s člověkem, pomáhají při různých úkonech, při nichž je potřeba vysoká a stále stejná přesnost.

Machine2Machine – obousměrný bezdrátový přenos dat mezi monitorovacími zařízeními a řídicími systémy a aplikacemi

Mikrologistika – Zabývá se logistickým systémem uvnitř určité organizace nebo jen její části.

Multiagentní systém – simulované prostředí se síťovým charakterem, v němž dochází k interakci určitých typů agentů mezi sebou a s prostředím, tyto agenti řeší společně problémy.

Průmysl 4.0 – 4. průmyslová revoluce, která zahrnuje kompletní digitalizaci, robotizaci a automatizaci většiny současných lidských činností pro zajištění větší efektivity.

Rozšířená realita – Kombinace prvků virtuální reality a skutečného pohledu, ať už na fotografii, videu nebo v zorném poli uživatele.

Senzorika – Zahrnuje v sobě metody a nástroje měření a snímání širokého spektra fyzikálních veličin a údajů z výroby.

Smart Factory – Koncept digitalizace výroby, propojení pomocí Internetu za pomoci CPS systémů a využití Smart technologií, které propojují produkty, zdroje a procesy.

Subdimenze – Představují dílčí oblasti jednotlivých hlavních dimenzí.

Supply Chain Management – Oblast řízení, která zahrnuje všechny procesy komunikace s dodavateli v celém dodavatelském řetězci.

Umělá inteligence – označuje systémy nebo stroje, které napodobují lidskou inteligenci k plnění úkolů a mohou se iterativně vylepšovat na základě shromážděných informací.

Úroveň – Číselné vyjádření připravenosti podniku, úrovně jsou seřazeny vzestupně na tzv. číselné stupnici pro hodnocení.

Úvod

Koncept Průmysl 4.0 lze v podstatě volně zaměňovat s označením čtvrté průmyslové revoluce a jedná se o jednoznačně často skloňované téma současného technologického dění. Některé subjekty ho označují za revoluční přístup, který se radikálnějším způsobem odlišuje od dosavadního přístupu s aplikací nové strategie. Jiné subjekty ho označují spíše za postupné inteligentní vylepšování a modernizaci, kontinuální rozvoj výpočetní techniky z předchozí průmyslové revoluce, která velmi stručně charakterizováno přinesla do výrobního sektoru využití výpočetní techniky a postupnou automatizaci dílčích činností. Koncept vznikl před několika lety v Německu, kde vláda i průmyslové podniky začaly podporovat zavádění modernějších technologií do výroby. Vzhledem k jeho rozsahu existují definice a pohledy od akademiků z univerzit, zástupců podniků, poradenských společností nebo praktických sdružení. Vyjadřující se subjekty se ale shodují na tom, že podstatou Průmyslu 4.0 je nasazování automatizovaných systémů, výpočetní techniky, kompletní digitalizace nejen v oblasti vlastní výroby, dále práce s daty, využití prediktivních modelů a úzkého propojení výroby s moderními informačními a komunikačními technologiemi. Jedním z hlavních obecných důvodů k vytvoření konceptu Průmysl 4.0 byla potřeba zkrátit čas, který je potřeba k uvedení nového produktu na trh, a současně umožnit větší diferenciaci produkce podle potřeb jednotlivých zákazníků. Průmysl 4.0 a související digitalizace slibují nižší náklady, vyšší kvalitu výroby, flexibilitu a efektivitu. Investice do digitalizace mají zásadní význam pro růst průmyslových firem bez ohledu na jejich velikost nebo odvětví. Tento trend se začíná prosazovat také více umenších a středních firem, které jsou pružné z pohledu firemních procesů a organizace výroby.

Koncept Průmyslu 4.0 je skloňován také v oblasti logistiky se zaváděním automatizace, robotizace nebo moderních skladových systémů s klíčovým prvkem digitalizace. Vývoj na základě těchto principů představuje pro oblast logistiky obrovské výzvy a také příležitosti pro další růst a rozvoj. Nicméně je důležité se pro účely této disertační práce více konkretizovat, protože oblast logistiky je velmi rozsáhlá. Technologie Průmyslu 4.0 se projeví také v interních logistických procesech. Interní logistika představuje velmi důležitou část výrobních procesů, jen oblasti jako je skladování a zásobování výrobních linek vstupním materiálem patří mezi klíčové procesy podniku. Právě tento proces je rozdílný dle typů výroby. U sériových výrob je možné automatizovat například s využitím automaticky naváděných vozidel. U malosériových výrob je to zatím velmi obtížné kvůli komplexnosti a nepravidelnosti procesu. Nepravidelnost procesů je možné na základě konceptu Průmyslu 4.0 měnit do autonomní podoby a například samoučící roboti mohou být článkem, který tento nedostatek dokáže odstranit.

Z uvedených informací a potenciálních přínosů Průmyslu 4.0 v oblasti interní logistiky je zřejmé, že tato dvě témata tvoří svým průnikem vhodnou a zajímavou náplň této disertační práce. Po uvedeném obecném cíli práce v první kapitole se další část týká konceptu Průmyslu 4.0 ve formě definic a uvedení jeho hlavních principů. Další kapitoly se již zaměřují více na oblast logistiky a ještě detailněji nás následně zajímají činnosti interní logistiky. Ty by měly nastínit metodiky logistických auditů. Podniky na vývoj dle Průmyslu 4.0 musí být připraveny. Připravenost je hodnocena dle modelů připravenosti, které podniky rozdělují do různých oblastí. Nejvyšší hodnocení koresponduje s technologiemi Průmyslu 4.0. Tato témata jsou náplní první řešeršní části disertační práce. Druhá část se již zaměřuje na výzkumnou část navržené metodiky a její charakteristiku. Popsané jsou hlavní vývojové kroky tvorby metodiky, implementační fáze metodiky, její využitelnost do průmyslové praxe a výsledné hodnocení s využitím nového systému hodnocení. Závěrem je metodika ověřována a jsou uvedeny teoretické a praktické přínosy včetně doporučení pro další výzkum.

1 Cíle disertační práce

Koncept Průmysl 4.0 integruje moderní technologie do samostatně fungujících celků a zásadně mění zavedené výrobní a nevýrobní procesy. Má samozřejmě velký rozsah a transformuje všechna odvětví ekonomiky i mimo výrobní sféru, na které má velké dopady, například na trh práce, kvalifikaci pracovní síly, sociální dopady a další. Uvědomujeme si tento rozsah a dopady na celou společnost, nicméně na začátku je důležité zmínit, že v rámci této disertační práce je zaměřeno primárně na technické aspekty, principy Průmyslu 4.0 a využívané technologie, které jsou schopné naplnit tyto principy s úzkou profilací na oblast interní logistiky.

Výrobní zařízení zpracovává vstupní materiál, ale ten je potřebné dopravit k tomuto zařízení určitým způsobem. Dopravu materiálu zajišťuje určitá zásobovací technika. Dále materiál je přemístován v určité manipulační jednotce. Tato manipulační jednotka je předtím určitým způsobem skladována. Je tedy zřejmé, že interní logistika musí být úzce propojena s řízením technologických procesů. Technika pro zásobování, pro skladování nebo pro manipulaci představuje oblast logistiky, ve které se uplatňují nejnovější technologie dle principů Průmyslu 4.0.

Pokud bychom vycházeli z tohoto konceptu, všechny skladové operace budou plně automatizovány, od příjmu zboží, přes uskladnění až po vychystání a kompletaci do výroby. Softwarově řízený sklad napojený na tok materiálu je jeden z centrálních aspektů konceptu. Na konci by měla stát soběstačná produkce, kde stroje samy zajistí objednávku i dovezení dílů nebo materiálu z produkce nebo vstupního skladu. Na základě kompletního propojení skladu a výroby bude většina operací řízena automaticky a interní logistika bude mít centrální funkci při řízení materiálových toků. Podnikové informační systémy koordinují logistické toky v podniku v reálném čase, díky čemuž se odbourávají logistické prostoje, je disponováno aktuálními a přesnými informacemi o pohybech materiálů v podniku i o přesunech hotových komponentů mezi sklady a výrobou a současně automaticky jsou integrovány relevantní data. Po těchto kladně znějících aspektech aplikovatelnosti Průmyslu 4.0 do oblasti interní logistiky můžeme položit otázku, jaký dopad bude mít proces digitální transformace na jednotlivé podniky a jak velký bude její potenciál pro interní logistiku?

Většina možných řešení do oblasti interní logistiky souvisí s automatizací a robotizací. Zařízení pro manipulaci s robotickými prvky mohou pracovat bez přidané infrastruktury a jsou neomezené pevnými trasami, což nabízí velký pokrok vpřed, pokud jde o flexibilitu, využívání a produktivitu. Aby se zařízení pohybovala co nejefektivněji, jsou lokalizována v reálném čase, jejich data jsou ihned vyhodnocována a optimalizována. Zařízení s umělou inteligencí jsou také samostatně udržovatelné. Použití automatizovaných řešení může pomoci řešit nedostatek pracovních sil, robotické vozíky představují větší bezpečnost a sníženou nehodovost a eliminaci chyb, protože převážná část chyb je způsobená lidským faktorem. Zároveň automatizace slouží lidem, které nahrazuje při náročných anebo opakujících se úkonech a umožňuje jim tak se věnovat fyzicky méně náročným pracím s vyšší přidanou hodnotou. Klíčovým kladným hlediskem je také interkonektivita všech systémů, strojů a dílčích zařízeních a položek ve skladu. Vývoj k Průmyslu 4.0 představuje pro logistiku obrovské výzvy a také příležitosti.

Po uvedených výhodách a přínosech logistiky v kombinaci s principy Průmyslu 4.0 je evidentní, proč je důležité řešit logistické procesy v rámci tohoto konceptu. Nicméně je důležité z hlediska širokého záběru logistiky se více postupně konkretizovat. Proto důležitým krokem je zaměření na interní logistiku uvnitř podniku, nepřesahující jeho brány. Z hlediska obecnosti jsou tedy na místě dvě hlavní témata – Průmysl 4.0 a interní logistika. Hlavní principy chytré

logistiky se v mnoha ohledech protínají s principy konceptu a interní logistika má tedy v rámci tohoto konceptu velký potenciál. Potenciál odkrývá motivaci s touto problematikou pracovat. Vedení podniku by mělo vytvořit strategii, v níž vyhodnotí připravenost interních logistických procesů na koncept Průmysl 4.0. Připravenost bude vyhodnocena právě na základě využití navrženého nástroje. Po průniku a spojení hlavních témat jako jsou interní logistika, Průmysl 4.0 a hodnocení připravenosti podniků se postupně stanovil cíl disertační práce, kterým je:

Metodika pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0.

Pomocí tohoto vytvořeného nástroje budou hodnoceny interní logistické procesy z hlediska připravenosti na koncept Průmysl 4.0 a podnik bude na základě jeho aktuálního stavu s využitím nástroje zařazen na odpovídající úroveň. Účelné je objektivní hodnocení s několika úrovnovým systémem, a proto je interní logistika strukturována do dílčích oblastí. Nejvyšší úrovně představují plnou aplikovatelnost principů a technologií dle Průmyslu 4.0.

Navržený nástroj pro hodnocení bude aplikován do průmyslového prostředí. Určitým cílem je navrhnout nástroj tak, aby nebyl úzce profilován a použitelný jen pro malé spektrum podniků. Kategoricky by nemělo záležet na velikosti podniku nebo na typu výroby. Je ale předpokládáno, že obecně větší zájem o hodnocení budou mít střední a velké podniky se sériovou výrobou. Aplikace nástroje má z hlediska průmyslového odvětví široké využití, ale ve vazbě na vhodnost aplikace technologií Průmyslu 4.0 do průmyslových oblastí je předpokládáno, že hlavní využití najde v rámci zpracovatelského průmyslu v odvětví automobilového, strojírenského, elektrotechnického průmyslu a v odvětví výroby kovů a nástrojů.

Pro dosažení cíle disertační práce je nutné splnit řadu dílčích cílů. Postup disertační práce a počáteční hlavní kroky určitým způsobem korespondují s prvotními dílčími cíli, kterými jsou:

- Charakterizovat koncept Průmyslu 4.0 včetně jeho integrace do interní logistiky.
- Rozdělit logistické procesy a vymežit oblasti interní logistiky s příslušnými prvky.
- Analyzovat současné nástroje hodnocení připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0.
- Vytvořit obecně platné podklady pro nástroj hodnocení připravenosti.

Dle hlavního cíle a prvotních dílčích cílů byla tedy stanovena návaznost jednotlivých témat pro rešeršní část a zjištění současného stavu literatury příslušných témat. Rámcové téma disertační práce je: *Hodnocení designu výrobních systémů při využití nástrojů digitálního podniku.*

2 Přehled současného stavu problematiky a teoretická východiska disertační práce

Předmětem této kapitoly je text obsahující zásadní body současného vědeckého poznání, který se váže ke konkrétním tématům disertační práce. To je provedenou formou literární rešerše. Vytvoření přehledu současných znalostí konkrétních témat a přehledu literatury předchází tvorbě návrhu metodiky a poskytuje podklady, z nichž je možné vyhodnotit oprávněnost navrženého budoucího výzkumu. Aby právě tento výzkum byl kvalitní, je potřebné porozumět literárním zdrojům. Provedení přehledu literatury je prostředkem k prokázání autorových znalostí o konkrétním studijním oboru, včetně slovní zásoby, teorií, klíčových proměnných a jevů, jejich metod a historie [1].

Obecně by se dal postup literární rešerše rozdělit do několika aktivit, které jsou v posloupnosti seřazené od počínajícího výběru/určení vhodných témat korespondující s výstupem disertační práce, vyhledání související literatury, analyzování vyhledané literatury až po konečné vytvoření souhrnné rešerše a stanovení tezí [2].

Literární rešerše je sama o sobě výzkumem a existuje mnoho důvodů pro kvalitní provedení:

- určení hlavních metodik a výzkumných technik, které jsou použity,
- objevování důležitých proměnných souvisejících s tématy,
- syntéza a získání nové perspektivy,
- identifikace vztahů mezi nápady a postupy a stanovení kontextu tématu nebo problému,
- racionalizace významu problému a porozumění struktuře předmětu,
- propojení myšlenek a teorie s praktickými aplikacemi,
- zasazení výzkumu do historického kontextu s cílem ukázat znalost nejnovějšího vývoje [3], [4].

Vedle těchto obecných důvodů jsou cílem samotného autora pro tuto část disertační práce ve spojení s hlavní tématy souhrnně tyto hlediska:

- přehledně psaný text čtivou formou pro porozumění široké veřejnosti,
- správné použití odborné terminologie a osvojení slovní zásoby předmětů,
- relevantní bibliografickými odkazy ze zahraničních zdrojů,
- nezaujatý přehled dosavadního výzkumu dané problematiky.

Jaká témata budou součástí literární rešerše a souvisí s návrhem Metodiky pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0, která je cílem disertační práce?

- Koncept Průmyslu 4.0 – jeho vývoj, charakteristika, definice a principy.
- Logistika 4.0 – implementace principů Průmyslu 4.0 do oblasti logistiky.
- Interní logistika a systémy komplexního logistického auditu s vhodnými metodikami.
- Modely připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 hodnotící podniky.

Závěrem jsou daná témata zhodnocena, vyplývají z nich souhrnné teoretické poznatky a jsou stanoveny hlavní teze disertační práce.

2.1 Problematika konceptu Průmyslu 4.0

Tato kapitola je naplněna rešerší konceptu Průmyslu 4.0 a vzhledem k rozsahu této problematiky jsou vybrány ty nejvíce související důležité faktory. Charakterizován je koncept Průmyslu 4.0, zmíněn je historický vývoj a předchozí průmyslové revoluce, definice pojmu z několika úhlů pohledu a základní principy koncepce dle několika citovaných autorů ze světových univerzit, organizací a poradenských společností. Koncepce má takovou hlavní myšlenku, že všechna zařízení budou sdílet data nezávisle na sobě a budou fungovat autonomně. Průmysl a celá ekonomika prochází zásadními změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o nich mluví jako o čtvrté průmyslové revoluci. Řada vyspělých zemí již příležitosti a hrozby těchto změn pochopila a přistoupila k podpoře čtvrté průmyslové revoluce v systémových opatřeních. Podniky v českém prostředí musí na tyto trendy reagovat také, protože koncept nabízí obrovské příležitosti z pohledu udržitelnosti a zvýšení produktivity průmyslové výroby a služeb a také poptávky po kvalifikované práci.

V jádru čtvrté průmyslové revoluce stojí velmi obecně řečeno spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To s sebou přináší významné interakce těchto systémů s celou společností (sociální aspekt). Z pohledu moderní teorie systému se proto v poslední době v souvislosti se čtvrtou průmyslovou revolucí hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých systémů kyberneticko-virtuálních, systémů fyzických a systémů sociálních. Schématické propojení prvků celého systému můžeme vidět na Obrázku 2-1. Jádro Průmyslu 4.0 je založeno na informačních a kybernetických technologiích. Očekává se masové sdílení informací a kontinuální komunikace podpořená kvalitní komunikační infrastrukturou [5]. Koncept Průmyslu 4.0 má svá specifika a je již jasné, že má významné dopady nejen na oblast průmyslu, ale také na chování lidí a podniků. Nástup tohoto konceptu změní naši společnost. Podniky budou muset změnit procesy, se kterými doposud pracovaly a přizpůsobit se nové době [6]. Nejvíce skloňované pojmy v rámci konceptu Průmyslu 4.0 – automatizace, digitalizace a robotizace zažívají největší rozmach, a proto mění fungování průmyslu, výroby, ale i myšlení a chování společnosti. Změny způsobené čtvrtou průmyslovou revolucí se dotknou i oblasti vzdělání a pracovního trhu [7].

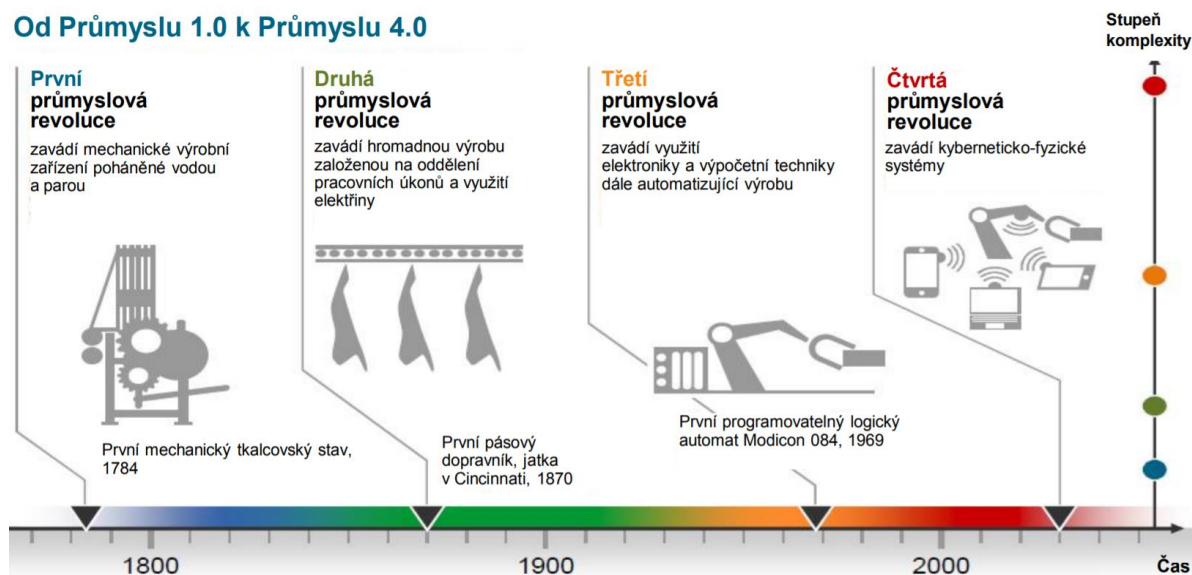


Obrázek 2-1: Průmysl 4.0 – Schéma prvků [8]

2.1.1 Historie a vývojové etapy Průmyslu 4.0

Průmysl stále prochází jednotlivými vývojovými fázemi v čase. Od počátku industrializace, technologické pokroky vedly k paradigmatu a předpokladům, které jsou dnes nazývány průmyslové revoluce. První revolucí byla oblast mechanizace, kde výrobní zařízení byly poháněny párou (tzv. první průmyslová revoluce), v mnoha odvětvích byla lidská manuální práce nahrazena výkonem strojů. Další oblast byla založena na principu intenzivního využívání elektrické energie a zavedení hromadné výroby (tzv. druhá průmyslová revoluce), označovaná byla také jako technologická s rozmachem elektrifikace. Třetí revolucí byla rozsáhlá digitalizace, využití elektronických systémů a výpočetní techniky ve výrobě (tzv. třetí průmyslová revoluce), velkým rozvojem prošly a stále procházejí informační a komunikační technologie. Na základě pokročilé digitalizace v průmyslových podnicích se zdá, že kombinace internetových technologií a technologií orientovaných v oblasti „inteligentních objektů“ (strojů, výrobních zařízení a produktů) vede k novému zásadnímu posunu paradigmatu v průmyslové výrobě [9]. Čtvrtá revoluce nepřináší zásadní změny pouze pro oblast průmyslové výroby. Ta sice stojí v jejím centru, přesah průmyslové revoluce je však mnohem širší. Na Obrázku 2-2 je znázorněn vývoj průmyslových revolucí včetně časové osy a parametru stupně komplexnosti s popisem charakteristických činností pro každou revoluci v průmyslu.

Od Průmyslu 1.0 k Průmyslu 4.0



Obrázek 2-2: Vývoj průmyslových revolucí dle časové osy [10]

Z hlediska historie, koncept Průmyslu 4.0 vychází z dokumentu prezentovaného na veletrhu v Hannoveru v roce 2013. Základní vize čtvrté průmyslové revoluce vznikla v roce 2011 [11].

2.1.2 Obecný pohled na Průmyslu 4.0

Zavedení internetu věcí a služeb do výrobního prostředí nyní představuje čtvrtou průmyslovou revoluci. V budoucnu budou průmyslové podniky zavádět sítě, do kterých budou začleněny stroje a výrobní zařízení, skladové systémy a zařízení ve formě kyberfyzikálních systémů (v angličtině Cyber – Physical Systems, z toho známá zkratka CPS). Ve výrobním prostředí tyto CPS systémy zahrnují inteligentní stroje, skladovací systémy, výrobní zařízení, manipulační zařízení, která jsou schopna samostatně si vyměňovat informace, spouštět akce a vzájemně se nezávisle ovládat – důležitá je tedy jejich autonomnost. To usnadňuje zásadní vylepšení průmyslových procesů ve výrobě, strojírenství, využití materiálu a řízení

dodavatelského řetězce a životního cyklu. Podniky aplikující principy Průmyslu 4.0 používají zcela nový přístup k výrobě. Jako čtyři klíčové složky konceptu Průmyslu 4.0 lze označit [11]:

- Kyberfyzikální systémy (v angličtině Cyber – Physical Systems – CPS),
- Internet věcí (v angličtině Internet of Things – IoT),
- Internet služeb (v angličtině Internet of Services – IoS),
- Inteligentní továrna (v angličtině Smart Factory) [9].

V kombinaci s výše uvedenými složkami je možná definice konceptu jako vize vysoce integrované inteligentní továrny, ve které se jednotlivé výrobky vyrábějí udržitelným způsobem hromadné výroby, aby splnily požadavky zákazníků v celosvětové konkurenci. Hlavními technologickými stavebními kameny, které jsou považovány za zásadní pro vizi Průmyslu 4.0, jsou CPS systémy a Internet věcí [12], [13].

CPS se skládají z autonomních a kooperativních prvků a podsystémů, které se vzájemně propojují v závislosti na situaci, na všech úrovních výroby, od skladových systémů, přes stroje a zařízení až po výrobní a logistické sítě. Základní myšlenkou je spolupráce samostatných řídicích jednotek, které jsou schopny se autonomně rozhodovat, řídit svěřený technologický celek a zejména stát se samostatným a plnohodnotným členem komplexních výrobních celků. Modelování jejich provozu a také předvídání jejich vznikajícího chování vyvolávají řadu základních a aplikačně orientovaných výzkumných úkolů. Základní otázkou je prozkoumat vztahy autonomie, spolupráce, optimalizace a schopnosti reagovat [14].

Průmysl 4.0 a jeho implementace naznačuje změny v obchodních paradigmatech a výrobních modelech, které se projeví na všech úrovních výrobních procesů a dodavatelských řetězců, včetně všech pracovníků ve výrobním procesu, manažerů, konstruktérů kybernetických systémů a koncových uživatelů. Implementační strategie konceptu Průmyslu 4.0 do podnikových sektorů znamená zavedení samostatné automatizace, konfigurace, diagnostiky a řešení problémů, dále nových znalostí a inteligentního rozhodování [15].

Internetová síť je vyhrazena pro všechna zařízení schopná přijímat signál založený na internetu. V každodenním životě pro mobilní zařízení, chytré TV, spotřebiče, atd. V průmyslové oblasti se jedná o stroje, výrobní zařízení, roboty, které jsou naprogramovány na konkrétní činnost. K tomu přispívá doplňková technologie bezkontaktní identifikace materiálu, která zefektivňuje komunikaci v rámci výroby, produktů nebo polotovarů s použitím různých čipů a senzorů, případně v kombinaci s čárovými a QR kódy a dalšími identifikačními značkami. Tyto komponenty budou mít všechny prvky ve výrobním systému a stroje poskytnou jasné informace o tom, co s výrobkem udělat. Tímto způsobem může být výrobek dálkově naprogramován a přizpůsoben individuálním čipům a senzorům. Internet služeb je technologie, která zajišťuje různé služby v rámci podniku, řeší řadu úkolů, jako je organizace a koordinace výroby, analýza dat, statistiky, přístup k úložištím cloudu a webové služby [16].

2.1.3 Definice a principy Průmyslu 4.0

Klíčovými prvky Průmyslu 4.0 jsou digitalizace výrobků a výroby, podnikový informační systém, robotická pracoviště a infrastruktura pro komunikaci. Pokud definujeme Průmysl 4.0 na základě pilířů digitalizace, je založen na těchto třech hlavních pilířích [17]:

- 1) **Digitalizace a integrace horizontálních a vertikálních hodnotových řetězců**
 - probíhá v celé organizaci,

- vertikální procesy jsou spojené s horizontálními procesy,
- veškerá data o operacích a plánování procesů lze provádět v reálném čase,
- provádět lze pomocí podpory rozšířené reality.

2) Digitalizace nabízených produktů a služeb

- používání inteligentních produktů,
- přidání inteligentních senzorů nebo komunikačních zařízení, které lze použít s analytickými datovými nástroji,
- vytváření nových digitalizovaných produktů,
- integrace nových metod pro sběr a analýzu dat,
- virtuální návrhy nejen produktů, ale také výrobních prostředků a procesů.

3) Digitalizace podniků a přístup k zákazníkům

- úzce souvisí s internetem věcí a internetem služeb,
- CRM (Customer Relationship Management) integrují sociální sítě a analýzu dat,
- zákazníci poskytují recenze.

Principy inteligentní výroby a logistiky jsou také základní hybnou silou pro maximalizaci přidané hodnoty jednotlivých procesů napříč podnikem, která je dána součinností klíčových principů. Definice konceptu a charakteristika principů jsou uvedeny v Tabulce 2-1 [18].

Tabulka 2-1: Principy Průmyslu 4.0 [18]

Princip	Charakteristika principu
Interoperabilita	V podnikovém prostředí to znamená propojení strojů, lidí, materiálů, produktů, informačních a komunikačních technologií a systémů (interkonektivita celého systému).
Virtualizace	Znamená vytvoření virtuální kopie chytré továrny propojením údajů z fyzických senzorů s virtuálními údaji ze simulačních modelů továrny.
Decentralizace	Schopnost kyberneticko-fyzikálních systémů rozhodovat samy za sebe a produkovat, tzv. decentralizované řízení.
Reálný čas	Schopnost shromažďovat a analyzovat údaje, získané poznatky okamžitě poskytovat v reálném čase.
Orientace na služby	Jednotky softwaru rozdělené na diskrétní, autonomní a síťově přístupné jednotky, z nichž každá je navržena k řešení individuálního zájmu.
Modularita a rekonfigurabilita	Pružná adaptace chytrých továren na měnící se požadavky tím, že se nahradí nebo rozšíří jednotlivé moduly.

Následující hlavní charakteristiky odvětví ukazují obrovskou kapacitu průmyslu a tradiční výroby pro změnu na základě těchto čtyř předpokladů: vertikální propojení inteligentních výrobních systémů, horizontální integrace prostřednictvím nové generace globálních sítí hodnotového řetězce, přes engineering v rámci celého hodnotového řetězce a dopad exponenciálních technologií [19], [20].

1) Vertikální propojení inteligentních výrobních systémů.

- Tato vertikální síť využívá CPS pro produkci. Inteligentní továrny jsou samostatně organizovány a umožňují výrobu, která je specifická pro zákazníka a individuální. To vyžaduje rozsáhlou integraci dat. Inteligentní senzorová technologie je také potřebná pro pomoc při monitorování a autonomní organizaci [19]. Vertikální integrací výrobních systémů se rozumí informační provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. V oblasti vertikální integrace se setkávají dvě klíčová znalostní odvětví řídicí techniky a automatizace s odvětvím vývoje informačních systémů [5].

2) Horizontální integrace prostřednictvím nové globální sítě hodnotového řetězce.

- Podobně jako síťové produkční systémy poskytují tyto (lokální i globální) optimalizované sítě prostřednictvím CPS propojení oblastí od příchozí vstupní logistiky přes skladování, výrobu, prodej až po odchozí logistiku a následné služby [19]. Sdílení informací a dat napříč dodavatelským řetězcem zvyšuje flexibilitu celého procesu, optimalizuje výši zásob a výrazně snižuje výrobní náklady, ale zároveň silně závisí na vysoké dostupnosti a kvalitě infrastruktury vysokorychlostního internetu [5].

3) Průchozí inženýrství v rámci celého hodnotového řetězce.

- Data a informace jsou dostupné ve všech fázích životního cyklu výrobků, což umožňuje definovat nové, flexibilnější procesy z dat prostřednictvím modelování do prototypů a fáze produktů [19]. Integrace všech inženýrských procesů, která je specifickým příkladem horizontální integrace, se odehrává z významné části v rámci výrobního podniku a právě celého životního cyklu produktu. Od samotného plánování, přes hrubé zadání, design, vývoj, realizaci, testování, verifikaci až po prodejnou službu [5].

4) Zrychlení pomocí exponenciálních technologií.

- Umělá inteligence, robotika a technologie senzorů mají potenciál dále zvyšovat autonomii a urychlit individualizaci a flexibilizaci. Funkční nanomateriály a nanosenzory budou použity ve výrobních kontrolních funkcích. Využívány budou také roboti ve výrobních halách pro údržbářské funkce a drony pro inventuru skladových zásob, manipulaci a dodávku náhradních dílů [19]. Důležitou částí jsou také IoT a IoS, které umožňují vytvářet sítě zahrnující celý výrobní proces a to převádí továrny do inteligentního prostředí. CPS zahrnují stroje, skladové systémy a výrobní zařízení, která byla vyvinuta digitálně a zahrnují integraci, od příchozí logistiky až po výrobu, marketing, odchozí logistiku a servis. To umožňuje flexibilnější konfiguraci výroby a možnosti využití diferencovanějších řídicích a kontrolních procesů [11].

Další možností jak definovat Průmysl 4.0 je formou devíti hlavních pilířů, které Průmysl 4.0 integruje a jsou uvedeny v Tabulce 2-2. Mnoho z devíti atributů ve formě technologií tvořících základní principy Průmyslu 4.0, se již používá ve výrobě, ale s konceptem transformují výrobu, izolované, optimalizované články se spojí jako plně integrovaný, automatizovaný a optimalizovaný výrobní tok, vedoucí k větší efektivitě a změně tradičních výrobních vztahů mezi dodavateli, výrobcí a zákazníky – stejně jako mezi člověkem a strojem [21], [22].

Tabulka 2-2: Devět pilířů a technologií Průmyslu 4.0 [21], [22]

Princip	Charakteristika principu
Aditivní výroba	Výroba tvarově složitých výrobků, které mohou kombinovat více funkcí nebo nahrazovat celé sestavy jediným dílem, výrobní systémy součástí IoT, virtuální prototypování a design, spojování materiálu dle 3D digitálních dat.
Autonomní systémy	Roboti navrženi pro práci podobným způsobem jako lidé s přidanou schopností monitorovat a přenášet data a s umělou inteligencí.
Rozšířená realita	Zobrazuje digitální obsah ve skutečném světě prostřednictvím zařízení, přidávání vizuálních informací, vedlejší přidávání zvukových, a dalších.
Internet věcí	Odkazuje na síť a připojení chytrých zařízení, pro vzájemnou komunikaci věcí, výrobků, výrobních zařízení, systémů.
Simulace	Využívání dat v reálném čase tak, aby odrážela fyzický svět procesů vývoje a výroby produktů ve virtuálním prostředí.
Velká data	Společným tématem všech těchto pilířů a nových technologií je sběr a analýza dat, zpracování velkých dat slouží především k optimalizaci vlastní výroby, souvisejících služeb, podpůrných činností a distribuce.
Cloudová úložiště	Poskytuje škálovatelné úložiště a vyšší výpočetní výkon, zlepšuje přístupnost a integritu dat a pomáhá eliminovat datová sila.
Kybernetická bezpečnost	Příprava a ochrana podnikových informačních systémů a výrobních linek před kybernetickými hrozbami.
Systémová integrace	Výsledkem je agilní výrobní prostředí umožňující opravy výroby v reálném čase a rychlé otočení, horizontální a vertikální integrace.

Další pilíře, které mohou doplňovat výše zmíněné principy, jsou například autonomní roboti. Robotizace průmyslu autonomními roboty coby součást konceptu Průmyslu 4.0 je jednou z metod, která cílí na zvýšení produktivity práce. Autonomní roboti nacházejí uplatnění především v hromadné výrobě. Dalším důležitým pilířem je využití senzorů. Potřeba vzájemné interakce člověka a stroje nebo strojů mezi sebou klade velké nároky na sofistikované senzory. Sensorika, jakožto obor zahrnující metody a nástroje měření a snímání fyzikálních veličin v širším pojetí také obrazové a spektrální informace a také detekce chemického složení látek je nezbytnou, dalo by se říci klíčovou součástí všech systémů průmyslové automatizace [23], [5].

Koncept Průmyslu 4.0 lze dále specifikovat pomocí tří paradigmat: inteligentní produkt, inteligentní zařízení a rozšířený operátor. Lidští operátoři jsou uznáváni jako nejflexibilnější částí výrobního systému a budou ve společnostech čelit velkému množství pracovních míst od specifikace přes monitorování až po ověření výrobních strategií. Stejně tak bude „rozšířený operátor“ v případě potřeby ručně zasahovat do autonomně organizovaného produkčního

systemu [24]. Operátor v konceptu Průmyslu 4.0 je chytrý a kvalifikovaný operátor, který nejenže provádí kooperativní práci s roboty, ale také podle potřeby podporuje stroje pomocí lidských kyberfyzikálních systémů, vyspělých technologií interakce člověk – stroj a adaptivní automatizace směrem k člověku – automatizace symbiózy pracovních systémů [25].

2.1.4 Principy Chytré továrny

Průmysl 4.0 při plné implementaci představuje inteligentní továrnu. Může to být definováno jako zabudování inteligentních produktů do digitálních a fyzických procesů. Digitální a fyzikální procesy na sebe vzájemně působí a překračují geografické a organizační hranice [26]. Jedná se o inovativní továrnu, která kombinuje všudypřítomnou výpočetní techniku jako nástroj umožňující řešit problémy s existujícími komponenty [27]. Doposud byly CPS, IoT a IoS zavedeny jako hlavní složky konceptu Průmyslu 4.0. Je třeba poznamenat, že tyto složky spolu úzce souvisejí, protože CPS komunikují prostřednictvím IoT a IoS, což umožňuje vytvářet inteligentní továrnu, která je postavena na myšlence decentralizovaného výrobního systému, ve kterém pracovníci, stroje a zdroje spolu komunikují. Očekává se, že úzké propojení a komunikace mezi produkty, strojními zařízeními, dopravními systémy a lidmi změni stávající výrobní logiku. Chytré továrny proto mohou být považovány za další klíčový prvek konceptu Průmyslu 4.0. V Chytré továrně si výrobky najdou cestu nezávisle na výrobních procesech a jsou kdykoliv snadno identifikovatelné a lokalizovatelné, s myšlenkou nákladově efektivní, ale vysoce flexibilní a individualizované sériové výroby [21]. Chytrá továrna je výrobní řešení, které poskytuje takové flexibilní a adaptivní výrobní procesy, které vyřeší problémy vznikající ve výrobním závodě s dynamickými a rychle se měnícími okrajovými podmínkami. Toto speciální řešení by mohlo být na jedné straně spojeno s automatizací, chápanou jako kombinace softwaru, hardwaru a/nebo mechaniky, což by mělo vést k optimalizaci výroby vedoucí ke snížení zbytečné práce a plýtvání zdroji. Na druhou stranu by to mohlo být viděno v perspektivě spolupráce mezi různými průmyslovými a neprůmyslovými partnery, kde inteligentnost pochází z formování dynamické organizace [28].

Postupně více známou se stává zavedená technologická iniciativa SmartFactoryKL. Jedná se o velký koncept, který představuje neziskové registrované sdružení tvořené společností a jejími výzkumnými, průmyslovými a politickými partnery. Iniciativa se zaměřuje na výzkum inovativních technologií a řešení pro realizaci výrobní vize konceptu Průmyslu 4.0. Mají vlastní hybridní výrobní experimentální zařízení a mohou představit například modulární linku Plug'n'Produce, různé moduly výrobní linky, školení virtuální reality, ruční pracovní stanice s rozšířenou realitou, atd. [29]. CPS budou základním stavebním prvkem inteligentní továren, budou schopny autonomní výměny informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Senzory, stroje, díly a IT systémy budou vzájemně propojeny. V takovýchto továrnách budou vznikat chytré produkty, které budou jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné, které budou znát nejen svou historii a aktuální stav, ale také alternativní cesty, které vedou ke vzniku finálního produktu [5].

2.2 Logistika 4.0

Základním předpokladem pro fungující chytrou továrnu je naprostý přehled o logistických tocích zboží. Průmysl 4.0 změni a zlepši tradiční logistiku a její sebepojetí. Logistika se stala základním pilířem hodnotového řetězce pro dodavatele, výrobce a maloobchodníky. Logistická podpora výroby a moderní distribuční logistika již v aktuálních debatách o čtvrté průmyslové revoluci dostaly svůj název – Logistice 4.0 nebo Chytrá logistika. Logistika 4.0 je jedním z klíčových prvků digitalizace, i když zatím není tak populárním tématem, jako Průmysl 4.0.

Cílem této kapitoly je proto popsat oblasti logistiky směrem k tomuto vývoji a vytvořit základní rámec moderní logistiky v rámci čtvrté průmyslové revoluce.

2.2.1 Vývojové etapy logistiky

Průmyslová výroba prošla z hlediska historie a vývoje etapami, které byly charakterizované průmyslovými revolucemi. Stejně tak je možné rozdělit i logistiku, která prošla také určitým vývojem a je možné ji selektovat do čtyř hlavních etap [30]. První inovace (Logistika 1.0) je způsobena mechanizací dopravy z konce 19. a začátku 20. století. Výrobce nastavuje výrobu na úroveň podle historických vzorců objednávání od maloobchodníků. V rámci této etapy byla pomalejší reakce dodavatelského řetězce na změny v poptávce a to způsobovalo hromadění zásob, úzká místa, zpoždění a nedostatečnou úroveň služeb. Interní logistika nebo pohyb zboží uvnitř továrny byl vykonáván manuálním způsobem se základní technikou [31]. Druhá inovace (Logistika 2.0) představuje systém logistiky z 60. let. Řízení dodavatelského řetězce začalo být globální a byly nastavené trvalé dodavatelské vztahy. Dodávky materiálu byly na základě tahového systému. Sklad začíná být částečně automatický a ovládán přepravním zařízením. Pohyb zboží uvnitř továrny je mechanizován a prováděn formou vysokozdvížných vozíků řízenými lidmi. Dodací proces položek byl navíc řízen podle předpovědi poptávky provedené před výrobou [32]. Třetí inovace (Logistika 3.0) představuje systém řízení logistiky z 80. let. Tato inovace logistiky proběhla se dvěma technologickými průlomy – číslicově řízené stroje a průmysloví roboti. Logistický vývoj nastal zavedením počítačů do výroby, byl vyvinut systém řízení logistiky. Byl to začátek důležitého softwaru, který se v dnešní době velmi rozšířil do skladového prostoru jako Warehouse Management System (WMS) a Transport Management System (TMS) a IT systém, to vše díky použití počítačů za účelem správy a kontroly logistických procesů. Software se používá k vypracování plánu se všemi objednávkami dodavatelům s termínem dodání materiálu. Proto je příchozí logistika i správa skladu pečlivě plánována a řízena softwarem. Pohyb zboží uvnitř továrny se provádí pomocí automatizovaných linek, přepravních zařízení řízenými lidmi a formou robotizovaných vozidel s naprogramovanými trasami [33]. Nyní jsme na začátku čtvrté inovace logistiky (Logistika 4.0). Hlavní hnací silou je implementace prvků IoT a IoS. Řízení dodavatelského řetězce bude velkou sítí, ke které budou mít přístup všechny zúčastněné strany. Bude použita internetová platforma a všechny objednávky budou spravovány v reálném čase. Pohyb zboží uvnitř továrny bude zcela automatizován pomocí autonomního vysokozdvížného vozíku s jeho trasami naprogramovanými podle prediktivní příchozí logistiky, která bude vycházet z informací získaných z internetové platformy používané všemi zúčastněnými stranami [34], [35].

2.2.2 Logistika v kontextu Průmyslu 4.0 a obecné definice

Jedním z předpokladů pro logistiku v rámci Průmyslu 4.0 je automatizované zázemí využívající autonomních vozíků a robotů, které se automaticky přizpůsobuje potřebám výroby. Logistické zázemí se týká více subjektů v rámci kooperace, které nemusí být lokalizovány na jednom místě, a proto se logistický řetězec bude týkat i koordinace dopravního spojení mezi výrobními subjekty. Paradigma čtvrté průmyslové revoluce je výsledkem zvýšeného využívání internetu (IoT, IoS), který umožňuje komunikaci mezi produkty, stroji, službami a lidmi v reálném čase a používání digitálních nástrojů a to vstupuje také v plné míře do oblasti logistiky.

Logistika představuje vhodnou oblast použití principů Průmyslu 4.0. Integrace systémů CPS a IoT do logistiky slibuje, že umožní sledování materiálových toků v reálném čase a lepší manipulaci s manipulačními jednotkami. Ve skutečnosti lze tvrdit, že Průmysl 4.0 se ve své kompletní podobě může stát součástí logistických činností, pouze pokud bude logistika schopna

poskytnout výrobním systémům potřebné vstupní faktory ve správný čas, ve správné kvalitě a na správném místě [9]. Efektivnost procesu jako důležitého ukazatele logistiky lze získat realizací zásad Průmyslu 4.0 (interoperabilita, transparentnost informací, virtualizace) v klíčových logistických oblastech jako je skladování, transport, balení, distribuce, nakládka/vykládka a informačním zajištění [36]. Vizí Logistiky 4.0 je proces, který se snaží eliminovat lidský faktor a v nejvyšší možné míře automatizovat logistické činnosti. Pro výrobní společnosti je důležité, aby měly dokonalý přehled nejen o tom, kde se materiál v podniku právě nachází, ale bude nutné vědět, kdo ho měl v ruce, kdy a kam byl přesouván z jakého důvodu a zda to mělo nějaké důsledky. Toho nelze dosáhnout bez dokonalých informačních systémů, které musí zajišťovat řízení procesů nejen během výroby, ale také během operací skladování, dodávky materiálu nebo během transportu z výroby do skladu. Logistika 4.0 by mohla přinést lepší výsledky v automatizaci, robotizaci, poskytování rozsáhlých informací, rozšiřování online světa, zvyšování flexibility, eliminaci lidského faktoru. [37]. Logistiku 4.0 je možné také popsat podle pěti charakteristik, které jsou: analýza velkých dat v reálném čase, snížené požadavky na skladové úložné plochy díky novým technikám, autonomní roboti se sledovacími a rozhodovacími systémy vedoucími k optimalizované kontrole zásob, výměna informací v reálném čase a interkonektivita všech zařízení [38].

Prostřednictvím aktivní komunikace v inteligentní továrně lze zaznamenávat a řídit interní logistické procesy. Standardizace senzorů, datových formátů a rozhraní jsou nezbytná hlediska pro vytvoření moderní logistiky splňující „principy 4.0“. V průběhu probíhající digitalizace pracovního prostředí se mění výrobní zařízení a procesy a také dochází k polemice o „lidském faktoru“. Kromě vysokého stupně automatizace si člověk v tomto prostředí zachovává ústřední roli jako kreativní operátor a roli rozhodující. K podpoře pracovníků jsou zapotřebí asistenční technologie. Použití digitálních asistenčních systémů umožňuje bezkontaktní přístup k systémům a strojům. V oblasti skladových a interních manipulačních procesů mohou mobilní dopravní systémy v budoucnu doplňovat, nebo plně nahrazovat tradiční manipulační techniku a skladové operace. Jedná se o autonomně fungující zařízení, které se nedrží jen lineárních tras, ale zařízení fungují nezávisle na různých skladových prostorech a platformách a spojují tak různé oblasti závodu, jako je příjem zboží nebo vychystávání objednávek [40].

Logistika 4.0 nenahrazuje systémy, jako je štíhlá logistika, ale doplňuje je a vylepšuje tam, kde dochází k neefektivnosti nebo je příliš složité logistické řízení. Integrované produkty, služby, procesy, technologie a dokonce i organizace a sítě by mohly být podporovány během celého životního cyklu. Naproti tomu se může objevit několik překážek, například plné implementaci brání nedostatečná standardizace technologií a procesů v logistice, zejména v kusové výrobě a nejistota ohledně ekonomických hodnot a nákladů. Z pohledu lidských činností je možné nalézt překážky zejména v podobě dovedností a znalostí lidského personálu [39].

2.2.3 Technologie v Logistice 4.0

Většina autorů popisujících logistiku v rámci konceptu Průmyslu 4.0 identifikuje a zmiňuje podobné technologie a aplikace, kde jejich funkčnost je založena na principech tohoto konceptu a jsou implementovány v oblasti interní logistiky. Za účelem poukázání na hlavní aplikace nových technologií v logistické oblasti, která je poměrně široká, by měly technologie Průmyslu 4.0 najít využití zejména na základě těchto čtyřech principů [38]:

- 1) **Podpora rozhodování a správné rozhodování** – odkazuje na potenciál umělé inteligence a analýzy velkých dat pro automatizaci rozhodovacích procesů nebo podporu lidských rozhodnutí pomocí přístupu založeného na datech.

- 2) **Identifikace a interkonektivita** – označuje technologie IoT a inteligentní senzory, které jsou schopny jednoznačně identifikovat produkty a materiály a zlepšit sledování produktů uvnitř i mimo podniky včetně vzájemné komunikace.
- 3) **Plynulý tok informací** – označuje integraci IT systémů (vertikální integraci), která využívá také cloudové výpočty k poskytování přístupu k datům z více zdrojů v reálném čase, aby bylo možné lépe reagovat na plánování výroby v reálném čase.
- 4) **Automatizace, robotizace a nové výrobní technologie** – zavádění nových zařízení a chytrých/inteligentních dopravních systémů schopných nahradit nebo duplikovat lidskou práci v činnostech vykonávaných manuálním způsobem.

Logistika 4.0 potřebuje podporu rychlého vývoje mnoha technologií, například inteligentních senzorů, zpracování velkých dat, výpočetní techniky, technologie mobilního internetu a inteligentních robotů a systémů AGV. Pro technické komponenty v rámci automatické identifikace je potřeba takové technologie, kde identifikace bude bezkontaktní na velkou vzdálenost a bude standardizovaná. Možné řešení je využití RFID. V současné době je nejpoužívanější technologie čárových kódů, případná kombinace s RFID za účelem automatického získávání dat. Pro lokalizační systémy jsou známy metody a kombinace RTLS, jako například: úhel příchodu, přímá viditelnost, čas příjezdu a další. Komponenty inteligentních senzorů se používají ke zjišťování stavu zboží nebo změn jeho prostředí a poté poskytují odpovídající výstup pro účely rozhodování. Typické senzory používané v logistice jsou teplotní čidlo, snímač vlhkosti, etylenový senzor, aktivní RFID transpondéry apod. V rámci komponentů pro síťování je klíčový IoT jako síť fyzických zařízení, vozidel a dalších položek – s elektronikou, softwarem, senzory, akčními členy a síťovým připojením, které těmto objektům umožňuje shromažďovat a vyměňovat data. To vede k synchronizaci materiálového a informačního toku a umožňuje každé položce spravovat a řídit její logistický proces [30]. Vývoj IoT, IoS a velkých dat výrazně sníží práci, která vyžaduje zásah člověka v každém kroku dodavatelského řetězce. Nové technologie, jako je autonomní vozidlo a skladovací robot, nahrazují proces, který provádějí lidé. Řízení dodavatelského řetězce bude velká síť, do níž budou mít přístup všechny zúčastněné strany (od dodavatelů po zákazníky). Interní logistika nebo pohyby zboží uvnitř továrny jsou zcela automatizované pomocí autonomních vysokozdvizných vozíků a robotů se směrovaným programem, který je založen na prediktivní příchodí logistice. Veškeré činnosti v oblasti logistiky budou vycházet z informací získaných z internetové platformy používané všemi zúčastněnými stranami [30], [41], [42].

Moderní techniky a znalosti zlepšily mobilní roboty na úroveň samotných zařízení i systémů. Techniky umělé inteligence posunuly navigaci mobilních robotů k autonomnímu řízení a vyhýbání se překážkám, tzn., že trasy nemusí být standardizované [43]. Vozidla AGV doplňují autonomní mobilní roboti (AMR). Díky vývoji umělé inteligence bylo umožněno určování polohy v interiéru a autonomní navigace pro mobilní roboty. Na rozdíl od AGV nebo LGV nejsou tato vozidla fixována na definovanou vodící dráhu, což umožňuje větší flexibilitu. Systém AGV tradičně pracuje s centrální hierarchickou strukturou a redukuje změny. AMR vozidla fungují autonomně a mají dynamické směrování a plánování. Nejběžnější AGV v průmyslu často vyžadují lidskou kooperaci při nakládání a vykládání zařízení [43].

Vize logistiky v rámci konceptu Průmyslu 4.0 je taková, že lidský faktor bude mít roli kontrolující a dohlížející. To je hlavní změna v provozování, protože zařízení budou vzájemně komunikovat a spolupracovat, a také se samy rozhodovat. Některé firmy tvrdí, že využívají v oblasti logistiky technologie, které naplňují principy Průmyslu 4.0, ve většině případů jde však pouze o dílčí inovace. Tyto inovace ale mění tradiční pojetí a zvyšují úroveň logistických činností. Dostupné technologické prostředky pro podporu a asistenci fyzické a kognitivní práce

operátorů v inteligentních logistických prostředích mohou být charakterizovány čtyřmi možnými způsoby – asistovaná práce (1), spolupráce (2), rozšířená funkce (3) a plné nahrazení (4) [44]. Například v rámci logistiky uvnitř podniku je možné tyto čtyři hlediska více přiblížit. V úrovni asistované práce (1) operátoři vykonávají klíčové úkoly a dělají klíčová rozhodnutí, ale využívají vizualizačních, zvukových terminálů, a dalších zařízení pro opakované a standardizované úkoly, které ulehčí pracovníkům práci. V rámci úrovně spolupráce (2) operátoři pracují bok po boku se spolupracujícími roboty (koboty), přičemž každý z nich vykonává úkoly, ve kterých je nejlepší, a navzájem se podporují. Vozidla AGV přebírají přepravu materiálu od lidí a pracují samostatně nebo ve spojení s nimi při přemísťování částí mezi skladem a výrobou. V úrovni rozšířené funkčnosti (3), operátoři používají technologie k rozšíření svých „fyzických“ a „kognitivních“ schopností. Je zde vysoký stupeň automatizace, robotizace s kooperujícími pracovníky, kde se postupně mění role operátorů. Pro úroveň (4) roboti nahrazují komplexně lidmi vykonávané činnosti jako vychystávání, nakládání a vykládání, kontrola, montáž a balení dílů a produktů. Klíčová je vzájemná komunikace a decentralizované rozhodování. Tyto čtyři podpůrné technologie osvobozují člověka od opakující se fyzické práce a pohybu, čímž zvyšují výkon a bezpečnost současně [44].

Studovány byly články a studie, ve kterých se objevuje řada technologií používaných v moderním pojetí logistiky, řada autorů zmiňuje podobné technologie, které plní principy Průmyslu 4.0. Jak bylo zmíněno, hlavní je konektivita zařízení a vzájemná komunikace a plné nahrazení všech logistických operací, které byly vykonávané pracovníky. Přední technologie Logistiky 4.0 jsou uvedeny přehledně podle studovaných zdrojů v Tabulce 2-3.

Tabulka 2-3: Technologie v Logistice 4.0

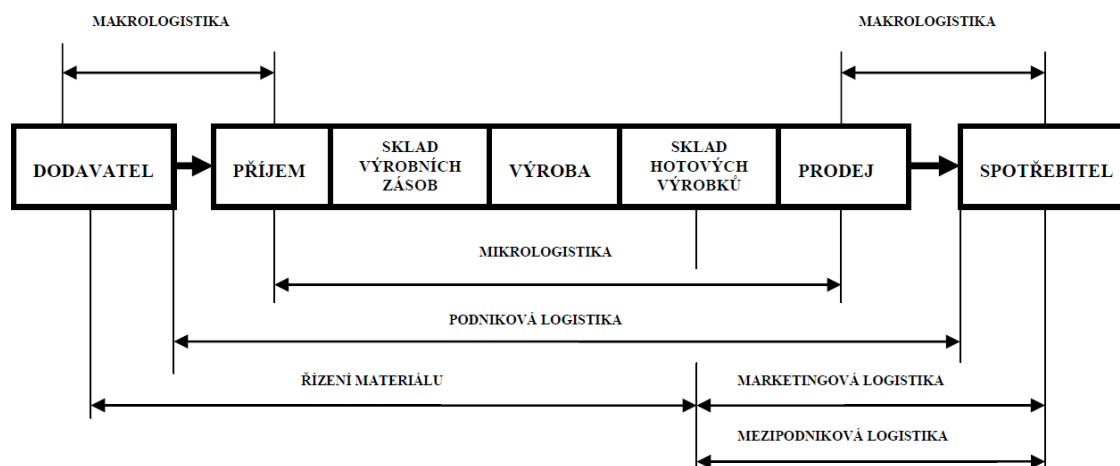
Zdroje	Hlavní logistické technologie
Wang (2016) [30]	Velká data, Inteligentní senzory, RFID, IoT, IoS, Inteligentní roboti, Autonomní AGV, GPS
Galindo (2016) [45]	RFID čipy, CPS, IoT, IoS, Velká data, RTLS
Schmidtke et al. (2018) [40]	Autonomní AGV, Mobilní terminály, Cloudové IT platformy, IoT, Data Mining
Wahrmann et al. (2019) [46]	Nositelné skenery (čárové kódy, RFID tagy), soupravy Voice-Direct, zvukové terminály, Chytré brýle, Sledovače aktivity, Kolaborativní roboti
Glistau and Machado (2018) [47]	RFID čipy, WLAN, EDI, GPRS, Velká data, Data Mining, Chytré telefony, EDI, 5G network, Tablety, Cloudové úložiště
Zou and Zhong (2018) [48]	Autonomní AGV, Drony, Kolaborativní roboti, RFID
Horenberg (2017) [36]	Autonomní AGV, Roboti, Blockchain technologie, CPS, Drony, Velká data
Willims [49]	WLAN, RFID, RTLS, DMC, automatizační automaty PLS, moduly AI, čtečky kamer
Liu et al. (2018) [50]	CPS systémy, RFID, inteligentní roboti, RTLS, autonomní AGV

2.3 Systém komplexního logistického auditu

Cílem této kapitoly je rozdělit logistiku na takové části, aby bylo zřejmé, jako činnosti spadají do oblasti interní logistiky a dále popsat oblast logistického auditu se zaměřením na používané jednotlivé metodiky. Ty mají určité zaměření, postup a také různé oblasti pro hodnocení. Co se týká interní logistiky, můžeme se také setkat s pojmy jako je intralogistika, mikrologistika, vnitropodniková logistika, jedná se o různé výrazy, nicméně význam zůstává převážně stejný. V rámci disertační práce je používán pojem interní logistika. V této části nebudeme popisovat a definovat logistiku obecně, jen stručně zmíníme oblasti a rozdělení, abychom věděli, kam interní logistiku zařadit a co do ní patří za podoblasti, stejně tak budou definovány aktivní a pasivní prvky logistiky. Obecné propojení oblastí logistiky vedlo k potřebě ekvivalentního pojmu, který představuje zásadní interdisciplinaritu pro vnitřní materiálový a informační tok.

2.3.1 Rozdělení logistiky a logistické prvky

Podle posloupnosti logistických procesů a dalších kritérií lze obecnou logistiku rozdělit do několika oblastí, nicméně největší roli zde hraje mikrologistika, do které spadají hlavní činnosti od příjmu zboží, přes sklad výrobních zásob, výrobního sektoru a logistiky v něm, skladu hotových produktů a expedice. Druhá velká oblast je makrologistika, ve které už hraje roli dodavatel, respektive spotřebitel a je vykonávána mimo podnik (externí prostředí) [51]. Na Obrázku 2-3 je členění logistiky s hlavními oblastmi podniku.



Obrázek 2-3: Členění logistiky s hlavními oblastmi podniku [51]

Další dělení logistiky lze nalézt v základní koncepci, ve které se dělí logistika na skupinu **podle šíře zaměření na studium materiálových toků**:

- makrologistika zabývající se logistickými řetězci pro výrobu od těžby surovin až po dodání zákazníkovi a překračuje tedy hranice podniku,
- mikrologistika, která se zabývá logistickým systémem uvnitř určité organizace nebo jen její části,
- logistický podnik jako zvláštní skupinu logistiky, kde je jedná o specializované firmy, které realizují převážnou část logistického řetězce vně určité organizace, tedy propojení dodavatele a zákazníka [52].

Druhou skupinou je **rozdělení dle hospodářského – organizačního místa uplatnění**, kde je:

- logistika zásobování, která zahrnuje tok vstupních surovin,

- logistika výrobní, která zahrnuje tok mezi sklady a výrobním sektorem,
- logistika distribuce, která je tvořena tokem z odbytového skladu na odbytový trh [52].

Systémem mikrologistiky je podniková logistika. Ta se zabývá materiálovým tokem a dále se věnuje i doprovodným tokem informací. Pro pojem podniková logistika existuje několik zásadních systémů. Tyto systémy pro výrobní podnik členíme do několika fází, kde první je zásobovací logistika, zabývající se plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií v podnikových systémech nákupu. Dále logistika výrobní, do které se řadí vše od procesu přísunu materiálu (nákupní logistika) až po expedici hotových výrobků ze skladu (distribuční logistika). Zabývá se plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií ve výrobních systémech, zabývá se propojením toků informací a materiálu. Další fází je logistika distribuce, která představuje transport hotových výrobků a zboží zákazníkovi. Zabývá se dále plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií v podnikových distribučních systémech [53], [54].

Interní logistika odpovídá za pokrytí obchodních úkolů v oblasti nákupu (zásobování), výroby a distribuční logistiky. Přitom přebírá organizaci, kontrolu a optimalizaci nad materiálovými a informačními toky a manipulací se zbožím v průmyslových podnicích, obchodech a veřejných institucích [55]. Primárními provozními funkcemi interní logistiky jsou manipulace, příjem a skladování, vlastní transport, vychystávání a balení [40]. Interní logistika přebírá průřezovou funkci a je zcela odpovědná za interní tok materiálu a informací čímž spojuje vnitřní systémy, od prostoru vstupního skladu (příjem zboží, uskladnění), přes vnitřní manipulaci a zásobování pracovišť výroby a montáže až po expedici zboží (vychystávání) [56].

Interní logistické systémy se obecně skládají z částí jako skladovací systémy a manipulační systémy, které jsou propojeny několika typy interních dopravních systémů. Současné interní logistické systémy vykazují různé úrovně složitosti, přičemž ty poměrně složité již přinášejí schopnosti lidských operátorů optimalizovat je tak, aby dosáhly svých limitů. Interní logistické operace musí brát v úvahu fyzické schopnosti infrastruktury, povahu přepravovaného zboží, operátory a okolní prostředí, jakož i obchodní požadavky na interní logistiku, přičemž záleží také na fyzických, normativních a technologických omezeních [57].

Logistické systémy jsou velmi různorodé a mnohotvárné. Systémový přístup k jejich zkoumání a ovládnutí je základním předpokladem úspěšné optimalizace jejich struktury, provozu a řízení. Jsou tvořeny **aktivními a pasivními prvky**. Rozdělení na aktivní a pasivní prvky představuje oddělení přepravovaného od přepravujícího a tedy definuje, co se přepravuje (pasivní prvky) a co je prostředkem pro uskutečnění této přepravy (aktivní prvky) [52].

Pasivními prvky můžeme nazývat manipulovatelné, přepravované nebo skladovatelné kusy, jednotky nebo zásilky. Účelem všech manipulačních operací, které musí postupně pasivní prvky vykonat, je překonat prostor a čas. Tyto operace mají výlučně netechnologický charakter, tj. nemění se jimi množství ani podstata surovin, materiálu, dílů či výrobků [52]. Pasivní prvky jsou součástí operací, jako je balení, tvorba a rozebírání manipulačních a přepravních jednotek, úložné operace, přeprava, skladování, kompletace, kontrola a sledování, identifikace, zpracování, přenos a uchovávání informací. Pasivní prvky jsou tedy souhrnně suroviny, základní a pomocný materiál, díly, nedokončené a hotové výrobky, obaly a přepravní prostředky, odpad vznikající při výrobě, distribuci a spotřebě a informace [58].

Aktivní prvky slouží k přepravě pasivních prvků, jinými slovy přepravní stroje manipulují s materiálem, výrobky a zbožím. Tyto manipulační prostředky se dají rozdělit na zařízení s přetržitým pohybem a zařízení s plynulým pohybem [52]. Mezi nevýrobní operace lze zařadit

balení, nakládku, přepravu, vykládku, uskladňování, vyskladňování, kompletaci dodávky, ale také zpracování, uchovávání a přenos informací a mnoho dalších. Hmotnými prvky realizujícími nevýrobní operace jsou zejména manipulační a balící prostředky a prostředky sloužící ke zpracování informací. Nezbytnou součástí většiny hmotných prvků je i lidská složka. Manipulační prostředky slouží k fyzickému přemísťování pasivních prvků [59].

2.3.2 Audit v logistické oblasti

Pokud mluvíme o auditu v průmyslovém podniku pro tuto disertační práci, myslíme tím řešení auditů logistických. Audit v obecném slova smyslu je prostředek, jímž jedna osoba ujišťuje druhou o kvalitě, podmínkách či stavu určité skutečnosti, kterou první osoba prozkoumala. Potřeba takového auditu vyplývá z nejistoty nebo pochybností druhé osoby o kvalitě, podmínkách či stavu předmětné skutečnosti a z nemožnosti tuto nejistotu nebo pochybnost odstranit vlastními silami [60]. Audit znamená systematický, nezávislý a dokumentovaný proces pro získání důkazu a pro jeho objektivní hodnocení s cílem stanovit rozsah, v němž jsou splněna kritéria auditu. Audit je používán napříč celou podnikatelskou sférou v rámci několika dílčích oblastí podniku [61]. Audit je možné členit podle předmětu nebo podle uživatele. Podle toho, co je předmětem auditu se dělí audit do třech kategorií: audit finančních výkazů, audit jednání a audit operací. Podle subjektu, který audit používá, se člení na externí a interní audit [62]. Interní audit je nezávislá, objektivní a konzultační činnost zaměřená na přidanou hodnotu a zlepšení provozu organizace. Pomáhá organizaci dosáhnout její cíle tím, že zavádí systematický metodický přístup k hodnocení a zlepšení efektivnosti řízení rizik, řídicích a kontrolních procesů. Interní audit je evoluční a dynamickou činností, která se stále mění a přizpůsobuje se změnám v organizační struktuře, procesech a technologiích [63]. Jsou čtyři základní cíle, které by měl audit splňovat – jedná se o ověření shody s používanými normami, ověření shody s dokumentovanými postupy, ověření efektivnosti procesů systému a identifikování příležitostí pro zlepšení systému [64].

Logistický audit

Logistický audit je součástí strategického plánovacího procesu, který se realizuje v kontextu celkových cílů a plánů podniku. Logistický strategický plán není možné vytvářet izolovaně a závisí na řadě vstupů z různých funkčních oblastí podniku. Firmy tyto vstupní informace často získávají jako součást svého logistického auditu [65]. Jeho smyslem je zjistit, jak na tom logistika je v porovnání se stanovenými cíli. Stanovené jsou základní oblasti, do kterých spadají ukazatele – úroveň zákaznického servisu, logistická efektivita, využití aktiv podniku a analýza výkonu konkurence. Stanoven musí být také tým pro logistický audit a hodnocené oblasti. Podobně jako u ostatních druhů auditů, tak v rámci logistiky můžeme rozlišit logistický audit do následujících kategorií:

- a) **Interní logistický audit** (výkonnost a logistické náklady, míra využití zdrojů).
- b) **Externí logistický audit** (úroveň služeb zákazníkům, srovnání s okolím).

Při interním logistickém auditu se shromažďují informace od vlastních pracovníků podniku, zkoumá se dokumentace a toky v rámci podnikových logistických procesů (potenciální zdroje dat mohou být záznamy o provozu vozového parku, záznamy o pracovní době skladových pracovníků, obsah vstupních a výstupních zakázek, informace o cyklu objednávek a o plnění objednávek). Externí audit se týká zejména výkonnosti logistického systému podniku z hlediska zákazníků, jeho srovnání s konkurencí a očekávání zákazníků. Pro externí audit se často najímá externí firma, minimalizuje se tím zkreslení odpovědí zákazníků podniku

i konkurence. Po provedení externího a interního auditu může auditní tým přikročit k analýze zjištěných možností zlepšení a k přezkoumání původně stanovených klíčových otázek. Na základě této analýzy by již auditní tým měl být schopen vytvořit a doporučovat strategii – novou podobu logistického systému, včetně systému hodnocení/ukazatelů, pomocí kterých bude možno sledovat pokrok při uskutečňování této strategie [66].

Logistický audit je efektivní nástroj logistického řízení podniku, který slouží pro analýzu a kontrolu účinné a hospodárné realizace logistických činností. Cílem logistického auditu je poskytnout managementu srovnávací materiál o stavu logistiky ve firmě a ukázat potenciál možností změn v logistických činnostech za účelem dosažení efektivnějšího výkonu firmy. Prvotním krokem je uvědomění si potřeby logistického auditu ze strany podniku [67].

Systém komplexního logistického auditu pokrývá logistické procesy interně logistického modelu firmy [68]. Vstup v daném případě představuje podnik, jehož logistické procesy představují objekt pro audit a teoretický etalon, z něhož se po určení rozsahu logistického auditu vyselektuje databáze auditovaných procesů. Následně je prováděno hodnocení logistických procesů jednotlivými respondenty ze strany auditované společnosti. Struktura systému komplexního logistického auditu může být v posloupnosti těchto čtyřech hlavních kroků:

- 1) Databáze auditovaných procesů (základní logistické procesy vyplývající ze základního interně logistického modelu firmy).
- 2) Hodnocení logistických procesů (hodnocení jednotlivých oblastí a celkové hodnocení).
- 3) Vyhodnocení logistického auditu (zpracování samotných výstupů).
- 4) Projektová aplikace (navrhované změny vychází z vyhodnocení logistických procesů).

2.3.3 Logistický audit dle Komory logistických auditorů

V českém prostředí není problematika logistického auditu rozšířená, nelze nalézt několik metod a pohledů na tuto oblast, není nikde veřejně dostupná jednotná metodika. Podniky mají eventuálně v nějakém rozsahu zpracovaný svůj postup, případně využívají externí soukromé subjekty pro analýzu současného stavu oblastí, ve kterých se vykonávají interní logistické procesy. Nicméně v tuzemském prostředí **Komora logistických auditorů (KLA)** disponuje vlastní metodikou, která ovšem není veřejně dostupná, ale její hlavní kroky, principy v obecné rovině budou zmíněny. V rámci každé firmy, která se zabývá logistikou na jakékoliv úrovni, přichází doba společně s dynamicky se vyvíjejícím oborem, situací na trhu i konkurencí, kdy je třeba vyhodnotit efektivitu stávajícího systému a případně přikročit k žádoucím změnám [69].

Logistický audit je standardizovaný, analytický a projektový proces, který je zaměřen na logistické funkce podnikového systému řízení. Účelem logistického auditu je diagnostikovat stav systému logistiky ve firmě a definovat program pro zvýšení jeho produktivity. Projektový charakter tohoto programu umožňuje realizovat jak okamžité organizační zásahy vedoucí k rychlým efektům, tak i zásadní koncepční změny logistických procesů. Logistický audit je metodikou nastavující základní měřítka a ukazatele pro sledování a zvyšování výkonu [69].

Metoda pro provádění a realizaci logistického auditu je složena ze tří na sebe navazujících částí:

1) Popisná část logistického auditu

Popisná (deskriptivní) část auditu sumarizuje a popisuje veškeré klíčové parametry, měřitelné hodnoty a praktické stavy logistického systému firmy. Tato část auditu obsahuje:

- schéma logistického řetězce auditované organizace ve formě Sankeyova diagramu,

- základní prostorový layout auditovaného řetězce,
- slovní popis uplatňované logistické strategie, principů řízení a realizace procesů,
- sumarizaci všech měřitelných parametrů a údajů logistického systému.

Měřitelné parametry lze rozdělit do dvou kategorií:

- Z – základní měřitelné údaje – pro provedení auditu jsou tyto údaje povinné.
- D – doplňkové měřitelné údaje – jsou doplňovány a upravovány auditorem podle konkrétní situace v auditované společnosti.

Každý z měřitelných parametrů a údajů je auditorem kategorizován podle stupně validity:

- a) Údaj je ve firmě přesně a pohodlně vyhodnotitelný (počet vysokozdvížných vozíků, okamžitý stav zásoby, tržby z prodeje zboží).
- b) Údaj je ve firmě obtížně a pracně vyhodnotitelný, pro účely auditu byl pouze odhadnut (doba obratu zásoby, časová využitelnost vysokozdvížných vozíků).
- c) Údaj není možno přesně vyhodnotit, pro účely auditu lze odhadnout jen velmi hrubě nebo vůbec (náklady na proces příjmu jedné palety, objednáací náklady na jednu položku nákupního dokladu) [69], [70].

2) Diagnostická část logistického auditu

Diagnostická část auditu si klade za cíl analyzovat, do jaké míry jsou logistické systémy organizace optimalizovány, nebo do jaké míry tyto systémy vyhovují požadavkům praxe v konkrétním prostředí organizace. Tato míra je vyjádřena procentem kladných odpovědí ze sady definovaných otázek, které se vztahují k logistickému systému auditované organizace.

Logistický systém auditované organizace je v rámci auditu dekomponován na čtyři části – strategie logistiky, plánovací a řídicí systém, informační systém a materiálový systém.

Diagnostické otázky jsou rozděleny do dvou kategorií:

- A – otázky vztahující se vždy k celému logistickému systému nebo subsystému.
- B – otázky vztahující se jednotlivým prvkům systému nebo subsystému.

Na každou diagnostickou otázku je v rámci provádění auditu nutno jednoznačně odpovědět jednou ze tří možností: ano, ne, částečně, nehodnotitelné.

Při hodnocení otázky stavem „ne“ nebo „částečně“ je vždy auditorem připojen subjektivní pohled a komentář k tomuto stavu. Zároveň je každé takto hodnocené otázce přiřazen znak, zda se jedná o slabou stránku, příležitost ke zlepšení nebo hrozbu.

Stupnice celkového hodnocení:

- A: 95 – 100 % - excelentní logistický systém,
- B: 80 – 95 % - úspěšný logistický systém,
- C: 60 – 80% - uspokojivý logistický systém,
- D: 0- 60 - neuspokojivý logistický systém.

Hodnocení je dále dekomponováno na jednotlivé čtyři logistické subsystémy, přičemž matematický postup při hodnocení je shodný jako u celkového hodnocení [69], [70].

3) Návrhová část logistického auditu

Návrhová část auditu je v podobě akčního plánu, který je soupisem chronologicky seřazených aktivit, jejichž realizací bude dosaženo změny hodnocení diagnostických otázek.

- Opatření – jednoduše uplatnitelný pokyn či příkaz v rámci existujících řídicích struktur nevyžadující žádné finanční nároky.
- Úloha – samostatně řešitelný úkol (např. realizace workshopu), nevyžadující významné investiční ani časové nároky, ale vyžadující koordinaci a spolupráci pracovníků zainteresovaných do realizace.
- Projekt – systémově řízená změna vyžadující uplatnění principů projektového řízení při zvýšené investiční a časové náročnosti.

Pro každé opatření, úlohu nebo projekt je definována důležitost (priorita) pro jejich vyřešení:

- α jako nejvyšší priorita – nevyřešení ohrožuje konkurenceschopnost firmy,
- β jako vysoká priorita významně zlepší funkčnost logistického systému,
- γ jako příležitost ke zlepšení stavu.

Ke každé aktivitě musí být dále přiřazen odhad časové a investiční náročnosti, personální nebo materiálové zdroje potřebné pro řešení, zodpovědnost, rizika a případně komentář [69], [70].

Detailní metodika se zaměřuje na výstupy v podobě definovaných akčních plánů, standardní interpretace umožňující opakovatelné hodnocení zkoumaných systémů a procesů a univerzální využití. Na druhé straně je zachován prvek otevřenosti, aby bylo možné vyhodnotit podmínky konkrétního logistického systému nebo procesu. Metodu podporuje softwarový nástroj, který nabízí systematické a transparentní výstupy. Ve společnostech se vyskytuje přibližně 100 otázek zaměřených na 32 klíčových logistických funkcí. Auditóři ve spolupráci s auditovanou společností vybírají vhodné odpovědi na tyto otázky z předem určeného rozsahu odpovědí [70].

2.3.4 Logistický audit dle VDA 6.3 – Audit procesu

Německá asociace automobilového průmyslu (z originálního znění zkratka VDA) se skládá z více než 620 společností zabývajících se výrobou pro automobilový průmysl ve Spolkové republice Německo. Členové jsou rozděleni do tří skupin výrobců automobilů, dodavatelů automobilů a přívesů, speciálních karoserií a autobusů. K analýze procesů je důležitou a zavedenou metodou audit procesu podle VDA 6.3. Audit procesu vykazuje vysokou efektivnost díky hodnocení skutečné realizace procesu na místě a díky zkoumání rozhraní a podpůrných funkcí ve fázi projektu a v sériové výrobě [71].

Zavedený standard pro provádění auditů procesu VDA 6.3 byl v roce 2010 zcela přepracován. Vydání 2016 mělo za cíl aktualizaci a optimalizaci se zohledněním shromážděných zkušeností. Dle tohoto zdroje je audit procesu metoda určená pro nezávislou analýzu a hodnocení procesu vzniku produktu a jeho efektivnost s ohledem na stanovené produkty. Cílem je ověření shody sledovaných procesů/kroků procesu s požadavky a specifikacemi [72]. VDA 6.3 definuje standardní postup pro provádění auditů příslušných procesů a hodnocení způsobilosti a výkonnosti procesů. Procesní audity jsou důležitým nástrojem zaměřeným na hodnocení efektivnosti všech procesů za účelem vyhodnocení výkonnosti procesu, interních nesrovnalostí v procesu, kompetencí zaměstnanců, výrobních kapacit a dalších [73].

Katalog otázek je vytvořen tak, že je vhodný pro malé a střední organizace stejně, jako pro koncerny [74]. Nejprve se popíše, jaké vstupy se procesem přeměňují na výstupy. To se rozšíří o další poznatky. Jak proces probíhá (obsah činností, průběh práce, metody, postupy). Jaké útvary, funkce, případně osoby proces podporují (lidské zdroje, odpovědnost, pravomoce, kvalifikace). Jakými prostředky je proces realizován (hmotné zdroje). Jak efektivně proces probíhá (úroveň efektivnosti, ukazatele výkonnosti, účinnost, zabránění plýtvání, snižování proměnlivosti procesu). Ve druhém kroku se stanovují potenciální rizika k těmto otázkám [72].

Provádění auditu je rozděleno do 6 hlavních kroků. Těmi jsou od počínajících kroků – program auditu (zadání auditu), příprava, provedení, hodnocení, prezentace výsledků a vyhodnocení s uzavřením. Každý tento proces je v metodice popsán jeho konkrétními vstupy a výstupy, popsán je krok procesu. Dále jsou určeny stanovené cíle, odpovědnost, popis a příslušná dokumentace (metoda) [75]. VDA metodika tedy obsahuje katalog otázek. Auditor provádí analýzu a hodnocení například výrobního procesu (v dokumentaci sekce P6) podle posloupnosti prvků: vstupy do procesu, procesní tok/související operace, lidské zdroje/podpora procesu, materiální zdroje, efektivita, výstup z procesu, přenos a zpracování/manipulace s díly [73].

Každá otázka se hodnotí s ohledem na plnění příslušných požadavků a s ohledem na existenci rizika. Hodnocení může dosáhnout u každé otázky 0, 4, 6, 8 nebo 10 bodů, přičemž měřítkem pro přidělování bodů je prokazatelné plnění požadavků a hodnocení rizika pro produkt a proces.

Poté se dělá vyhodnocení prvku procesu, dílčích prvků procesu a jednotlivých kroků procesu. Například prvek procesu se počítá následovně:

$$E_{Pn}[\%] = \frac{\text{součet dosažených bodů k příslušným otázkám}}{\text{součet maximálně možných bodů k příslušným otázkám}}$$

Poté se hodnotí dílčí prvky ke kroku procesu, to probíhá analogicky jako hodnocení jednoho prvku procesu:

$$E_{Un}[\%] = \frac{\text{součet dosažených bodů k příslušným otázkám z dílčího prvku}}{\text{součet všech možných bodů k příslušným otázkám dílčího prvku}}$$

Dále se počítá stupeň plnění pro jednotlivý krok procesu:

$$E_n[\%] = \frac{\text{součet dosažených bodů k příslušným otázkám ke kroku procesu}}{\text{součet všech možných bodů k příslušným otázkám ke kroku z procesu}}$$

Takto se zpracovává pro všechny prvky procesu a celkový stupeň plnění pro audit procesu se počítá následovně:

$$E_G[\%] = \frac{\text{součet dosažených bodů ke všem hodnoceným otázkám ze všech prvků}}{\text{součet všech možných bodů k těmto otázkám}}$$

Pokud se některé prvky daného procesu nehodnotí, nejsou do hodnocení zahrnuty. Zařazení A má stupeň plnění $E_G \geq 90\%$ a zařazen je jako kvalitativně způsobilý. Zařazení B má stupeň plnění $80\% \leq E_G < 90\%$ a zařazen je jako kvalitativně způsobilý podmíněně. Zařazení C má stupeň plnění $E_G < 80\%$ a zařazen je jako kvalitativně nezpůsobilý. Vysvětleny jsou poté stupně plnění dílčího dílu a pravidla přerazování. Katalog otázek je základním nástrojem pro auditora a struktura katalogu je ve formě formulace otázek, minimálních požadavků důležitých pro hodnocení a příkladů realizace [72]. V katalogu otázek jsou také obsaženy otázky týkající se procesí interní logistiky, konkrétně v části P6 (Procesu výroby). V rámci těchto otázek jsou hodnoceny oblasti interní logistiky jako manipulace, transport, skladování a balení.

2.3.5 Logistický audit dle metodiky MMOG/LE

Tato metodika byla vynalezena organizacemi AIAG a Odette. Odette International je vytvořena společnostmi automobilového odvětví pro tento sektor průmyslu. Stanovuje standardy podnikové elektronické komunikace, výměny technických dat a řízení podnikové logistiky [76]. Metodika označovaná zkratkou MMOG/LE (v originálním znění Global Materials Management Operations Guideline/Logistics Evaluation) je standardním nástrojem pro hodnocení procesů dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu. Je široce používána pro interní hodnocení, srovnávání organizací a zlepšování výkonnosti dodavatelského řetězce. Tento nástroj obsahuje téměř 200 kritérií pro logistiku, která umožňují srovnávat procesy organizace s osvědčenými postupy v oboru. Směrnice MMOG/LE je obsáhlý celek podnikových procesů souvisejících s řízením materiálového hospodářství a logistiky. Byla vytvořena pro automobilový průmysl, ale slouží i pro jiná odvětví. Jako nástroj rozvoje stanoví kritéria pro zlepšování hospodaření s materiálem v interním i externím prostředí [76], [77].

Schopnost a výkon stávajících logistických organizací jsou hodnoceny pomocí MMOG/LE (s jednoduchým hodnocením A, B nebo C) a jsou podporovány plány logistického systému, které splňují požadavky zákazníků nebo interních požadavků. Hodnocení pomáhají výrobcům a dodavatelům snižovat náklady, plýtvání a pracovní vytížení zefektivňováním a zlepšováním provozních postupů. MMOG/LE také výrazně usnadňuje vysvětlení operací dodavatelského řetězce externím zákazníkům a prokazování zlepšení interního řízení [78].

Metodika MMOG/LE tedy disponuje dvěma pohledy z hlediska využitelnosti:

- **Nástroj pro neustálé zlepšování**, který zavádí procesy pro zvyšování kvality systémů materiálového toku a dodávek zboží.
- **Nástroj, který pomáhá identifikovat problémy** v současných procesech a zavádí nové procesy pro zlepšení výkonu dodávek tak, aby uspokojily poptávku zákazníků [79].

MMOG/LE poskytuje důkaz pro zákazníky podniku nebo pro interní účely, že jsou k dispozici vhodné funkce EDI komunikace pro zákazníky a dodavatele, jsou zavedeny procesy řízení zásob, je k dispozici vhodné plánování dopravy (interní logistiky i odchozí – externí logistika) a že pro výrobu jsou zavedeny postupy a kapacity pro plánování [79].

Dokumentace pro metodiku popisuje obecně hlavní kroky a postupy. V dokumentaci jsou postupně popsány účel a cíle, kde komplexním cílem metodiky je poskytnout hodnotící nástroj, který umožňuje komplexní vyhodnocení výkonu a schopností SCM. Tuto metodu může použít každý partner v dodavatelském řetězci pro sebehodnocení nebo může být použita mezi obchodními partnery jako nástroj auditu pro výběr a hodnocení dodavatele [80].

S vydáním 4. verze se metodika dle MMOG/LE skládá ze dvou hodnocení – úplné a základní hodnocení. Úplné hodnocení nyní obsahuje 197 kritérií. Základní verze obsahuje 106 ze 197 kritérií použitých v plné verzi a byla vyvinuta speciálně pro použití v nižších vrstvách dodavatelského řetězce při zachování všech základních principů. Dále je v dokumentaci znázorněn model procesu MMOG/LE pro SCM, který poskytuje obrazový přehled kapitol a procesů zahrnutých v rámci této metodiky [80].

Hodnocení MMOG/LE zahrnuje celkem 6 hlavních kapitol, kde každá má svoje další hodnocené podkapitoly:

- 1) Strategie a zlepšení (vize a strategie, cíle, měření, analýza a akční plány, neustálé zlepšování, vývoj dodavatelského řetězce).

- 2) Organizace práce (organizační procesy, provozní postupy a pracovní pokyny, plánování zdrojů, pracovní prostředí a lidské zdroje, posuzování a řízení rizik).
- 3) Plánování kapacity a výroby (realizace produktu, systémová integrace).
- 4) Zákazníkově rozhraní (komunikace, balení a označování, doprava, manipulace, spokojenost a zpětná vazba zákazníků).
- 5) Výroba a kontrola výrobku (identifikace materiálu, zásoby, kontrola technických změn, sledovatelnost).
- 6) Rozhraní dodavatele (výběr dodavatele, dohoda o řízení dodavatelského řetězce, komunikace, balení a označování, doprava, příjem materiálu, hodnocení dodavatele).

Navazuje na to vysvětlení vážení kritérií a bodování. Některá klíčová kritéria se totiž považují za základní procesy, a proto by mělo být uznáváno, že toto kritérium má větší úroveň důležitosti. Do MMOG/LE byl začleněn vážený bodovací systém, který odráží tyto různé úrovně důležitosti. Používají se tři úrovně vážení kritérií (F1, F2, F3) a byly jim přiděleny definice, barevné kódování a body (1 bod pro F1, 2 body pro F2, 3 body pro F3).

Další částí je klasifikace. Procentuální skóre se počítá na základě celkového skóre a maximálního možného skóre v každé verzi. Protože však v základní verzi existuje výrazně méně kritérií, nelze výslednou klasifikaci přímo porovnat s plnou verzí. Plná verze má proto klasifikační kategorie A, B a C a verze základní (Basic) má různé klasifikační kategorie, jmenovitě ZA, ZB a ZC. Plná a základní mají samostatné pracovní listy „Scoring Summary“. V další části dokumentace jsou poskytnuty instrukce jako vzdělání a trénink k této metodice, navigování v dokumentech a nástrojích, odpovědnost za hodnocení, profil hodnocení, případné zdroje pro hodnocení, příprava před provedením, analýza a hodnocení kritérií, celkové hodnocení, výsledné grafy a výsledná data [80].

2.4 Modely připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0

Zatímco předchozí průmyslová etapa přinesla do průmyslového odvětví počítače a roboty, čtvrtá průmyslová revoluce je mezi sebou propojila a naučila je vzájemné komunikaci. U konceptu chytrých továren je klíčová schopnost propojit mezi sebou všechny operující stroje a zařízení, a to ne jenom v rámci výrobního sektoru. Tempo přijetí konceptu Průmyslu 4.0 je však v různých průmyslových odvětvích a společnostech rozdílné a koncept je v centru mnoha futuristických vizí vedoucích pracovníků podniků, ekonomů a politiků. Potřebujeme však více informací o současném stavu připravenosti v průmyslu a zejména ve strojírenství – tj. klíčovém průmyslu pro realizaci konceptu Průmyslu 4.0. Společnosti se potýkají globálně i lokálně s konceptem Průmyslu 4.0 a hodnotou, kterou by mohl přinést. Pro tyto společnosti jsou důležité odpovědi na takové otázky jako – co je to Průmysl 4.0 a jak může efektivně prospět jejich společnosti? Jak začít implementovat moderní technologie a jaká je připravenost podniku na tyto technologie? Kde jsou příležitosti pro implementaci?

Cílem této kapitoly je popsat problematiku modelů připravenosti na koncept Průmysl 4.0, které se běžně používají jako nástroje pro konceptualizaci a měření zralosti organizace nebo procesu týkajícího se konkrétního cílového stavu. Charakteristické pro modely je jejich využití, protože na základě toho je možné identifikovat současnou připravenost na koncept Průmyslu 4.0 komplexně v celém podniku nebo v různých dílčích oblastech. Případně se modely snaží hledat potenciální místa pro zlepšení stavu připravenosti. Modely se vyskytují v mnoha modifikacích, rozsazích a ty komplexní by měly vybavit společnosti praktickými znalostmi o aspektech:

- Co je to Průmysl 4.0 a jaké jsou hmatatelné výhody, které by mohl přinést?
- Jaká je úroveň připravenosti podniku, dílčích oblastí, anebo jednotlivých zařízení?
- Jak se podnik může postupně a cíleně zlepšovat a zvyšovat svoji úroveň?

V českých zdrojích se modely nazývají odborně „Zralostní model“ či „Model připravenosti“, v anglických publikacích je uváděn jako „Maturity model“ nebo „Readiness model, německé zdroje používají název „Reifegradmodell“. Obecně pojem model samozřejmě má svoji definici, jsou různé druhy a jedná se o matematický pojem, nicméně v rámci této oblasti disertační práce je brán model jako alternativa k pojmu nástroj hodnocení připravenosti a není zde zaměření na matematické podrobnosti.

2.4.1 Charakteristika modelů připravenosti

Klíčovým konceptem, ze kterého vychází většina typů modelů připravenosti, je Capability Maturity Model (CMM), později vyvinutý model Capability Maturity Model Integration (CMMI), přidané slovo „integrated“ značí, že model integruje několik standardů dohromady. Model byl vytvořen pod záštitou SEI na univerzitě Carnegie Mellon. Volně lze přeložit výchozí název z originálního jazyka jako stupňovitý model zralosti [81].

CMMI se zaměřují na zlepšování procesů v organizaci a určují pravidla, které by týmy měly dělat [82]. Obsahují základní prvky efektivních procesů pro jednu nebo více disciplín a popisují cestu evolučního zlepšování od nezralých procesů k disciplinovaným, zralým procesům s vylepšenou kvalitou a účinností. To je rozdíl od jiných podobných standardů, protože používá úroveň zralosti s možným postupným zvyšováním dokonalosti [83]. CMMI poskytují návod, jak postupovat při vývoji procesů, z obecného hlediska se zaměřují především na důslednou organizaci, plánování a sledování postupů. Skutečné procesy používané v organizaci závisí na mnoha faktorech, včetně domén aplikace a struktury a velikosti organizace [81]. Úroveň, které tým v podniku dosáhl, se hodnotí hodnocením, které provádí vyškolený interní nebo externí posuzovatel postupem, který je stejně jako norma definován autorskou organizací [84].

Dnes je model CMMI aplikací principů a koncepcí zavedených téměř před stoletím do tohoto nekonečného cyklu zlepšování procesů. Hodnota tohoto přístupu ke zlepšení procesu byla v průběhu času potvrzena. Výhodami pro organizace byly například zvýšená produktivita a kvalita, zkrácená doba cyklu a přesnější a předvídatelnější plány a rozpočty [85]. Hlavním cílem a záměrem modelu je pomoci v organizaci plánovat, definovat, implementovat, rozvíjet, hodnotit a zlepšovat procesy. Jedná se o tzv. „best practices“, tedy postupy, které se již v minulosti osvědčily a je možné je přijmout jako rámec pro řízení procesů v organizacích [86]. Nejedná se o metodiku, ale o model určující cíle, kterých by měl podnik dosáhnout a to bez přesně předepsaných postupů. Je tedy v zásadě jedno, jak je podnik plní. Nicméně jsou stanovená doporučení jakým způsobem povinných cílů dosáhnout. Doporučení jsou ale dobrovolná a nejsou vzájemně provázaná, takže dohromady metodiku nevytváří [87].

Model CMMI je dostupný v několika variantách. Z originálního znění model CMMI for Services (zkratka CMMI-SVC), který je orientovaný na oblast služeb, zaměřený na potřeby zákazníka a slouží pro organizace vytvářející, řídicí a poskytující služby. Dále model CMMI for Acquisition (zkratka CMMI-ACQ), model orientovaný na oblast Supply Chain Managementu a mířící na oblast řízení nákupu, jehož cílem je, aby veškeré služby byly v souladu s potřebami zákazníka. Třetí variantou je model CMMI for Development (CMMI-DEV), model orientovaný na zlepšování procesů v organizacích, které vyvíjejí produkt

či službu a chtějí to dělat efektivně, levně a kvalitně. Všechny varianty CMMI, tj. CMM-DEV, CMM-ACQ i CMMI-SVC mají téměř shodné procesní oblasti, liší se zejména obsahem [88].

Stupňovitý model CMMI definuje úroveň zralosti, přičemž model je navržen tak, aby firmy mohly kvalitu svých procesů přirozeně rozvíjet podle úrovní. Poskytuje tedy rámec pro uspořádání evolučních kroků do pěti úrovní zralosti, které položí následné základy pro neustálé zlepšování procesů. Těchto pět úrovní zralosti definuje měřítko pořadí pro měření vyspělosti softwarového procesu organizace a jeho schopnosti vyhodnocovat proces [89]. Úroveň zralosti je dobře definovaná vývojová platforma pro dosažení pokročilého procesu. Každá úroveň zralosti poskytuje vrstvu jako základ pro neustálé zlepšování procesů [90].

V CMM se jedná o tyto úrovně zralosti:

- 1) Počáteční: Týmy na této úrovni definované procesy nevykonávají nebo pouze částečně.
- 2) Řízená: Je stanoveno řízení projektů a činnosti jsou plánovány.
- 3) Definovaná: Postupy jsou definovány, dokumentovány a řízeny.
- 4) Kvantitativně řízená: Produkty i procesy jsou řízené kvantitativně.
- 5) Optimalizující: Tým soustavně optimalizuje své činnosti [90].

Současná verze modelu CMMI je velmi blízká evropskému standardu ISO/IEC 15504, který vznikl z dřívější iniciativy SPICE, v originálním znění Software Process Improvement and Capability Determination [91]. Model CMMI je velmi podobný standardu ISO/IEC 1550, respektive jeho ekvivalentu SPICE, použití obou standardů je v podstatě rovnocenné a mají stejnou váhu. Na základě standardu SPICE byly vytvořeny další modely pro posuzování procesů, zejména Automotive SPICE koncipovaný pro automobilový průmysl [92].

Z obecného standardu vyplývá i logika hodnocení plnění modelu. Plnění je posuzováno vzhledem k obecně definovaným úrovním zralosti [93]:

- Úroveň 0 – Nekompletní proces.
- Úroveň 1 – Vykonávaný proces.
- Úroveň 2 – Řízený proces.
- Úroveň 3 – Zavedený proces.
- Úroveň 4 – Předvídatelný proces.
- Úroveň 5 – Optimalizovaný proces.

CMMI je svým určením blízký dobře známému standardu ISO 9001, ale je mezi nimi několik zásadních rozdílů. Standard ISO 9001 není určen pro žádnou konkrétní oblast a je aplikován na firmy z nejrůznějších oborů. ISO 9001 je standardem požadavků pro zavedení systému managementu kvality (QMS). Aktuální revidovaná verze z roku 2015 se označuje ISO 9001:2015, předchozí verze byla ISO 9001:2008. Standard ISO 9001 je standard respektive norma, která slouží jako referenční model pro nastavení základních řídicích procesů v organizaci, které pomáhají neustále zlepšovat kvalitu poskytovaných výrobků či služeb a spokojenost zákazníka (proto systém řízení kvality), strategické řízení a řízení a práci s riziky. Je to norma procesně orientovaná. Stejně jako ostatní normy vyžaduje následnou certifikaci zavedeného systému řízení (zavedených procesů) v organizaci. Norma ISO 9001 se z původní normy zaměřené na postupy až techniky stala procesně orientovaná norma připravená na to, aby ji bylo možné snadno implementovat společně s dalšími standardy a normami [94].

Model připravenosti související s Průmyslem 4.0 je možné obecně definovat jako model, jehož využitím můžeme identifikovat a hodnotit současný stav připravenosti podniku v různých oblastech na koncept Průmyslu 4.0, případně se snaží hledat potenciál pro zlepšení současného stavu a tedy do budoucna implementovat principy konceptu. Jednotlivé modely mají založené základy na stejných, či velmi podobných principech, které vychází z CMMI a dalších alternativních standardů. Analyzované parametry jsou vždy oblasti pro hodnocení a stupňovitě úrovně. Každý model pracuje s jinými oblastmi (v modelech nazývané dimenze), nicméně vzájemná podobnost a charakteristika je zřejmá. U některých modelů jsou oblasti dále rozšířené na dílčí oblasti. Důležitý je také způsob hodnocení. Podobnost ve způsobu hodnocení je dána jednotlivými úrovněmi připravenosti v daných oblastech. Jsou seřazeny logicky od nejnižšího až po nejvyšší stupeň. Úrovně mají svoje názvy a vlastní charakteristiku požadavků a vlastností pro splnění daného stupně v rámci dané oblasti. Připravenost podniku je také u některých modelů vyjádřena kvantitativním způsobem formou indexu připravenosti [95].

2.4.2 Rozdělení modelů připravenosti dle hlavních hledisek

V této kapitole je popsán obecný pohled a základní rozdělení modelů připravenosti hodnotící připravenost na koncept Průmyslu 4.0. Tyto modely s jejich náplní můžeme charakterizovat jako popis srovnávacích (komparativních) metod měření připravenosti ke konceptu Průmyslu 4.0 na makroúrovni a mikroúrovni. Hlavní atributy a rozdělení modelů patřilo mezi úvodní rešeršní studie této oblasti a snahou bylo ze základního rozdělení modelů do skupin dle hledisek postupně detailizovat jednotlivé oblasti. Měření postupů spolu s jeho úrovní, hodnocení souvisejícího výkonu a porovnání konkurenčních pozic je přirozenou denní potřebou podniků. Modely jsou rozdělené do dvou skupin dle srovnávacího hlediska:

1) Srovnávací (komparativní) měření připravenosti na Průmysl 4.0.

Jedná se o srovnávací (komparativní) modely. Lze porovnávat srovnání a hodnocení na makro a mikroúrovni, kde je makro úroveň ve vztahu k zemím, zatímco mikro úroveň platí mezi podniky a ostatními subjekty trhu [96]. Tyto analýzy jsou velmi užitečné pro určení směrů vývoje a strategie podniku a efektivní přidělení zdrojů. Na druhé straně jsou výsledky metody hodnocení srovnatelné, což vyžaduje spolupráci a sdílení informací mezi členskými zeměmi a podniky. V současné době je prováděna typicky velkými poradenskými firmami na makro úrovni a mnoha dalšími organizacemi, jako jsou benchmarkingové organizace na mikroúrovni. Studie zavádí opačný přístup, který umožňuje společně, aby se samy hodnotily bez nutnosti spolupráce v rámci kooperace.

2) Nesrovnávací měření připravenosti na Průmysl 4.0.

Navržený přístup vyžaduje zdroj informací o pokročilých příkladech konceptu Průmyslu 4.0, které může společnost použít, a které je třeba vyhodnotit podle připravenosti. V dalším aspektu by mělo být nekomparativní hodnocení personalizováno s ohledem na danou pozici společnosti na trhu a na pracovní prostředí. V důsledku toho se mění obsah analýzy připravenosti konceptu Průmyslu 4.0 a mění se jednotlivé společnosti. Vzhledem k obsahu hodnocení jsou hlavní témata komparativní metodiky aplikovány ve většině případů, jejich hloubka a některá jednotlivá témata jsou harmonizována s měřenou společností [96]. V harmonizaci s komparativní analýzou jsou navrženy následující hlavní aspekty pro nekomparativní hodnocení připravenosti, kterými jsou strategie, vedení, nabízené produkty a služby, zákazníci, firemní kultura, lidé a další tři technické aspekty (podpora výroby, digitální produkce).

Druhým rozdělením modelů připravenosti je hledisko záběru a úrovně hodnocení [97]:

1) Mikro úroveň konkurenceschopnosti a měření připravenosti v rámci konceptu.

Vzhledem k silné korelaci konkurenceschopnosti a indexu připravenosti konceptu Průmyslu 4.0 je cenné porovnat připravenost tohoto konceptu i mezi průmyslovými podniky. Pro tento přístup existuje mnoho modelů a metodik, které provozují především známé poradenské firmy nebo akademické organizace. Zde nemusí být nutně zahrnuto srovnání velkého počtu podniků, ale spíše hodnocení a často sebehodnocení, pokud jde o fázi připravenosti, ve které se daný podnik nachází [98]. S touto skupinou modelů bude v rámci dalších kapitol disertační práce pracováno včetně detailní analýzy jednotlivých modelů.

2) Makro úroveň konkurenceschopnosti a měření připravenosti v rámci konceptu.

Podnik vždy existuje v konkrétním prostředí, které v mnoha případech určuje předpoklady a v mnoha jiných případech dokonce předurčuje jeho digitalizaci a obecnou schopnost inovovat. Prioritou modelů na makro úrovni je rozvoj průmyslu a digitalizace průmyslu sledovaných jednotlivých zemí, prioritou je zlepšit konkurenceschopnost dané země zvýšením její inovační schopnosti a digitalizace. Nejedná se tedy vyloženě o absolutní hodnocení, ale spíše o relativní umístění v hodnoceném souboru ekonomik s možností srovnání jeho trendů v čase [98]. I když se nejedná o skupinu modelů, která bude předmětem dalších analýz, je možné zmínit známé modely s indexy připravenosti, kterými jsou například:

- NRI (Networked Readiness Index),
- GCI (Global Competitive Index) nebo,
- výsledné skóre od OECD (OECD Scoreboard) [99].

2.4.3 Analyzované modely připravenosti

Nalezeno bylo kolem pěti desítek modelů, které se věnovaly posouzení připravenosti podniku na koncept Průmyslu 4.0. Po první selekci z hlediska kvality a vhodnosti pro další výzkum bylo analyzováno celkem 36 modelů. Některé jsou velmi komplexní, některé stručnější podoby. Pro analyzované dimenze hraje roli zaměření modelů. Některé modely jsou koncipované více do výrobních oblastí, některé do logistiky nebo do oblasti informačního zajištění. V této podkapitole bude uveden pouze jejich název a zdroj. Detailní analýza se všemi hlavními parametry důležitými pro tento výzkum se týkala těchto modelů připravenosti na Průmysl 4.0:

- 1) Impuls – Industrie 4.0 Readiness [100], [101].
- 2) SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise [102].
- 3) PwC Maturity Model 4.0: Building the Digital Enterprise [103].
- 4) A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity [104].
- 5) A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing [105].
- 6) Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0 – MM [106].
- 7) Reifegradmodell Industrie 4.0 [107].
- 8) WMG – An Industry 4 Readiness Assessment Tool [108].
- 9) M2DDM – A Maturity Model for Data – Driven Manufacturing [109].
- 10) The Singapore Smart Industry Readiness Index [110].
- 11) Rockwell – The Connected Enterprise Maturity Model [111].

- 12) Model dle Pracovní skupiny sdružení firma4.cz [112].
- 13) Digitalization Degree in the Manufacturing Industry in Germany [113].
- 14) Digital Maturity & Transformation Studie St. Gallen [114].
- 15) Capgemini – Asset Performance Management Maturity Model [115].
- 16) Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs [116].
- 17) Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing [117].
- 18) The Logistics 4.0 Maturity Model [118].
- 19) The Degree of Readiness for the Implementation of Industry 4.0 [119].
- 20) Cybersecurity in the context of Industry 4.0 [120].
- 21) Study Based Analysis on the Current Digitalization Degree in the Manufacturing [121].
- 22) Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model [122].
- 23) Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 [123].
- 24) Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0 [124].
- 25) The Reference Architectural Model Industrie 4.0 [125].
- 26) A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond [126].
- 27) Acatech Industrie 4.0 Maturity Index [127].
- 28) An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment [128].
- 29) Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy [129].
- 30) A Smartness Assessment Framework for Smart Factories [130].
- 31) Three stage maturity model in SME's toward Industry 4.0 [131].
- 32) Intelligent Logistics For Intelligent Production Systems [132].
- 33) Maturity Levels For Logistics 4.0 Based On NRW'S Industry 4.0 Maturity Model [133].
- 34) Logistics 4.0 Maturity in Service Industry: Empirical Research Results [134].
- 35) Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector [135].
- 36) A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap [136].

2.4.4 Hlavní atributy analyzovaných modelů připravenosti

Modely připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 pracují vždy s hlavními parametry, kterými jsou analyzované oblasti (dimenze) a úrovně. Oblasti vymezují model, proto některé modely pracující s více dimenzemi jsou komplexnější a pokrývají širší záběr podnikových oblastí, některé jsou pro změnu profilované detailně na některou oblast. Druhým hlavním parametrem jsou hodnotící úrovně. Modely používají různý počet, charakteristiku a definici. Nicméně existují i další atributy, kterými modely disponují a je důležité je znát. S použitím vědecké terminologie, formou metody analýzy a porovnání byly podrobeny zmíněné modely rešerši. Vedle těchto metod je ještě provedena metoda abstrakce, kde je hledán v modelech potenciál hodnocení interní logistiky v některé z dimenzí. Všechny zkoumané modely připravenosti jsou zpracovány v souhrnné tabulce, která je součástí **Přílohy č. 1 – Analyzované modely**

připravenosti a jejich hlavní atributy. Je zde všech 36 modelů. Ukázkou zpracování je Tabulka 2-4, kde jsou ve sloupcích analyzované jednotlivé atributy.

Tabulka 2-4 Ukázka hlavních atributů u analyzovaných modelů

Model připravenosti	Původ zdroje	Analyzované dimenze	Hodnocení interní logistiky	Způsob hodnocení připravenosti	Záměr modelu	Dostupnost
Impuls – Industrie 4.0 Readiness [100]	Akademický Praktické sdružení	6	B	5 úrovní od 1 (Outsider) po 5 (Top Performer)	Srovnávací Popisný Předpisující	Dostupný Online dotazník Praktická studie

1) Název modelu připravenosti a zdroj

Název modelu včetně jeho zdroje je uveden v prvním sloupci. Kompletní název je zachován v originálním znění. Modely jsou zahraničního původu zejména z evropských zemí.

2) Původ zdroje

Modely jsou až na jednu výjimku ze zahraničí, zejména ze zahraničních univerzit, různých strojírenských sdružení, poradenských společností, často jsou kombinovány akademickou sférou a průmyslovým sdružením. Atribut původu zdroje je tedy označen následovně:

- Akademický.
- Praktické sdružení.
- Poradenská společnost.

3) Analyzované dimenze a oblasti

Ve třetím sloupci tabulky je vypsán počet analyzovaných dimenzí (oblastí) příslušného modelu. Dimenze jsou v počtu od minima tři až devíti dimenzí. V několika případech se jedná o velmi podobné analyzované oblasti. Navíc u některých modelů se dimenze ještě rozdělují na dílčí dimenze. Minimum modelů používá nezařazené kritéria, které následně posuzují.

4) Potenciál dimenze logistiky

Dílčím cílem je hledání takových modelů, které posuzují činnosti interní logistiky. Proto modely byly rozděleny do třech skupin – A, B, C. Je to z důvodu, že některé modely jsou více zaměřené do oblasti interní logistiky, některé modely tuto oblast nehodnotí vůbec. Proto ve skupině A jsou modely, které jsou koncipované přímo na hodnocení interní logistiky, modely zařazené do skupiny B obsahují interní logistiku částečně v některé z oblastí. Modely ve skupině C se logistice nevěnují a neposuzují interní logistické procesy. Pokud v modelu není přímo jedna z oblastí interní logistiky samotná, hledáme perspektivu a potenciál některé z činností interní logistiky v rámci jiných dimenzí.

5) Způsob hodnocení připravenosti

Systém hodnocení je u některých modelů velmi podobný a hodnoceny jsou jednotlivé dimenze, případně jejich podřazené dílčí dimenze, které se hodnotí podle určitých kritérií. Zde je zřetelný vzorový standard modelu CMMI, který také používá stupňovitý model posouzení. Pro hodnocení jsou použity modely s několika úrovněmi (stupni, levely), často v počtu od čtyř do šesti úrovní. Některé modely používají stručnou, nicméně výstižnou definici jednotlivých

úrovni. Další modely používají úrovně, které jsou více charakterizované. Jsou také modely, které obsahují charakteristiku svých úrovní v průniku s danými oblastmi, tzn. daná úroveň je definovaná přímo pro konkrétní oblast, nicméně někdy na úkor detailního pohledu.

6) Záměr modelu

Model může být využíván ke stanovení a hodnocení současného stavu připravenosti a zařazení do příslušného stupně, to znamená, že plní účel deskriptivní – popisný. Nebo může být model charakteru komparativního – srovnávacího, kde dochází ke srovnání s jinými podniky po provedení hodnocení současného stavu. Třetí vlastností může být preskriptivní (předpisující), který vedle hodnocení poskytuje další kroky a návody pro dosažení vyšších úrovní zralosti, tak aby podnik pokračoval vzestupnou tendencí. [137]

- Popisný záměr (descriptive, deskriptivní).
- Srovnávací záměr (comparative, komparativní).
- Preskriptivní záměr (prescriptive, předpisující).

7) Dostupnost modelu

Zkoumané modely mají různé zdroje a mohou být jako praktické studie nebo výzkumné články. A některé modely mají také dotazníky a popisovanou metodiku posouzení:

- Dotazník dostupný pro některé podniky.
- Dotazník není veřejný.
- Veřejně dostupná metodika hodnocení pro podniky.

8) Kategorizace modelů

Modely byly také kategorizovány do skupin dle provedení. Hlavními kategoriemi provedení modelů jsou z originálního znění:

- „Roadmaps“.
- Modely zralosti (Readiness models).
- Modely připravenosti (Maturity models).
- „Frameworks“ [138].

„Roadmaps“ se používají při plánování a vývoji technologií. Specifická oblast technologie je přesně zastoupena a poskytuje informace o technických požadavcích nebo klíčových údajích technologického výkonu. Plán lze také použít k určení posloupnosti a interakce jednotlivých technologií [139]. Kromě krátkodobých cílů se používá také dlouhodobé plánování. Mezi modelem připravenosti a modelem zralostním je možné chápat rozdíl, protože zralostní modely se používají pro posouzení připravenosti před zapojením do procesu a ke kontrole, zda byly splněny všechny nezbytné předpoklady a přípravy na použití technologie. Měření technologické zralosti (připravenosti) je pro organizaci zvláště důležité s ohledem na její proces a návrh cílů. Modely připravenosti se používají k popisu a zachycení stavu u procesů, systému, podnikové kultury a dalších atributů během procesu zrání. „Roadmaps“ se používají hlavně při plánování a vývoji technologií. Konkrétní oblast technologie je přesně zastoupena a poskytuje informace o technických požadavcích nebo klíčových číslech technologického výkonu [140]. „Frameworks“ jsou strukturované koncepty, které se často používají jako vodítko. Kombinují vědecké metody a nástroje, se kterými lze navrhnout kompletní systém [141].

2.5 Zhodnocení a teoretická východiska práce

V rámci této kapitoly jsou daná témata zhodnocena, vyplývají z nich souhrnné teoretické poznatky a jsou stanoveny hlavní teze disertační práce. První část práce se záměrně zabývala literární rešerší hlavních témat, aby maximálně podpořily návrh cílené Metodiky pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0. Hlavní témata, která byla součástí tohoto výzkumu:

- Koncept Průmyslu 4.0 – jeho vývoj, charakteristika, definice a principy.
- Logistika 4.0 – implementace principů Průmyslu 4.0 do oblasti logistiky.
- Interní logistika a systémy komplexního logistického auditu, vhodné metodiky.
- Modely připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 hodnotící podniky.

Témata Průmyslu 4.0 a Logistiky 4.0 jsou zhodnocena dohromady v rámci následující podkapitole. Modely připravenosti a metodiky logistických auditů jsou zhodnoceny zvlášť.

2.5.1 Zhodnocení problematiky konceptu Průmyslu 4.0 a Logistiky 4.0

Klíčovými prvky Průmyslu 4.0 jsou digitalizace výrobků a výroby, podnikové informační systémy, robotická pracoviště, infrastruktura pro komunikaci a samozřejmě zaměstnanci. Průmysl 4.0 transformuje výrobu ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Dle predikce Průmyslu 4.0 vzniknou nové globální sítě založené na propojení výrobních zařízení do CPS systémů. Tyto systémy budou základním stavebním prvkem tzv. „chytrých továren“, budou schopny autonomní výměny informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly.

Podle stejných zásadních principů jako Průmysl 4.0 zahrnuje Logistika 4.0 celou řadu technických komponent a technologií, jako jsou CPS systémy, autonomní vozidla, robotizované logistické činnosti. Paradigma Logistiky 4.0 vztahující se do interní logistiky lze tedy shrnout jako optimalizaci interní logistiky, která musí podporovat inteligentní systémy integrované do informačního systému a cloudových řešení, z nichž jsou poskytovány relevantní informace a jsou sdíleny prostřednictvím IoT, aby bylo možné dosáhnout hlavní stupeň automatizace. Na moderní logistiku lze dále pohlížet jako na síť, kde mohou všechny procesy komunikovat navzájem i s lidmi za účelem zvýšení jejich analytických možností v celém dodavatelském řetězci. Automatizované logistické zázemí využívající autonomních vozíků a robotů se automaticky přizpůsobuje potřebám výroby. Logistické zázemí se týká více subjektů v rámci kooperace, které nemusí být lokalizovány na jednom místě, a proto se logistický řetězec bude týkat i koordinace dopravního spojení mezi výrobními subjekty.

- Logistika 4.0 je součástí konceptu Průmyslu 4.0 a bude podporovat rozvoj tohoto konceptu. Je zřejmé, že neexistuje žádný Průmysl 4.0 bez Logistiky 4.0. Bylo zjištěno, že technické aspekty Logistiky 4.0 v jednotlivých oblastech vycházejí z technologických předpokladů a principů z konceptu Průmyslu 4.0 [142].
- V jednotlivých zdrojích k Logistice 4.0 jsou zmíněny principy, které budou nutnou součástí logistických procesů v podniku, který bude aplikovat atributy Průmyslu 4.0. Oblasti interní logistiky jsou jednou z klíčových oblastí podniku. Prvky Průmyslu 4.0 budou nutnou implementací do oblasti logistiky nejen ve velkých společnostech.

2.5.2 Zhodnocení logistických auditů se zaměřením na interní logistiku

Interní logistiku lze popsat jako disciplínu, která se zabývá logistickými řetězci uvnitř průmyslového závodu nebo mezi závody v rámci jednoho podniku. [51], [52], [55] Interní logistika pokrývá plánování, implementaci, kontrolu a efektivní tok a skladování materiálů, polotovarů a hotových výrobků ve výrobním prostředí. Logistický audit je metoda pro komplexní a nezávislou diagnostiku funkčnosti podnikového logistického systému, přičemž součástí logistického auditu je stanovení strategie a taktiky a plánu pro odstraňování nedostatků a následné zlepšování logistického systému [66], [67], [69], [70].

Metodika dle Komory logistických auditorů po obecném úvodu popisuje 3 hlavní na sebe navazující části metody logistického auditu – popisnou, diagnostickou a návrhovou. Metodika popisuje veškeré klíčové parametry, měřitelné hodnoty a praktické stavy logistického systému. Používá kvantitativní ukazatele z reálného měření. Metodika pokrývá oblasti jako řízení, výrobu, kvalitu, logistické a podpůrné procesy, je logisticky detailnější a komplexnější. Během realizace také integruje subjektivní názor auditora, ten doplňuje bodové hodnocení.

Zhodnocení: *Jedná se v podstatě o propracovaný expertní systém, na jedné straně jsou oblasti hodnoceny dle bodové škály a následně navíc integruje subjektivní názor auditora. Z tohoto důvodu se stává také metodika složitějším procesem a realizace je časově delší [69], [70]. Metodika se zaměřuje na klíčové funkce interní logistiky, vyžaduje zkušenosti a odbornost.*

Metodika VDA 6.3 – Audit procesu je využívána zejména v oblasti automotive. Zaměřuje se na oblasti řízení, výroby, kvality a logistiky. Metodika auditu je rozdělena do 6 hlavních kroků. Každý tento proces je v metodice popsán. Jednotlivé otázky jsou bodově hodnoceny a vypočítá se poté celkový stupeň plnění pro audit procesu v dané oblasti. Tato metodika zahrnuje poměrně široký rozsah oblastí, dobře ukazuje návaznosti. Možnou nevýhodou u VDA 6.3 může být kompenzace za široký objem oblastí, protože nejde do hloubky a neumožňuje odhalit potenciál.

Zhodnocení: *Tuto metodiku můžeme označit jako tvrdou metodiku, kde jsou vyhodnocovány bodově parametry. VDA 6.3 v rámci interní logistiky hodnotí oblasti jako manipulace, transport, skladování a balení [72], [73], [74], [75].*

Poslední zkoumanou metodikou je MMOG/LE. Tato metodika je hodně používaným nástrojem pro hodnocení procesů dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu. V interní dokumentaci k této metodě jsou popsány jednotlivé kroky realizace a po studování této metodiky je možné ji označit stejně jako VDA 6.3 jako metodiku tvrdou, kde jsou jednotlivé parametry bodově vyhodnoceny a na základě toho jsou popsány jednotlivé oblasti. Hodnocení je v plné verzi metodiky založeno na 197 kritériích. Do této metody byl ještě začleněn vážený bodovací systém, protože některá klíčová kritéria se totiž považují za základní procesy SCM, a proto by mělo být uznáváno, že toto kritérium má větší úroveň důležitosti.

Zhodnocení: *MMOG/LE je propracovaný systém logistického auditu s ohledem na detail, odhalení potenciálu, ale i efektivnost. MMOG/LE hodnotí činnosti v 6 oblastech, kde zejména v kapitolách rozhraní zákazníka a výroby jsou obsaženy oblasti interní logistiky jako manipulace, zásobování, balení a označování a identifikace materiálu [78], [79], [80].*

Výše zmíněné metodiky logistických auditů byly detailně analyzovány a v Tabulce 2-5 jsou uvedeny hlavní atributy jednotlivých metodik. Hlavní oblasti pro hodnocení jsou u metodik v podstatě stejné, jen se liší rozsáhlostí záběru. Dalšími analyzovanými atributy jsou výhody a nevýhody jednotlivých metodik. Důležité je zaměřením na klíčový atribut oblasti logistiky, kde hlavními hledanými parametry byly procesy interní logistiky, které audit posuzuje.

VDA 6.3 a MMOG/LE jsou využívány hlavně v oblasti automotive, kdežto metodika KLA je univerzálnější. Metodiky mají také svůj systém posouzení s výstupním hodnocením, metodiky používají zejména číselné bodové hodnocení s vyhodnocenými parametry.

Tabulka 2-5: Analyzované atributy jednotlivých metodik logistických auditů

Metodika dle zdroje	Oblasti hodnocení	Výhody metodiky	Nevýhody metodiky	Oblast využití	Metoda hodnocení
KLA [69]	Řízení, výroba, kvalita, logistika a podpůrné procesy	Logisticky detailní Odhalení potenciálu Návrh aktivit	Návaznost Časová náročnost	Univerzální	Tvrdá metodika + subjektivní hodnocení
VDA 6.3 [72]	Řízení, výroba, kvalita, logistika	Objem všech oddělení Dobře ukazuje návaznosti Zákaznický předpis	Není detailní Neodhalení potenciálu	Automotive	Tvrdá metodika
MMOG/LE [80]	Řízení, kvalita, logistika	Logisticky detailní Odhalení potenciálu Výběr efektivity	Potřeba podpůrných souborů Návaznost	Automotive	Tvrdá metodika

Hlavní atributy, na jejichž základě je provedeno závěrečné zhodnocení, jsou uvedeny v Tabulce 2-6. **Nejvíce relevantní** pro náš výzkum je vymezení oblasti interní logistiky jako předmětu hodnocení jednotlivých metodik. Vedle klíčového atributu hodnocení interní logistiky je také důležitý faktor Průmyslu 4.0. Analyzován byl potenciál hodnocení interní logistiky korespondující s Průmyslem 4.0, tedy integrace tohoto konceptu do metodik auditů.

Tabulka 2-6: Zhodnocení metodik logistických auditů

Metodika dle zdroje	Hodnocené oblasti ve vazbě na interní logistiku	Integrace Průmyslu 4.0
KLA [69]	Komplexní hodnocení včetně procesů interní logistiky	NE
VDA 6.3 [72]	Manipulace, Transport, Skladování, Balení.	NE
MMOG/LE [80]	Manipulace, Zásobování, Balení, Identifikace materiálu	NE

Z popsáných a analyzovaných metodik logistických auditů pro disertační práci vycházíme z komplexní metodiky dle MMOG, kde použijeme hlavní oblasti jako **manipulace, zásobování, balení a identifikace materiálu**. Tento návrh doplníme o jednu oblast z metodiky dle VDA 6.3, kde se jedná o **skladování** a to je v rámci MMOG hodnoceno minimálně. Tyto hlavní oblasti jsou v různém rozsahu obsažené také v rámci jednotlivých **logistických funkcí** metodiky dle KLA, i když nejsou takto strukturovány.

***Celkové zhodnocení z tohoto tématu:** Hlavním záměrem analýz týkajících se metodik logistických auditů bylo vymezení oblasti interní logistiky. Oblastmi interní logistiky, které budou těmi hlavními hodnocenými v rámci nové navržené metodiky, jsou tyto:*

- **Manipulace**
- **Skladování**
- **Balení**
- **Zásobování**
- **Identifikace materiálu**

Nicméně oblasti jsou takto obecné a budou předmětem dalšího strukturování do dílčích oblastí.

U druhého analyzovaného atributu – Průmyslu 4.0 a jeho integrace do hodnocení a posouzení je možné konstatovat, že metodiky s tímto atributem nepracují a nehodnotí připravenost a ani úroveň interních logistických procesů z hlediska případné implementace principů a jejich technologií Průmyslu 4.0.

2.5.3 Zhodnocení modelů posuzující připravenost na Průmysl 4.0

V rámci literární rešerše pro modely připravenosti na Průmysl 4.0 bylo nalezeno přibližně na pět desítek těchto „nástrojů“ pro posuzování současného stavu podniku. Z hlediska kvality a podrobné analýzy oblastí výroby bylo analyzováno celkem 36 modelů. Všechny tyto modely jsou součástí **Přílohy č. 1 – Analyzované modely připravenosti a jejich hlavní atributy**, ve které jsou modely uvedeny včetně jejich hlavních atributů. Některé modely jsou velmi komplexní, některé jsou naopak v podobě „frameworků“, tzv. základních rámců. To vytváří poměrně velký rozdíl ve kvalitě a využitelnosti modelů pro tuto disertační práci.

V Tabulce 2-7 jsou pouze modely, které jsou přímo koncipovány na hodnocení interní logistiky. U těchto modelů jsou uvedeny nejvíce **relevantní atributy**, tj. posuzované dimenze ve vazbě na interní logistiku a počet úrovní s názvy spodních a horních hranic úrovní, které k hodnocení modely využívají. Úrovně jsou v podstatě měřicí stupnice a vytváří škálu hodnocení.

Tabulka 2-7: Modely připravenosti s posouzením interní logistiky

Název modelu a zdroj	Posuzované dimenze ve vazbě na interní logistiku	Úrovně modelu
The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model [118]	3 – Řízení. Tok materiálu (automatizace a robotizace ve skladech a dopravě, Internet věcí, 3D tisk, 3D skenování, rozšířená realita). Tok informací (datové služby, Big data, RFID).	5 úrovní od 1 (Ignorance) po 5 (Integrace).

Acatech Industrie 4.0 Maturity Index [127]	6 – Engineering. Výroba. Logistika. Servis. Prodej. Marketing.	6 úrovní od 1 (Počátek zavedení IT) po 6 (Adaptabilní).
Intelligent Logistics For Intelligent Production Systems [132]	7 – Nákupní logistika. Výrobní logistika. Skladová logistika. Distribuční logistika. Identifikace. Logistika dodavatelského řetězce. Logistický způsob.	Hodnocení do 5 úrovní (používá 0. úroveň).
Maturity Levels For Logistics 4.0 Based On Industry 4.0 Maturity Model [133]	4 – Nákupní logistika. Interní logistika. Distribuční logistika. Zpětná logistika.	5 úrovní od 1 (Nepřipojená analogová produkce) po 5 (Kompletně síťová produkce)
Logistics 4.0 Maturity in Service Industry: Empirical Research Results [134]	Obecná dimenze Logistika 4.0	Hodnocení do 6 úrovní, ke kterým jsou přidělené technologie využívané v logistice a dílčích oblastech.
A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research [136]	7 – Znalost. Strategie a vedení. Zaměstnanci. IT systémy. Chytré produkty. Inteligentní sklady. Technologie	5 úrovní od 1 (Ignorace) po 4 (Integrace).

Interní logistika se jako samotná dimenze (oblast hodnocení) vyskytovala u malého množství modelů, proto byla také zkoumána oblast celkové logistiky, ve které byly následně hledány činnosti interní logistiky – například v oblasti skladování, manipulace s materiálem nebo identifikace materiálu.

Oblast interní logistiky není jediným parametrem, který byl pro oblast modelů připravenosti sledován a analyzován. Důležitým parametrem pro disertační práci jsou stanovené škály modelů pro hodnocení připravenosti. Hodnotící škála je v různé formě a je tvořena několika kategoriemi (v rámci modelů používáme úrovně). Analyzovaný byl tedy jejich stanovený počet a jejich charakteristika pro všechny modely. Modely připravenosti pracují s různou typologií škál a s různým počtem kategorií (úrovní). Ze všech analyzovaných 36 modelů jich má 24 stanovenou škálu s určitým počtem kategorií (úrovní), které jsou charakterizovány. Toto charakterizování je nicméně většinou velmi stručné v podobě názvu k číselné kategorii (například úroveň 0 = „bez digitalizace“). Tato charakteristika tedy jen doplňuje číselný vzestupný systém úrovní u většiny modelů. Jako jeden z mála má model připravenosti [105] stanovené úrovně číselně od 1 do 5, každá má svůj název a je k nim doplněna stručná, nicméně výstižná charakteristika. Je tedy představitelné, co by podnik pro splnění některé z úrovní měl splňovat. Některé modely mají definované úrovně přímo pro konkrétní podnikové oblasti, nicméně někdy na úkor detailního pohledu.

To byl tedy také jeden z atributů, který sloužil pro analýzu a porovnání modelů.

V Tabulce 2-8 jsou souhrnné výsledky po zpracovaných analýzách k modelům připravenosti na koncept Průmyslu 4.0. Jak je uvedeno v tabulce, nejvíce jsou využívány čtyři až šesti úrovně hodnotící škály. Co se týká ještě zaměření modelů na logistiku, ze šesti modelů jich pět k hodnocení využívá pět úrovní. Ostatní modely, které nejsou do celkového počtu zahrnuty, využívají jiný systém pro měření připravenosti, či hodnotí kvalitativně.

Tabulka 2-8: Zhodnocení modelů připravenosti a cílené atributy

Cílené atributy	Celkové počty
Analyzované modely	36
Modely okrajově hodnotící interní logistiku	9
Modely zaměřené na interní logistiku	6
Počet hodnotících úrovní – 4	6 modelů
Počet hodnotících úrovní – 5	13 modelů
Počet hodnotících úrovní – 6	6 modelů

Zhodnocení: Po přezkoumání a analýze modelů připravenosti je možné konstatovat, že žádný z modelů nehodnotí komplexně připravenost podniku v rámci konceptu Průmyslu 4.0 v oblasti interní logistiky. Posouzení není komplexní a tím pádem dostačující ani u modelů, které jsou přímo koncipované pro interní logistiku. Modely jsou spíše v podobě „frameworků“. U většiny modelů připravenosti je obecně logistika obsažena v rámci jedné dimenze, případně se jí věnují dílčí dimenze či ojedinelé otázky v hodnotících formulářích.

Modely pracují s různými úrovněmi připravenosti a každá obsahuje minimální požadavky, které musí být splněny. Úrovně jsou většinou terminologicky definovány od nejnižší role outsidera, přes začátečníka, pokročilého, zkušeného, odborného až po největšího experta, některé modely zase využívají úrovně se stručnou charakteristikou od digitálního nováčka, integrovaného a interoperabilního, plně implementovaného až po zcela digitálně orientovaného subjektu.

Nejčastěji se postoje zjišťují prostřednictvím přímého dotazování respondentů. V souvislosti s měřením postojů na základě dotazování se využívá obecného tzv. „škálování“. Při standardizovaném dotazování se využívají především uzavřené otázky, kdy respondent vybírá ze stanoveného spektra odpovědí, tedy odpovídá prostřednictvím škály. Škála je tvořena položkami vyjadřujícími určitou úroveň hodnocení a míru souhlasu, je tedy tvořena kategoriemi. Úrovně jsou většinou stanoveny číselně se stručnou charakteristikou.

2.5.4 Shrnutí hlavních poznatků a stanovení tezí disertační práce

V rámci realizované rešerše byla analyzována dostupná literatura a byl vytvořen přehled znalostí konkrétních témat, která jsou potřebná k návrhu metodiky. Na základě tohoto výzkumu a výše uvedeného souhrnného hodnocení všech hlavních témat vstupujících do metodiky, byly definovány dílčí teze disertační práce charakterizující zkoumanou problematiku:

- Koncept Průmysl 4.0 je považován za čtvrtou průmyslovou revolucí, která představuje digitální transformaci průmyslové výroby, kde klíčovou technologií pro rozvoj tohoto konceptu je Internet věcí (IoT).
- Logistika 4.0 je součástí konceptu Průmyslu 4.0 a technické aspekty logistiky v jednotlivých oblastech vycházejí z celkových technologických předpokladů konceptu.
- Metodiky logistických auditů jsou založené na tvrdých datech a posuzují interní logistické procesy konzervativněji a nehodnotí detailně koncepci logistických činností.

- Metodiky logistických auditů nereflktují vývoj v rámci konceptu Průmyslu 4.0 a logistické procesy nehodnotí s tímto ohledem.
- Modely pro hodnocení připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 mají ve většině případů rozdělení do podnikových oblastí, které jsou následně hodnoceny několika úrovněm systémem s tím, že nejvyšší úrovně korespondují s Průmyslem 4.0.
- Hodnocení v modelech připravenosti na Průmysl 4.0 odpovídá nejčastěji škále měření postojů v dotaznicích formou uzavřených otázek (škála je nejčastěji tvořena pěti kategoriemi hodnocení).
- Žádný z modelů nehodnotí komplexně připravenost podniku na Průmysl 4.0 v oblasti interní logistiky. Několik modelů se na logistiku zaměřuje, nicméně hodnocení je zcela obecné bez parametrů.

Na závěr rešeršní – výzkumné části je důležité ještě zmínit a vysvětlit odborné pojmy, se kterými bude v rámci disertační práce nejvíce pracováno, a budou tvořit základní pilíře navržené metodiky. Jelikož se jedná o nejvíce skloňované výrazy v návrhu, byl touto cestou definován jejich význam pro účely této práce. Tyto dva hlavní parametry bylo nutné definovat:

Dimenze – Dimenzi je možné charakterizovat jako vlastnost udávající velikost, míru něčeho zejména v prostoru, rozměr, rozloha, rozsah, závislost odvozené veličiny na základních veličinách dané soustavy. Pro disertační práci se definuje „dimenze“ jako oblast. Oblasti interní logistiky budeme nazývat dimenzemi. Je to i z důvodu, že téměř všechny zahraniční modely připravenosti na Průmyslu 4.0 pracují s oblastmi jako s analyzovanými dimenzemi (dimensions). Slovo dimenze pro oblasti je použito i v dalších částech disertační práce [95].

Hlavní dimenze interní logistiky pro tvorbu metodiky jsou stanoveny a dimenzí v tomto pojetí je například:

- Manipulace.

Subdimenze – Oblasti interní logistiky jsou v rámci metodiky nazývány jako dimenze, to samé platí i pro dílčí oblasti. Oblast interní logistiky je rozsáhlou částí, proto je předpokladem její rozložení na dílčí oblasti, kterou budou předmětem hodnocení. Protože oblasti jsou dimenzemi, dílčí oblasti jsou dílčími subdimenzemi. Tento pojem bude používán v dalších částech disertační práce.

Pokud použijeme opět jako příklad dimenzi Manipulace a ta bude rozdělena na dílčí oblasti představující subdimenze, jedná se v tomto pojetí například o tyto:

- Manipulační technika.
- Manipulační jednotky.
- Informační zajištění při manipulaci.

Úroveň – Druhý pojem je úroveň připravenosti, kde úrovní je myšleno číselné vyjádření připravenosti vztahované k dimenzím a subdimenzím interní logistiky. U téměř všech zahraničních modelů připravenosti je používáno slovo „level“ a u některých modelů je pracováno s výrazem stupeň. Význam je stejný, tj. úroveň = level = stupeň připravenosti na Průmysl 4.0 [95]. Úrovně jsou v podstatě kategoriemi tvořící míru souhlasu pro hodnocení a právě těmito kategoriemi v určitém počtu je tvořena škála. Úrovně jsou seřazeny vzestupně na tzv. číselné stupnici, logicky od nejnižší až po nejvyšší úroveň.

3 Výzkumný záměr disertační práce a hypotézy

V této kapitole je konkrétně vymezen výzkumný problém a je přesně stanoven hlavní cíl disertační práce a související dílčí cíle. Dle cílů byly také definovány hypotézy disertační práce. Je důležité zmínit, že výzkumný problém bylo potřeba konkrétně a jasně formulovat, aby vytvořená strategie zpracování byla vhodná a byly využívány také správné vědecké metody. Pro zkoumané téma jsou zachovány hlavní rysy, jako je například vědecký potenciál, novost nebo originalita řešení. [143].

Disertační práce je zaměřena na oblast interní logistiky, protože interní logistika patří mezi aktivní faktory podílející se na zvyšování celkové výrobní výkonnosti podniku. Objektem výzkumu jsou tedy interní logistické procesy a jejich přechod ke konceptu Průmyslu 4.0. Podniky si uvědomují důležitost interních logistických procesů a také jejich průnik s principy a technologiemi Průmyslu 4.0. Již dnes mnoho firem používá ve větší nebo menší míře srovnatelné technologie, automatizace se více prosazuje a i když se firmy konceptu Průmyslu 4.0 stále více přibližují, jejich operace jsou zatím vždy řízeny nadřazeným softwarem.

Implementace principů Průmyslu 4.0 je specifická, pro řadu podniků náročná, technologicky, organizačně, finančně. Proto podniky musí znát současnou úroveň logistických procesů a vyhodnotit připravenost těchto prvků na automatizaci a digitalizaci a stanovit následnou strategii. Je tedy vymezen výzkumný problém, je znám objekt a předmět výzkumu a na základě konfrontace těchto atributů je formulován cíl.

3.1 Cíle disertační práce

V úvodních kapitolách byla popsána motivace tohoto výzkumného tématu a také byl zmíněn vyprofilovaný **hlavní cíl disertační práce**, kterým tedy je:

Metodika pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0.

Hlavním cílem je hodnocení interních logistických procesů z hlediska připravenosti na koncept Průmysl 4.0. Interní logistiku je vhodné strukturovat pro hodnocení do dílčích oblastí. Záměrem je tedy detailnost a hodnocení do větší hloubky, které používá několika úrovnový systém, který je charakterizovaný příslušnými principy a technologiemi. Podnik je na základě jeho aktuálního stavu s využitím metodiky zařazen na odpovídající úroveň a zhodnocen z hlediska připravenosti na Průmysl 4.0. Výsledky jsou interpretovány v analytické i grafické podobě přímo podniku například v rámci logistického auditu nebo samostatně.

Cílem je tedy sestavení metodiky a vytvoření potřebných podkladů pro její nasazení v praxi. Je obvyklé u takového výzkumného problému formulovat více dílčích cílů. Dílčí cíle byly již zmíněny v úvodních kapitolách, a ve své podstatě korespondují s postupem disertační práce. Pro splnění cíle disertační práce je možné zmínit tyto **formulované dílčí cíle**, které souvisí s navrhovanou metodikou pro hodnocení celkové připravenosti interních logistických procesů:

- Strukturovat interní logistické procesy a stanovit hlavní dimenze a dílčí subdimenze.
- Vytvořit sadu ukazatelů v každé subdimenzi, které budou posuzovat míru naplnění konceptu Průmyslu 4.0 (stanovovat úroveň připravenosti).
- Definovat úrovně pro hodnocení.
- Charakterizovat sadu ukazatelů dle definovaných úrovní.

- Stanovit systém pro sběr dat a definovat funkci, která bude z výsledků ukazatelů jedné subdimenze určovat úroveň připravenosti logistických procesů subdimenze a dimenze.
- Vytvořit podpůrný nástroj – aplikaci, pro hodnocení připravenosti, včetně grafického zpracování.
- Ověřit navrženou metodiku v průmyslových podnicích.

Představené dílčí cíle jsou **dekompozicí hlavního cíle** disertační práce a jsou formulovány pro zpřesnění rozměrů výzkumného problému. Samozřejmostí jsou také rešerše hlavních témat zpracovaných v předešlých částech, které byly také vstupním východiskem pro návrh.

Metodika je obecně navrhovaná pro průmyslové podniky v oblasti zpracovatelského průmyslu, které mají určité rozdílné atributy a charakteristické rysy. Správně navržená metodika by měla podniku přinést kvalitní výstup v podobě připravenosti interní logistiky na Průmysl 4.0 a mít pozitivní dopad. Proto do návrhu metodiky vstupuje několik atributů a požadavků, které musí být do metodiky zakomponovány. Jedním ze základních požadavků na metodiku je očekávaný přínos pro podnik po její aplikaci a využití metodiky jako součást strategie podniku. Metodika by také měla mít dostatečný rozsah pro pokrytí interních logistických procesů.

1) Přínosy pro podnik

Koncept Průmyslu 4.0 a jeho integrace vytváří velký potenciál, který odkrývá mnoho přínosů a výhod pro podnik a je zřejmé, že řešit logistické procesy v rámci tohoto konceptu je důležité. Implementace principů Průmyslu 4.0 musí mít pozitivní dopad na znatelném zvýšení hmatatelných i nehmataelných benefitů pro podnik. Proto podniky musí znát současnou úroveň logistických procesů a vyhodnotit jejich připravenost.

2) Metodika jako součást strategie podniku

Vývoj k Průmyslu 4.0 na základě digitalizace a automatizace představuje pro logistiku nejen obrovské výzvy, ale také příležitosti pro další růst a rozvoj. Vedení podniku by mělo proto vytvořit strategii a tato strategie by měla být součástí logistického strategického plánování. Logistické strategické plánování se realizuje v kontextu celkových cílů a plánů podniku. Pouze v návaznosti na znalost celkové strategie podniku může logistický management optimálně formulovat svoji vlastní strategii. Logistický strategický plán není možné vytvářet izolovaně a závisí na řadě vstupů z různých funkčních oblastí podniku. Proto by podnik měl využívat pro posouzení metodiku a zjistit současnou úroveň jako vstupní parametr do strategického logistického plánování. Výhodou je také opakované využití metodiky jako hodnotícího nástroje v různém časovém horizontu. Nejedná se o jednoúčelové využití.

3) Rozsah metodiky

Dalším požadavkem, který vstupuje do návrhu metodiky, je dostatečný rozsah metodiky. Interní logistika uvnitř podniku je rozsáhlou oblastí, proto aby metodika posuzovala úroveň celé této oblasti, musí ji komplexně pokrývat. Proto je oblast interní logistiky strukturována a rozdělena do několika oblastí. Metodika by tedy měla být komplexní pro posouzení připravenosti na Průmysl 4.0 na mikro úrovni podniku a neměla by být jen obecným nástrojem, která pokrývá pouze některé oblasti interní logistiky (například pouze sklad) nebo být jen „základním screeningem“ bez objektivního hodnocení.

3.2 Stanovené hypotézy disertační práce

Další důležitou částí v přípravné fázi výzkumu je formulace hypotéz disertační práce. Hypotéza představuje předběžné tvrzení, představu o vztahu mezi zkoumanými proměnnými a související předpoklad budoucího chování systému [144]. Při formulaci hypotéz je vhodné se držet několika určitých zásad, zejména musí být hypotézy formulované stručně, jednoznačně, logicky a měly být ověřitelné [145].

Podle stanoveného hlavního cíle a dle předpokladů a zásad, jsou definovány tyto hlavní hypotézy disertační práce:

- **Hypotéza H1:** S nízkým počtem stanovených úrovní klesá vypovídací schopnost metodiky a se zvyšujícím se počtem úrovní je obtížné přiřadit ukazatelům logistické technologie.
- **Hypotéza H2:** Logistické technologie a prvky jsou při hodnocení úrovní přiřazeny převážně k jedné definované úrovni.
- **Hypotéza H3:** V současné době se podniky v České republice nacházejí převážně v nižších úrovních hodnocení připravenosti na Průmysl 4.0.
- **Hypotéza H4:** Podniky zařazené do oblasti automobilového průmyslu mají větší připravenost interních logistických procesů na Průmysl 4.0 než podniky v oblasti strojírenství.

Veškeré definované hypotézy jsou podpůrně vztaženy k navržené metodice a jejímu ověření v průmyslových podnicích a jsou tedy úzce navázány na validaci metodiky.

3.3 Využívané vědecké metody během zpracování

Předpokladem pro tvorbu disertační práce je znalost základních vědeckých přístupů a druhů výzkumů a vědeckých metod [146]. Prvním krokem při stanovení strategie výzkumu je určení, o jaký typ výzkumu se jedná. Rozlišováno je několik druhů výzkumu dle určitých skupin, přičemž některé z typů jsou naplňovány v rámci této disertační práce. Výzkumníci musí rozhodnout o zařazení svého výzkumu z pohledu základních typů, do kterých se řadí například:

- deskriptivní nebo analytický výzkum,
- základní nebo aplikovaný výzkum,
- kvantitativní nebo kvalitativní výzkum,
- konceptuální či empirický výzkum [147].

Výzkum, prováděný pro potřeby této disertační práce má charakter **analytického** výzkumu. Ve výzkumné praxi je těžké od sebe jednoznačně a přesně odlišit základní a aplikovaný výzkum, jelikož tyto dva výzkumy se mohou vzájemně obohacovat. Nicméně z hlediska funkcí lze tento výzkum definovat jako **základní** (akademický) výzkum, který analyzuje oblasti v rámci teoretických východisek práce a přispívá k rozvoji teoretického poznání. Využíván je také **aplikovaný** výzkum, jelikož se disertační práce zabývá metodikou, která má praktický význam pro podniky, ve kterých je metodika ověřována formou experimentu. Dále je v disertační práci využíván přístup **kvantitativního** výzkumu, protože vzhledem k cíli práce je potřeba zkoumat předpokládané vztahy a ověřovat hypotézy, tento přístup vychází právě z teorie a hypotéz. Kvantitativní výzkum je specifický tím, že nejprve formuluje předpokládané

vztahy a až následně dochází ke sběru dat. Ten může být proveden technikou strukturovaného rozhovoru.

Vědecké metody představují soubor metod, které jsou využívány ve všech vědních disciplínách a představují konkrétně definovaný způsob sběru dat a jejich zpracování. Konkrétní postupy využívané v jednotlivých vědních disciplínách při zjišťování údajů, jsou označovány jako výzkumné metody. Dalším termínem, který se v tomto kontextu používá, je metodika, čímž označujeme konkrétní použitý nástroj ve výzkumu. Podle způsobu využitelnosti metody mohou být metody členěny na filozofické (např. Dialektická metoda), metody obecně vědní (logické metody využívané ve všech vědách a metody aplikované ve více vědních oborech, například statistická, srovnávací) a speciální metody, které používají jednotlivé vědní disciplíny [146].

Pro úspěšnou realizaci cílů disertační práce může být využito více metod v souvislosti s realizací dílčích cílů. Popis metod a jejich výběr je rozdělen podle jejich příslušnosti a využití v rámci disertační práce. Aby bylo dosaženo hlavního cíle disertační práce a dílčích cílů, jsou využívány vědecké metody, které jsou následně rozděleny a stručně charakterizovány.

3.3.1 Obecné vědecké metody

Obecné vědecké metody můžeme rozdělit do dvou skupin – logické metody a empirické metody. Při konkrétním vědeckém výzkumu se tyto metody mohou vzájemně doplňovat, kombinovat a překrývat, čímž vytvářejí určitou synergii [148].

Mezi **logické metody**, tedy metody využívající principy logiky a logického myšlení, lze zařadit následující výzkumné metody, které budou v rámci disertační práce využívány. Pod stručným popisem každé logické metody jsou uvedeny oblast práce, ve kterých byla daná metoda využita.

- **Analýza** – je proces faktického nebo myšlenkového rozčlenění celku (jevu, objektu) na část. Je to rozbor vlastností, vztahů, faktů postupující od celku k částem. Analýza umožňuje odhalovat různé stránky a vlastnosti jevů a procesů, jejich stavbu, vyčleňovat etapy, rozporné tendence apod. Analýza umožňuje oddělit podstatné od nepodstatného, odlišit trvalé vztahy od nahodilých [148].
 - *Průmysl 4.0* (rozčlenění konceptu na jednotlivé části, analýza podstatných vlastností, vztahů a faktů, analyzování jednotlivých definic dle citovaných zdrojů).
 - *Logistika 4.0* (analýza konceptu a jeho principů, jednotlivých technologií využívaných v tomto konceptu, koncepce logistických činností).
 - *Metodiky logistických auditů* (analyzování jednotlivých metodik auditů a jejich hlavních atributů).
 - *Modely posuzující připravenost na Průmysl 4.0* (analyzování jednotlivých modelů v kontextu Průmyslu 4.0 a jejich hlavních atributů).
- **Syntéza** – skládání, sčítání, spojování jednotlivých částí, složek do celku. Slučování je jedna ze základních metod a myšlenkových operací spočívající ve spojování částí do celku [149].
 - *Stanovení úrovně pro hodnocení* (důkladnou syntézou bylo stanoven počet a charakteristika úrovně, dle kterých budou hodnoceny jednotlivé ukazatele).
 - *Struktura interní logistiky* (stanovení struktury, která pokrývá oblast interní logistiky pro hodnocení a je jádrem navržené metodiky, interní logistické procesy jsou strukturovány).

- *Stanovení sady ukazatelů* (dle ukazatelů je posouzena míra naplnění konceptu Průmyslu 4.0 v dílčích subdimenzích).
- **Abstrakce** – jedná se o myšlenkový proces, v jehož rámci se u různých objektů vydělují pouze jejich podstatné charakteristiky (nepodstatné se neuvažují), čímž se ve vědomí vytváří model objektu obsahující jen ty charakteristiky či znaky, jejichž zkoumání nám umožní získat odpovědi na otázky, které si klademe [148].
 - *Modely posuzující připravenost na Průmysl 4.0* (abstrakce interní logistiky, jako jedné z hlavních dimenzí, která je předmětem posuzování současného stavu podniku vzhledem k připravenosti ke konceptu Průmyslu 4.0, charakterizovány jsou modely koncipované na interní logistiku).
 - *Metodiky logistických auditů* (integrace konceptu Průmyslu 4.0 do hodnocení).
- **Konkretizace** – opačný proces od abstrakce, kdy vyhledáváme konkrétní výskyt určitého objektu z určité třídy objektů a snažíme se na něj aplikovat charakteristiky platné pro tuto třídu objektů [148].
 - *Metodiky logistických auditů* (konkretizace oblastí interní logistiky, které jsou předmětem hodnocení v rámci jednotlivých metodik).
- **Indukce** – proces vyvozování obecného závěru na základě poznatků o jednotlivostech. Ve výzkumu představuje indukce postup od specifických zjištění o jednotlivých jevech k jejich obecné charakteristice. Využití nachází při zkoumání nové, méně známé problematiky [149].
- **Dedukce** – způsob myšlení, při němž od obecných závěrů, tvrzení a soudů přecházíme k méně známým, zvláštním. Vycházíme tedy ze známých, ověřených a obecně platných závěrů a aplikujeme je na jednotlivé dosud neprozkoumané případy [148].
 - *Formulace hypotéz a jejich ověřování* (dedukce vychází z pozitivismu a na základě vyprofilovaného hlavního cíle formuluje hypotézy, je využita k testování a ověřování kauzálních vztahů a hypotéz).

Po těchto porovnávacích párových metodách jsou ještě zmíněny další logické vědecké metody:

- **Komparace** – porovnávání objektů nebo jevů, které mají společné rysy, umožňuje stanovit shody a rozdíly jevů či objektů. Na základě takového srovnávání pak lze vyvozovat závěry o vlastnostech objektů nebo procesů [149].
 - *Modely posuzující připravenost na Průmysl 4.0* (porovnání jednotlivých modelů po provedení analýzy a následné rozdělení do skupin pro další využitelnost).
 - *Metodiky logistických auditů* (porovnání metodik logistických auditů dle hlavních atributů, výhody a nevýhody stávajících logistických auditů).
- **Analogie** – spočívá v hledání či nalezení totožného vztahu mezi zkoumanými jevy či objekty. Vychází z metody komparace a používá se při případovém usuzování, kdy místo obecných pravidel vycházíme ze souboru typových, dříve řešených případů. Jde o odvození závěrů na základě podobnosti s jiným systémem či situací [148].
 - *Navržená metodika pro hodnocení interních logistických procesů* (prvky analogie obsahuje navržená metodika podle existujících metodik logistických auditů, i když výstupy jsou rozdílné, jedná se například o princip sady otázek, dle kterých jsou měřené postoje a vstupují do výpočtové fáze ve formě strukturovaného rozhovoru).

- **Generalizace** – vědecká metoda, kdy je informace o jednotlivém jevu či objektu vztažena na celou třídu (skupinu) jevů či objektů. Podstatou je přisouzení vlastnosti zjištěné u užší skupiny skupině širší [148].
- **Systémový přístup** – tato metoda znamená, že na předmět našeho zájmu nahlížíme jako na systém a zvažujeme všechny jeho děje a části ve významných souvislostech [148].
 - *Navržená metodika pro hodnocení interních logistických procesů* (navržená metodika se skládá z dílčích kroků a prvků a mezi nimi existuje řada vazeb, jednotlivé vazby bylo potřeba analyzovat a zkoumat jejich vliv na jednotlivé prvky či kroky).
 - *Struktura interní logistiky* (systémový přístup byl využit při stanovení struktury interní logistiky, ve které se hlavní dimenze logistiky rozpadají na dílčí subdimenze a je vytvořena sada ukazatelů).
- **Tvůrčí myšlení** – cílem metod tvůrčího myšlení je zvýšit pravděpodobnost úspěšného vyřešení problému v průběhu tvůrčího procesu. Při vytváření nové metodiky bylo nutné použít nových postupů, řešení a tvůrčích metod. Všechny tyto metody vyžadují využití kreativity autora [148].
 - *Postup navržené metodiky* (na základě tvůrčí činnosti byl stanoven postup navržené metodiky v jednotlivých krocích, přičemž hlavními částmi jsou trvalé platné podklady, druhou částí je poté aplikace metodiky).
 - *Definice matematického základu* (matematický aparát, s jehož využitím bude z výsledků ukazatelů určena úroveň připravenosti nadřazené subdimenze a hlavní dimenze, následně celé oblasti interní logistiky).

Metody **empirické** jsou založeny na obrazu reality. Do těchto metod patří takové metody, v nichž se odraz jevů zprostředkuje smyslovými vjemy. Jedná se o metody, kterými je možno zjistit konkrétní vlastnosti objektu nebo procesu v realitě. Tyto metody členíme do podskupin podle způsobu jejich realizace:

- **Pozorování** – je to cílevědomé a plánované sledování určitých procesů či skutečností. Pozorování poskytne informace o jevu či objektu. Pozorování je často základem výzkumu.
 - *Interní logistické procesy* (pozorování jednotlivých logistických operací uvnitř reálných podniků jako forma vhodného předvýzkumu, mapování materiálových toků a jejich vazba na prostorové uspořádání, analýza a layout skladového prostoru, využívaná manipulační a skladová technika).
- **Experimentování** – jedná se o pokus, kdy jsou podmínky a vlastnosti tohoto pokusu záměrně nasimulovány tak, aby bylo docíleno navození cíleného stavu [148].
 - *Ověření navržené metodiky* (ověření metodiky probíhá formou experimentu ve vybraných průmyslových podnicích, podnik je navštíven a vstupem pro hodnocení je realizace strukturovaného rozhovoru se zástupcem podniku, na jehož základě jsou hodnoceny ukazatele jako vstupní hodnota pro další hodnocení).

3.3.2 Specifické vědecké metody

Kromě obecných vědeckých metod jsou v disertační práci použity i specifické metody. Specifické metody sloužily v různých částech metodiky, jak pro její sestavení, sběr vstupních dat, jejich vyhodnocení, tak i pro ověření metodiky.

- **Metody pro sběr dat (strukturovaný rozhovor)**

V rámci disertační práce jsou využívány techniky kvalitativních rozhovorů a u těchto technik jsou typy dat brány jako přepisy z těchto rozhovorů a osobní komentáře. Sběr dat tvoří kladení otázek a získávání odpovědí. Dotazování probíhá formou rozhovorů a dotazníků (strukturované rozhovory, polo strukturované rozhovory), škál a testů. Do této formy sběru dat vstupuje celá řada aspektů, přičemž důležité je získání pravdivé odpovědi od respondenta. Rozhovor provádí pouze jedna jediná osoba, je důležité, aby se jednalo o odborníka, protože se jedná o složitou a rozsáhlou problematiku. Důležitý je samozřejmě i způsob kladení otázek, otázky by měly být jasné, citlivé, neutrální a otevřené, nesmí se jich pokládat více najednou [150]. V rozhovoru je pracováno s předem daným souborem témat a přidružených otázek v pevném pořadí, bez modifikací a úprav během rozhovoru, odpovědi jsou získány na všechny otázky. Vhodnou a využitou možností je provést testování rozhovoru s tématy a otázkami s odborníky ve vztahu k výzkumnému tématu, kde je možné modifikovat podobu a formulaci otázek [151].

- *V rámci strukturovaného rozhovoru jsou použity otázky, u kterých rozeznáváme několik typů a druhů. Z hlediska standardizace jsou to otázky uzavřené, kde odpovědi jsou z výběru nabízených variant. Z hlediska počtu variant odpovědí jsou v práci použity otázky výběrové, kde respondent musí z nabízených variant vybrat pouze jednu jedinou. A z hlediska funkce pracujeme s otázkami výzkumnými (meritorní), protože prostřednictvím nich získáváme potřebné informace a údaje.*

- **Obecné metody měření postojů**

Postoje jedince k dané situaci nelze zjistit přímo a musí se použít vhodná měřicí technika. O měření můžeme hovořit v případě kvantitativní techniky. Měření je v širším smyslu přiřazování numerických hodnot objektům, událostem či lidem, na základě určitých pravidel. Tyto numerické hodnoty poté vyjadřují vztahy mezi objekty a umožňují porovnávat tyto objekty s jinými soubory, které byly měřeny stejným způsobem. Výsledkem měření je škála, která zahrnuje sadu numerických hodnot přiřazených objektu na základě pravidel [152]. Nejčastěji se postoje zjišťují prostřednictvím přímého dotazování respondentů. Obvykle se jedná o dotazování s využitím různých typů dotazníků. V souvislosti s měřením postojů na základě dotazování se často používá škála. Pojem škála lze obecně použít k označení měřicí stupnice. V souvislosti s měřením postojů se škála objevuje ve dvojím významu:

- škála jako forma odpovědi na otázku v dotazníku,
- škála jako speciální měřicí nástroj vytvořený na základě některého škálovacího postupu.

V rámci strukturovaného rozhovoru s využitím uzavřených otázek respondent vybírá ze stanoveného spektra odpovědí, tedy odpovídá prostřednictvím škály. V případě měření postojů se obvykle sleduje intenzita nějakého vztahu nebo vnímání, hodnocení či úroveň spokojenosti, typicky na ordinální škále. Přitom je možné připravit hodnotící škálu v různé formě, tak aby bylo pro respondenta co nejjednodušší a co nejpříjemnější na otázku odpovídat. Jelikož postoje nelze měřit přímo, používají se k jejich sledování různé škálovací techniky a metody, u kterých se rozlišují škály, typologie škál a reliabilita a validita postojových škál. Obvykle se volí 5 až 11 kategorií úrovní [153].

4 Návrh struktury pro hodnocení interní logistiky

I přesto, že má oblast interní logistiky v modernizaci většiny interních procesů velký potenciál, neexistuje zde komplexní metodika, která by detailně posuzovala připravenost interních logistických procesů na Průmyslu 4.0. Již vzniklé metodiky a modely, které byly zanalyzovány a porovnány, sloužily jako inspirace pro vytvoření nové metodiky zaměřené na interní logistiku v podniku, která zahrnuje nový klíčový faktor pro posouzení – Průmysl 4.0. Jak bylo zmíněno z pohledu vědeckého výzkumu, důležité jsou atributy novosti a originality řešení, které jsou v rámci této metodiky pro splnění hlavního cíle disertační práce plně dodrženy.

Dalším hlediskem ovlivňující podobu metodiky je zaměření autora, který se specializuje na oblast průmyslového inženýrství v rámci akademického pole působnosti. Vedle akademické oblasti je důležitá také průmyslová oblast, kde v rámci spolupráce a workshopů probíhaly odborné rozhovory a konzultace. Na základě těchto dvou hledisek – teoretická východiska z komplexní rešerše a zaměření autora následně probíhala počáteční tvorba metodiky.

Aby bylo výsledné hodnocení připravenosti objektivní a co nejvíce pokrývalo oblast interní logistiky, musí být tato oblast nejprve určitým způsobem strukturována. Proto primárním východiskem pro navrženou metodiku je **návrh struktury interní logistiky**, tato struktura bude poté předmětem hodnocení. Na základě kritérií je rozebírána postupně tato oblast do několika fází a rozložení interní logistiky uvnitř podniku poté pokrývá hlavní i vedlejší logistické činnosti. Struktura má „tři fáze“ a charakterizuje vztahy mezi činnostmi interní logistiky a do jejího návrhu je zejména zakomponován princip:

- takzvaného **systémového přístupu**,

Jedná se o to, že oblast interní logistiky má poměrně rozsáhlé pole působnosti a tento faktor v rámci metodiky byl zohledňován formou systémového přístupu, který byl aplikován do návrhu struktury. Z tohoto přístupu je patrné, že řešení je třeba hledat od prvotních elementů (v rámci struktury jsou to ukazatele) a jejich postupným seskupováním dojdeme k hodnocení skupin dílčích subdimenzí. Tyto dílčí subdimenze jsou přidružené hlavním dimenzím a dalším seskupováním poté dojdeme k hodnocení komplexní oblasti interní logistiky. Efektivnost těchto elementů se analyzuje nejen samostatně, ale i s ohledem na ovlivnění celého systému. Struktura interní logistiky je vstupujícím elementem do návrhu metodiky a určuje rozsah oblasti interní logistiky pro hodnocení. Proto je důležité pro návrh, aby byla dodržena vlastnost objektivity hodnocení.

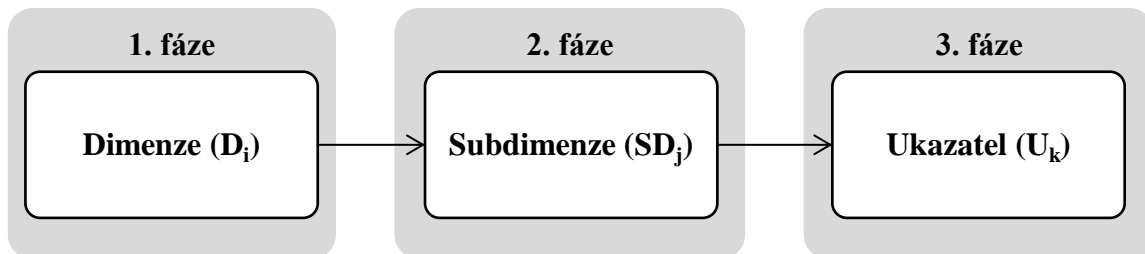
Vhodný rozklad a následná tvorba struktury jsou náplní prvních kroků. V následujících kapitolách budou hlavní parametry struktury představeny. Jedná se o tyto parametry:

- **Hlavní dimenze interní logistiky** (dále v textu označované jen jako „dimenze“).
- **Dílčí subdimenze hlavních dimenzí** (dále jen „subdimenze“).
- **Sada ukazatelů pokrývajících danou subdimenzi** (dále jen „ukazatele“).

Z tohoto důvodu bylo počáteční fázi provedení rozboru vybraných hlavních oblastí v interní logistice stanovených z analýz logistických auditů, kterými jsou manipulace, skladování, zásobování, balení a identifikace materiálu. Tyto hlavní činnosti představují pro strukturu dimenze, které jsou poměrně obecné, a proto se tyto dimenze dále rozpadají na dílčí subdimenze. Pro subdimenze je ještě pro větší detailnost hodnocení stanovená sada ukazatelů. Stanovením sady ukazatelů se metodika detailně soustředí na činnosti a související využívané

technologie, které jsou pro hodnocení podniku zásadními. Na základě využití této struktury není tedy hodnocení abstraktní a metodika není jen pouhým „základním screeningem“.

Na Obrázku 4-1 je znázorněné, jakým principem je rozdělena oblast interní logistiky pro lepší pochopení. První fází jsou Dimenze (D_i), z této fáze vyplývají Subdimenze (SD_j) a nejnižší je třetí fáze, kterou představují Ukazatele (U_k).



Obrázek 4-1: Princip návrhu obecné struktury interní logistiky

Předmětem dalších kapitol bude popis těchto hlavních parametrů struktury interní logistiky, tj. dimenzí, subdimenzí a ukazatelů.

4.1 Výběr dimenzí pro strukturu interní logistiky

Hlavní oblasti pro pevnou strukturu interní logistiky nemůžou být vybrány nahodile a náhodně, ale musí být stanoveny dle určitých kritérií. Zvolené dimenze musí být zdůvodněny a musí být známá odpověď na otázku, proč je zvoleno pět dimenzí, které pokrývají interní logistické činnosti.

Stanovením dimenzí je naplněna 1. fáze obecné struktury interní logistiky.

To, co bylo zpracováno v kapitolách rešeršních a bylo ve spojení s interní logistikou popsáno, je vymezení, které je možné nazvat teoretickou interní logistikou. Je to určitá základna pro vymezení obsahu interní logistiky jako takové. Východisky pro stanovení této základny byly teoretické poznatky o rozdělování logistiky, kde byla postupně selektována oblasti interní logistiky. Částečně do stanovení dimenzí také vstupovaly modely připravenosti podniku na Průmyslu 4.0, respektive modely koncipované zejména na logistiku, případně na výrobní sektor s podpůrnými procesy manipulace a zásobování.

Tím hlavním východiskem ke stanovení dimenzí jsou metodiky logistických auditů, ve kterých bylo zaměřeno na hodnocené oblasti korespondující s interní logistikou. Potřebujeme vymezení interní logistiky takové, které umožní aplikaci metodiky na jednotlivé dílčí oblasti interní logistiky. Až poté přijde na řadu zjišťování, jak se logistická činnost realizuje, co zahrnuje, a tyto informace se využijí do dalšího rozpadu. Záměrně do vymezení dimenzí interní logistiky vstupovalo několik faktorů pro správné stanovení, jednoznačnost a kompletní pokrytí. Dle těchto klíčových atributů, důkladné analýzy a syntézy, ze které vycházíme, bylo stanoveno těchto pět dimenzí:

- 1) **Dimenze manipulace (D1).**
- 2) **Dimenze skladování (D2).**
- 3) **Dimenze balení (D3).**
- 4) **Dimenze zásobování (D4).**
- 5) **Dimenze identifikace materiálu (D5).**

Dodrženy jsou všechny požadavky, omezující atributy a je také zohledněna integrace konceptu Průmyslu 4.0 do vhodných logistických oblastí, který bude představen v rámci ukazatelů.

4.2 Rozdělení dimenzí do subdimenzí

Obecná struktura interní logistiky pracuje s pěti dimenzemi pokrývající hlavní činnosti logistiky uvnitř podniku. Dimenze se dále rozpadají na subdimenze, protože dimenze jsou velmi obecné a hodnotit ji jako celou oblast je neefektivní a nevyovídající. Jedním z požadavků byl systémový přístup a strukturování interní logistiky pro komplexní pokrytí, proto došlo k rozpadu dimenzí na další fázi a vznikly subdimenze v obecné struktuře interní logistiky. Stejně jako u dimenzí, musí být i zde zdůvodněno a být známá odpověď na otázku, proč jsou zvoleny právě tyto subdimenze.

Stanovením subdimenzí je naplněna 2. fáze obecné struktury interní logistiky.

Stejně jako u definování dimenzí, tak i u subdimenzí dochází ke stanovení dle určitých kritérií, které je třeba zdůvodnit. Dimenze pokrývají celou oblast interní logistiky, subdimenze naplňují danou dimenzi. Základní hlediska, která se promítala do stanovení subdimenzí, byla:

- technologické zajištění,
- lidské zajištění,
- informační zajištění.

V podstatě by tyto tři hlediska mohla být pevnými subdimenzemi pro všechny dimenze. To bylo i původní myšlenkou. Nicméně došlo k následným úpravám a definování vhodných individuálních subdimenzí. Cílené bylo nejhodnější pokrytí každé dimenze pro hodnocení připravenosti a nevytváření duplicit a podobností. Tyto tři hlediska se budou dále prolínat v charakteristikách sady ukazatelů. Úpravy a definice podléhají zvláštním kritériím dimenzí.

4.2.1 Subdimenze pro manipulaci

Manipulace s materiálem je důležitým článkem oběhového procesu. Jedná se o proces, kdy dochází k manipulaci a přepravě materiálu. Manipulace propojuje jednotlivé články tvořící logistický řetězec. Tedy materiál je přemístován z jednoho místa na druhé určitým způsobem (dáno jeho koncepcí) a zároveň se provádí i informační změna lokace. Předpokládá se, že se jedná o manipulaci mezi skladem materiálu a expedicí hotových výrobků přes sektor výroby. Například způsob skladování určuje, kolikrát bude třeba s materiálem manipulovat, kupované množství má vliv na výběr manipulačních metod. V procesu manipulace se jedná o souhrn operací skládajících se převážně z nakládky, přepravy, vykládky a překládky, tedy z dopravy materiálu, polotovarů, z technologických manipulací, dále z dopravy výrobků, z jejich skladování, kompletace, balení, třídění a z manipulace s odpadem. Je vidět, že procesy se prolínají a manipulace je takřka fundamentální část logistiky.

Hlavním kritériem pro stanovení subdimenzí je výchozí **manipulační jednotka**. Manipulační jednotka vyjadřuje stav či formu materiálu při manipulaci, tj. způsob, jakým se materiál přepravuje. Z pohledu přepravy, manipulace a skladování je materiál všemi možnými způsoby upravován do manipulačních jednotek, se kterou se pak nezávisle na druhu materiálu manipuluje. Manipulační jednotka tedy určuje, jakým způsobem bude s materiálem manipulováno a jaká bude použita vhodná manipulační technika. Včetně využití informačního zajištění při lokalizovatelnosti. Zvolené individuální subdimenze pro dimenzi manipulace jsou:

- **Manipulační technika (SD1).**
- **Manipulační jednotky (SD2).**
- **Informační zajištění při manipulaci (SD3).**

4.2.2 Subdimenze pro skladování

Jedná se o jednu z nejdůležitějších částí logistického systému. Mezi základní funkce skladování patří přesun produktů, uskladnění produktů a přenos informací důležitý pro zaznamenávání stavu aktuálního množství zboží v procesu pohybu. Zohlednit se musí tedy činnosti jako: přemístění materiálu a uložení na místo, zadání do systému, kde je materiál uložen, způsob vyžádání materiálu ze skladu, fyzické vyndání, připravení k odvozu a opět informační zadání do systému. Klíčové procesy řízení skladové logistiky jsou příjem, naskladnění, vychystání, kompletizace a expedice.

Hlavním kritériem jsou podobně jako u dimenze manipulace – **manipulační jednotky**, nicméně ty jsou už definovány v rámci dimenze manipulace. Od nich se odvíjí způsob skladování a použitá skladová technika, systémy uložení materiálu. Způsob skladování určuje, kolikrát bude třeba s materiálem manipulovat. Informační zajištění je důležité pro zaznamenávání stavu aktuálního množství zboží v procesu pohybu a k zaznamenávání dalších údajů např. o skladovacích kapacitách, lidských zdrojích apod. Separátně je subdimenze příjmu materiálu a expedice, protože související činnosti na vstupu materiálu jako je příjem a naskladnění jsou poměrně rozsáhlé a klíčové. Při zásobování skladu – přijímání, třídění a naskladňování přichozího materiálu dochází k informačním přenosům (informace o přijatém zboží, stav zásob). Důležitou činnost představuje proces vyzdvihnutí a vychystání objednávky tzv. picking – přesun zboží ze skladových pozic do zóny nakládky. Picking se všeobecně považuje za pracovní a nákladnou aktivitu v každém skladu. Proto je důležité zabezpečit co nejefektivnější způsob vychystávání. Individuální subdimenze pro dimenzi skladování na základě zmíněných kritérií jsou:

- **Skladovací technika (SD4).**
- **Informační zajištění při skladování (SD5).**
- **Příjem materiálu a expedice (SD6).**

4.2.3 Subdimenze pro balení

Balení se stává dnes velmi zásadním prvkem, který chrání výrobek před poškozením a ztrátou. Z pohledu logistiky obaly jsou z různých materiálů, mají různé funkce – uspořádání, ochrana a identifikace výrobků. Jiné jsou mezi podniky, jiné mezi podnikem a spotřebitelem. Při balení se rozdělují hromadné výstupy výroby na spotřebitelsky vhodnější množství a sjednocují se jednotlivé velikosti. Balit je možné ručně do kartonu s izolepou, možné je využívat různé nástroje, nebo je balící proces plně automatizovaný. Obal by měl umožňovat co nejjednodušší použití výrobku a usnadňovat komunikaci použitím různých symbolů.

Klíčovým kritériem pro stanovení dílčích dimenzí je **samotný materiál**. Na základě charakteru a velikosti materiálu se totiž určuje, jaký obal bude používán. Toto pokrývá subdimenze týkající se druhů obalů a obalového materiálu. Druhům obalů je přizpůsobena balící technologie, která může být různého provedení. Do balícího procesu v tomto případě vstupují různé druhy strojů také dle jejich účelu. U balení vznikají odpady, proto je důležité zrovna u této dimenze ekologické hledisko a celkově postoj k obalovému hospodářství. Proto třetí subdimenze

posuzuje environmentální aspekty obalů a postoj podniku k obalovému hospodářství včetně dodržování zákonem stanovených činností souvisejících s nakládáním odpadu. Na základě zmíněných kritérií jsou zvoleny tyto individuální subdimenze:

- **Balící technologie (SD7).**
- **Druhy obalů a obalový materiál (SD8).**
- **Environment a obalové hospodářství (SD9).**

4.2.4 Subdimenze pro zásobování

V této dimenzi se jedná o způsob zajištění materiálu pro produkci, tedy buď mezi samotnými pracovišti ve výrobě, nebo mezi sektorem výroby a skladem materiálu. Mezi důležitá hlediska patří druh využívané zásobovací techniky, dále způsob zavážení materiálu (náhodně, v pravidelných intervalech, ihned po požadavku, způsobem „milkrunu“) a jakým způsobem je tento materiál vyžádán (formou papírové objednávky, kanbanovou kartičkou, prostřednictvím EDI komunikace, elektronickým systémem, nebo systémem prázdných obalů a tedy volných pozic pro manipulační jednotku ve výrobě, apod.).

Dimenze zásobování koresponduje v některých činnostech s dimenzemi manipulace a skladování. Několik činností se v této dimenzi prolíná. Důležitým kritériem je opět druh materiálu a související pasivní prvek – manipulační jednotka. Nicméně tím hlavním pro stanovení subdimenzí bylo použito jiné kritérium – **odvolávky materiálu**.

Jedná se o vyžádání materiálu, se kterým souvisí určité informační zajištění. Odvolávky materiálu jsou uskutečňovány určitou zásobovací technologií, tj. principem, který naplňuje nastavenou koncepci zásobování. Zásobovací technika koresponduje s manipulační technikou v dimenzi manipulace a je využívána k zásobování pracovišť. Je předpokladem, že technologie při zásobování (například na principu kanbanu, tj. zásobování dle aktuální spotřeby) využívají vhodnou zásobovací techniku. Zásobování materiálem je různé se zřetelem k druhu výroby. Zásobování linkové výroby je složitější tím, že jde o časově přesné dodávky materiálu. Jiné je to u kusové výroby, kde je systém zase složitý tím, že je velká odlišnost u vstupního materiálu a u nestandardizovaných činností zásobování. Na základě těchto kritérií a pro nejhodnějšího pokrytí celé dimenze byly zvoleny tyto subdimenze:

- **Zásobovací technika (SD10).**
- **Technologie zásobování (SD11).**
- **Informační zajištění odvolávek materiálu (SD12).**

4.2.5 Subdimenze pro identifikaci materiálu

V této dimenzi je posuzováno informační zajištění, které se již objevilo i v předchozích dimenzích. V těch je zaměřené vždy individuálně pro danou dimenzi. V této dimenzi se soustřeďuje primárně na značení materiálu a na jakém principu funguje identifikace materiálu. Materiál pohybující se v prostoru podniku je nutno identifikovat z důvodů hledatelnosti (rodokmenu) a z důvodu informace o lokaci. Lokalizační prvky umožňují monitoring pohybu objektů v definovaném prostoru. Co se týká identifikace, jedná se o proces umístění identifikátoru (to začíná pověšením papírového štítku a končí nalepeným čipem) a proces snímání, načítání a zanesení do informačního systému, pokud je podnik takovým systémem vybaven. Značení materiálové identifikace musí být na obalu nebo jeho etiketě dobře viditelné,

snadno čitelné, odolné, trvanlivé, a to i po otevření obalu. Nejběžnějšími technologiemi, které průmyslové podniky používají, jsou čárové kódy a kódy rychlé reakce, tj. bezkontaktní identifikace. Technologie identifikace se využívá také při vychystávání materiálu pomocí vychystávacích systémů. Identifikace slouží k uchovávání a přenášení informací v logistickém řetězci.

Klíčovým kritériem pro identifikaci je **druh materiálu a typ obalu**. Od toho se odvíjí způsob identifikace, která může být například optická nebo radiofrekvenční. K tomu jsou samozřejmě potřebné identifikační prvky na materiálu (štítky s kódy, čipy). Protože s identifikací souvisí zápis dat do systému, další zvolenou subdimenzí je informační zajištění při identifikaci a o stavu zásob. S tím souvisí určité informační a datové technologie pro sběr dat, analýzu a vyhodnocení. S ohledem na tyto kritéria byly zvoleny tyto individuální subdimenze:

- **Způsob identifikace (SD13).**
- **Informační zajištění (SD14).**

4.3 Sada ukazatelů pro hodnocení jednotlivých dimenzí

V rámci obecné struktury interní logistiky rozeznáváme i třetí fázi, kterou představují ukazatele. Výběr správných ukazatelů interní logistiky pro posouzení zabezpečí efektivní hodnocení a dokáže také vytvořit pro podnik přehled potenciálních míst, která mají na hodnocení negativní vliv. S využitím sady ukazatelů je struktura více detailní a s její aplikací se odkrývají taková místa, která by na úrovni subdimenzí nebyla zjištěna. Stejně jako u dimenzí a subdimenzí, musí být zdůvodněno a být známá odpověď na otázku, jaké základní ukazatele interní logistiky jsou stanoveny, aby podnik získal objektivní hodnocení připravenosti na koncept Průmyslu 4.0.

Stanovením ukazatelů je naplněna 3. fáze obecné struktury interní logistiky.

4.3.1 Kritéria pro stanovení ukazatelů

Stejně jako u definování dimenzí a subdimenzí, dochází ke stanovení ukazatelů dle určitých kritérií. Tyto kritéria je třeba zdůvodnit, protože každou subdimenzi lze charakterizovat celou řadou ukazatelů. Jedním z kritérií pro stanovení těchto ukazatelů je **propojení s konceptem Průmyslu 4.0** a jeho integrace do obecné struktury interní logistiky. Právě tyto stanovené ukazatele mají největší potenciál pro hodnocení připravenosti podniku na tento koncept a jeho naplnění. Druhým kritériem pro vhodné stanovení ukazatelů je fakt, že díky těmto ukazatelům lze **zařazovat podniky do úrovně připravenosti**. Tyto ukazatele je možné charakterizovat pro každou ze stanovených úrovní a jsou tedy vhodnými pro zařazení. Toto bude více popsáno v dalších kapitolách týkajících se tvorby dalších parametrů metodiky.

Integrace prvků Průmyslu 4.0

První z kritérií pro stanovení ukazatelů je ještě více popsáno. Pomocí metodiky budou hodnoceny interní logistické procesy z hlediska připravenosti na Průmyslu 4.0 a již do struktury interní logistiky musí být tento koncept integrován, respektive jeho principy. Proto je důležité definovat logistické činnosti, které naplňují principy Průmyslu 4.0. K tomuto aspektu byly provedeny určité dílčí rešerše stanovených dimenzí interní logistiky, nejen z hlediska základního a standardního provedení, ale také při dodržení koncepce dle konceptu. Některé podniky na českém trhu se ztotožňují s tím, že již naplňují principy Průmyslu 4.0. Ve většině případů jde však pouze o dílčí inovace, které ve spojení s novým konceptem dobře fungují jako

marketingový nástroj. Jak bude možné poznat z popisu dalších kapitol, systém hodnocení používá určitý úroňový systém hodnocení, ve kterém úroňe mají vzestupný charakter a nejvyšší úroňe korespondují s naplněnými principy Průmyslu 4.0. Je tedy důležité v rámci integrace principů tohoto konceptu rozeznat dílčí inovace využívající moderní technologie souvisejících s konceptem, od plné implementace Průmyslu 4.0.

4.3.2 Stanovení ukazatelů

Ukazatele jsou zařazeny do skupin subdimenzí a jejich příslušných dimenzí. Jedná se o kvalitativní ukazatele, které jsou následně charakterizovány pro všechny stanovené úroňe. Pro každou dimenzi je pro přehlednost vytvořena tabulka, ve které jsou již zaznamenané všechny fáze struktury interní logistiky, tj. příslušné subdimenze a jejich ukazatele s názvy a číselným označením pro další použití v rámci metodiky.

Ukazatele jsou tedy přehledně uvedeny v Tabulkách 4-1, 4-2, 4-3, 4-4 a 4-5, již bez dalšího slovního popisu.

- **Ukazatele pro dimenzi manipulace**

Tabulka 4-1: Ukazatelé dimenze manipulace

Dimenze (D)	Subdimenze (SD)	Ukazatel (U)
D1 Manipulace	SD1 Manipulační technika	U1 Stupeň automatizace
		U2 Environmentální aspekty
		U3 Navádění manipulační techniky
	SD2 Manipulační jednotky	U4 Typy manipulačních jednotek
		U5 Stupeň přizpůsobitelnosti k automatizaci
		U6 Identifikace manipulačních jednotek
	SD3 Informační zajištění při manipulaci	U7 Zpracování dat
		U8 Komunikace a propojení techniky
		U9 Správa dat manipulační techniky

• **Ukazatele pro dimenzi skladování**

Tabulka 4-2: Ukazatelé dimenze skladování

Dimenze (D)	Subdimenze (SD)	Ukazatel (U)
D2 Skladování	SD4 Skladovací technika	U10 Stupeň automatizace
		U11 Environmentální aspekty
		U12 Systém uložení materiálu
		U13 Řízení skladové technologie
	SD5 Informační zajištění při skladování	U14 Interkonektivita skladového systému
		U15 Lokalizovatelnost materiálu
		U16 Systém vychystávání materiálu
	SD6 Příjem materiálu a expedice	U17 Sběr a zpracování dat
		U18 Proces příjmu a uskladnění
		U19 Proces vychystávání, kompletace a expedice
U20 Systémy pro evidenci zásob		

• **Ukazatele pro dimenzi balení**

Tabulka 4-3: Ukazatelé dimenze balení

Dimenze (D)	Subdimenze (SD)	Ukazatel (U)
D3 Balení	SD7 Balící technologie a způsob balení	U21 Stupeň automatizace
		U22 Přizpůsobitelnost balící technologie k produktu
		U23 Rozšířená funkčnost balení
	SD8 Druhy obalů a obalový materiál	U24 Standardizace obalů
		U25 Identifikace obalů
		U26 Další funkčnost obalů
	SD9 Environment a obalové hospodářství	U27 Postoj podniku k obalovému hospodářství
		U28 Opakovatelnost použití
		U29 Environmentální aspekty

- **Ukazatele pro dimenzi zásobování**

Tabulka 4-4: Ukazatelé dimenze zásobování

Dimenze (D)	Subdimenze (SD)	Ukazatel (U)
D4 Zásobování	SD10 Zásobovací technika	U30 Stupeň automatizace
		U31 Environmentální aspekty
		U32 Navádění zásobovací techniky
		U33 Řízení zásobovací techniky
	SD11 Technologie zásobování	U34 Systém zásobování pracovišť
		U35 Řízení zásob
		U36 Systém vyžádání materiálu
	SD12 Informační zajištění odvolávek materiálu	U37 Evidence dat o zásobách
		U38 Komunikace se sektorem výroby
		U39 Odvolávky – zákaznické objednávky

- **Ukazatele pro dimenzi identifikace materiálu**

Tabulka 4-5: Ukazatelé dimenze identifikace materiálu

Dimenze (D)	Subdimenze (SD)	Ukazatel (U)
D5 Identifikace materiálu	SD13 Způsob identifikace	U40 Stupeň automatické identifikace materiálu
		U41 Způsob identifikace materiálu
		U42 Značení materiálu
	SD14 Informační zajištění	U43 Informační technologie
		U44 Lokalizační technologie
		U45 Síťová infrastruktura
		U46 Datové technologie

Stanovené ukazatele budou použity v přípravné fázi navrhované metodiky. Tabulky obsahují pro každou subdimenzi tři až čtyři ukazatele. Pokud by byl stanoven větší počet ukazatelů, mohlo by to naopak způsobit, že by struktura byla nepřehledná a vytvářely by se duplicitní charakteristiky.

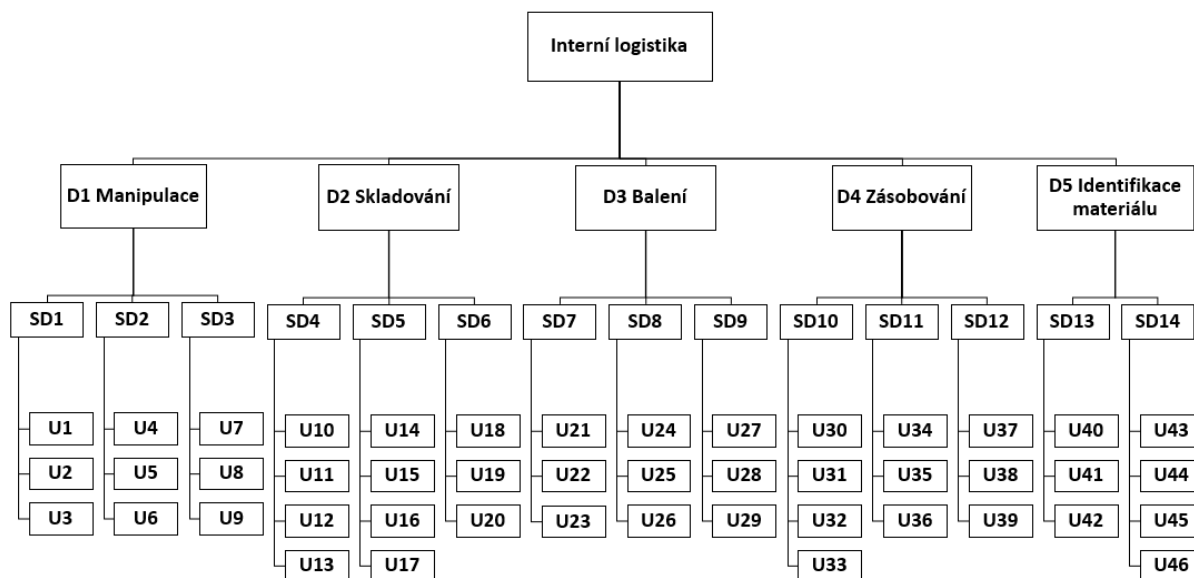
4.4 Finální struktura pro hodnocení interní logistiky

Principy systémového přístupu jsou tedy integrovány do podoby struktury interní logistiky a na základě specifikace jednotlivých dimenzí, subdimenzí a ukazatelů včetně jejich počtu došlo k rozboru celé oblasti interní logistiky a stanovení finální struktury interní logistiky, která je jádrem navrhované metodiky pro hodnocení připravenosti. Přesné stanovení struktury vycházelo z obecného návrhu prezentovaného na Obrázku 4-1. Finální struktura interní logistiky je zobrazena na Obrázku 4-2 a představují ji tři fáze parametrů v tomto počtu:

- 1) Pět dimenzí (Di).
- 2) Čtrnáct subdimenzí (SDj).
- 3) Čtyřicet šest ukazatelů (Uk).

Parametry jsou tedy v určitém počtu počínaje pěti dimenzemi. Nicméně je cílené dodržet jeden z dílčích aspektů struktury – aby metodika hodnotila a posuzovala co nejširší spektrum procesů interní logistiky. Proto jsou činnosti interní logistiky strukturovány. I když každá z dimenzí má svoje specifické zaměření, je evidentní, že se jejich subdimenze vzájemně ovlivňují a prolínají. Propojenost je zřejmá a proto také jednotlivé ukazatele v subdimenzích se mohou opakovat, nicméně vždy se zaměřením na danou nadřazenou oblast, tj. subdimenzi a její specifickou charakterizaci.

Co se týká nejnižší fáze – ukazatelů, je v rámci této části zmíněn jen počet v uvedené struktuře a jejich význam a využití bude popsáno v dalších částech, protože ukazatele jsou součástí procesu tvorby a budou také využívány v procesu hodnocení jako vstupní data. Finální struktura interní logistiky je znázorněna na Obrázku 4-2.



Obrázek 4-2: Finální struktura pro hodnocení interní logistiky

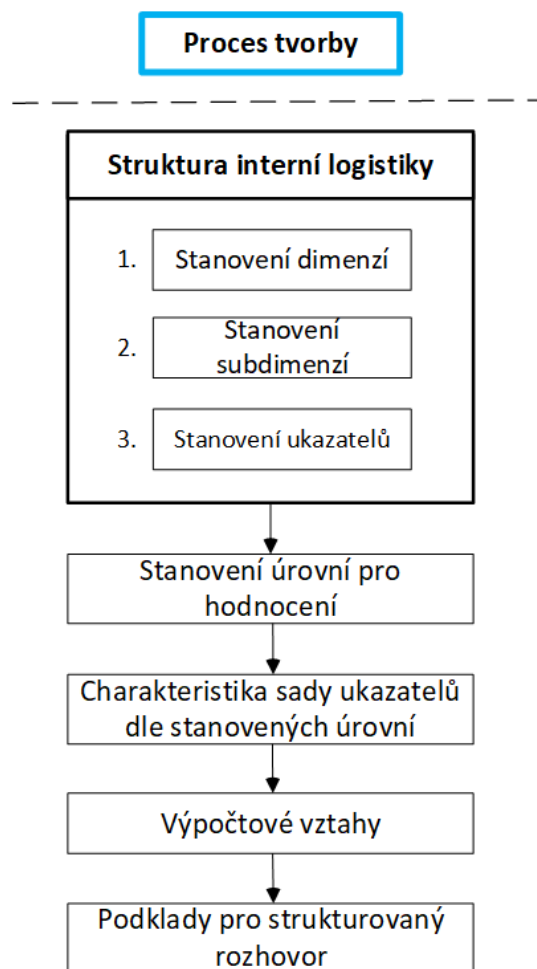
Jedním z požadavků, který vstupuje do metodiky, je její rozsah. Dílčím cílem je strukturovat interní logistické procesy a stanovit hlavní dimenze a dílčí subdimenze a vytvořit sadu ukazatelů v každé subdimenzi, které budou posuzovat míru naplnění konceptu Průmyslu 4.0. Proto byla navržena tato struktura interní logistiky, která je jádrem metodiky pro hodnocení.

5 Způsob hodnocení úrovně interní logistiky

Disertační práce bere v úvahu význam interní logistiky a integraci technologií Průmyslu 4.0 do této oblasti. Účelem navržené metodiky je posouzení interních logistických procesů, které pokrývají celou řadu klíčových oblastí podniku a jejich budoucí posun na úroveň, která koresponduje s principy Průmyslu 4.0. Je předpokládáno, že úroveň interní logistiky při implementaci technologií dle tohoto moderního konceptu se bude zvyšovat. Tato metodika byla vyvíjena v několika fázích, ve kterých jsou stanoveny hlavní kroky a jejich specifická náplň.

Část návrhu metodiky je možné nazvat „**procesem tvorby**“, neboť tato část sloužila pro přípravu obecně platných podkladů, které jsou pevné, a již se nemění jejich struktura. Dílčí kroky v procesu tvorby podkladů korespondují s navrženými dílčími cíly, které souvisí s navrhovanou metodikou a jsou dekompozicí hlavního cíle. Proto po obecném popisu metodiky a podmínkách implementace budou v následujících kapitolách popsány úrovně pro hodnocení, charakterizované ukazatele dle definovaných úrovní a bude stanoven systém hodnocení s matematickým aparátem, pomocí kterého bude z výsledků ukazatelů možné určovat úroveň připravenosti logistických procesů subdimenze.

Pro přehlednost jsou dílčí části týkající se **procesu tvorby** znázorněny na Obrázku 5-1. Jádrem metodiky pro hodnocení je struktura interní logistiky, které se věnovala předchozí kapitola.



Obrázek 5-1: Dílčí části procesu tvorby metodiky

5.1 Popis metodiky a podmínky její implementace

Oblast interní logistiky je představena ve formě navržené struktury, která pokrývá tuto oblast. Druhým klíčovým parametrem v návrhu metodiky jsou hodnotící úrovně. Ty popisují vyspělost podniku v závislosti na konkrétním ukazateli. Každá z úrovní je navíc doplněna logistickými prvky, které jsou využívány v podnicích a usnadní zařazení podniku na odpovídající úroveň. Tyto dva hlavní parametry (hodnotící úrovně a ukazatele) jdou do „průniku“ a vytvoří se vzájemné vazby a charakteristika.

Důležitým aspektem a podstatnou částí metodiky je systém hodnocení, tj. jakým způsobem bude probíhat hodnocení interních logistických procesů od počátku sběru dat, přes jejich zpracování a výsledné vyhodnocení. Sběr dat z podniku probíhá formou strukturovaného rozhovoru s odpovědnou osobou s odborností do oblasti interní logistiky, ve kterém je odpovídáno na vytvořené otázky. Uzavřené otázky jsou vytvořeny pro všechny ukazatele. Podnik je na základě jeho aktuálního stavu zařazen na odpovídající úroveň a zhodnocen z hlediska připravenosti na Průmysl 4.0 v oblasti interní logistiky. Výsledky jsou interpretovány v analytické i grafické podobě přímo podniku například v rámci logistického auditu nebo samostatně.

Metodika je navrhovaná pro průmyslové podniky, které mají určité charakteristické rysy a ty mohou být rozdílné. Metodiku je vhodné koncipovat tak, aby mohla být aplikovatelná v plném rozsahu a získat kvalitní výsledky pro konkrétní typy podniků, na úkor širokého spektra využitelnosti pro všechny podniky se složitým sběrem dat a nekvalitními výsledky. Proto do návrhu metodiky vstupuje několik podmínek implementace, které jsou pro přehlednost popsány a musí být do návrhu metodiky zakomponovány. Podniky se mohou lišit velikostí, typem výroby a její opakovatelností, sektorem výroby a poté jejich individuálními logistickými podmínkami, které se týkají logistického systému podniku nebo složitostí logistických operací. V této kapitole tedy budou definovány podmínky, kdy a kde je metodika aplikovatelná.

1) Velikost podniku

Podniky dle velikosti jsou děleny na malé (mikro jsou ještě menší podniky), střední a velké. Klíčovým aspektem vzhledem k implementaci Průmyslu 4.0 je ekonomická síla, kterou disponují zejména velké podniky, a podporuje to jejich rozvoj k tomuto konceptu. Rozsah investic je pro malé a střední podniky nevýhodou a určitým limitujícím prvkem pro implementaci. Na druhou stranu tyto podniky mohou implementovat dílčí opatření, snaží se podporovat inovace a zavádění digitálních technologií do výroby a podpůrných procesů. Zavádění technologií Průmyslu 4.0 se tedy neomezuje pouze na velké průmyslové podniky. Koncept Průmyslu 4.0 se začíná prosazovat více také u středních firem, které jsou pružné z pohledu firemních procesů a organizace výroby a chtějí dosáhnout maximálních výsledků s minimálními náklady. Limitujícím dalším prvkem může být nedostatek kvalifikovaného personálu.

Velké podniky s velkými investicemi aplikují principy Průmyslu 4.0, střední podniky mohou zase využívat inovativní potenciál například ve spolupráci s akademickými institucemi. Co se tedy týká podmínek implementace do průmyslových podniků, metodika z hlediska velikosti podniku cílí zejména **minimálně na středně velké podniky a velké podniky** z výše zmíněných důvodů. Tyto podniky by měla zajímat připravenost na koncept Průmyslu 4.0. Aplikování metodiky není uzavřené ani do oblasti **malých podniků** a je možné tedy i pro tuto skupinu. Nicméně je předpokládáno, že malé podniky připravenost nebude zajímat, protože s Průmyslem 4.0 nepracují a o hodnocení nebudou projevoval zájem.

2) Průmyslová odvětví

Koncept Průmyslu 4.0 je implementovaný zejména do průmyslových podniků a je zastoupen převážně v automobilovém, elektrotechnickém nebo strojírenském odvětví. V jiných sektorech jako je potravinářství, chemie nebo hutnictví, jsou implementované prvky Průmyslu 4.0 spíše nahodile. Průmysl 4.0 odkazuje primárně do oblasti výrobních činností, rozhodně ale neovlivňuje pouze je a zasahuje také do podpůrných činností výroby jako je interní logistika. V největší míře adaptuje prvky konceptu Průmyslu 4.0 automobilový průmysl. Jak bude zmíněno v hledisku týkající se opakovatelnosti výroby, důvody spočívají zejména ve vysoké sériovosti výroby a ve standardizaci procesů. V oblasti automatizace kromě klasických robotů firmy zavádějí kolaborativní roboty, automatizované sklady a využívají i automatizované dopravní systémy do různých oblastí interní logistiky.

Implementace metodiky má široké využití, nicméně ve vazbě na vhodnost aplikace principů a technologií Průmyslu 4.0 do průmyslových oblastí, bude využívána zejména **v oblasti automobilového, strojírenského a elektrotechnického průmyslu**. Tyto podniky by měla zajímat jejich připravenost. Pro podniky v oblasti automotive se jedná převážně o dodavatele a subdodavatele komponent a příslušenství pro automobily, kde zákazníci jsou velké světové automobilové společnosti.

3) Typ výroby dle opakovatelnosti

Typ výroby je možné dělit podle několika hledisek, například podle výrobního programu, podle vztahu k výrobnímu procesu nebo podle opakovatelnosti výroby. V rámci podmínek implementace metodiky je důležité zejména hledisko opakovatelnosti výroby. Dle vyráběných objemů rozeznáváme v podstatě výrobu s nízkou a vysokou opakovatelností. Není to pevným pravidlem, ale u druhu výroby s vysokou opakovatelností se více využívá moderní logistická technika, která je specializovaná. Využívány jsou skladové systémy, které jsou určitým způsobem synchronizovány se sektorem výroby, a řada činností lze automatizovat. U výroby s malou opakovatelností se využívá spíše univerzální logistická technika a prostor k automatizaci nestandardizovaných činností je menší. Implementace prvků Průmyslu 4.0 do těchto dvou typů výroby je proto značně rozdílná. Například jednou z nejnáročnějších činností je automatizace zavážení pracovišť materiálem. U velkosériových typů výrob je možnost automatizovat dopravníky nebo automatickými vláčky, nicméně u kusového typu výroby automatizace selhává. To je kvůli komplexnosti a nepravidelnosti procesů. Ale Průmysl 4.0 je o přizpůsobitelnosti a právě samoučící se roboti budou tím článkem, který pomůže v implementaci i do oblasti kusové výroby. Dva hlavní atributy pro nasazení jsou tedy vysoká sériovost výroby a standardizace procesů. Pokud podnik nevyrábí velké množství identických výrobků, není automatizace a robotizace procesů pro podnik prvořadá věc.

Aplikovatelnost metodiky do podniků dle typu výroby je na tom podobně, jako při vymezení velikosti podniku. Na základě výše uvedených atributů je předpokládáno, že navržená metodika bude aplikovatelná zejména do **sériových – velkosériových typů výrob**. U podniků s typem velkosériové nebo hromadné výroby je možné, že posouzení připravenosti již proběhlo, i když zejména se týkalo oblasti výroby, ne podpůrných logistických procesů. Další možným aspektem je velikost kapitálu podniku vyrábějícího velké objemy, protože řadu prvků Průmyslu 4.0 již podnik implementoval a s připraveností na koncept již nějaký čas pracuje a o hodnocení nebude mít také zájem. Takových podniků je ale předpokládáno minimální množství v rámci tuzemského průmyslu. Jako u velikosti, není zavržena implementace metodiky pro podnik s **malosériovou/kusovou výrobou** a připravenost lze zjišťovat také u těchto podniků.

4) Reprezentant hodnoceného podniku

Navržená metodika má význam pro aplikaci do podnikové oblasti, tj. má praktické využití. Systém hodnocení je proveden na základě sběru vstupních dat a měření postojů „reprezentanta“ podniku (dle provedeného strukturovaného rozhovoru). Během něho probíhá osobní setkání se zástupcem podniku na základě dodržení několika doporučení a zásad hodnotitele. Nicméně určité opatření platí i z druhé strany, neboť metodika pracuje s určitou odborností. Metodika pokrývá oblast interní logistiky a i přesto, že jsou dodrženy určité kompromisy jako je časová náročnost, složitost vyhodnocení, objektivita apod., vyžaduje odborné znalosti osoby z podniku pro správné provedení. Pro objektivitu hodnocení je podmínkou, aby podnik zastupoval takový člen, který má **přehled o interních logistických procesech** a je schopen pokrýt široký záběr otázek. Předpokladem je, že zástupcem je vedoucí oddělení logistiky podniku, případně jiný alternativní zástupce, která splní tento požadavek.

5) Úroveň interních logistických technologií

Úroveň interní logistiky a souvisejících technologií v průmyslových podnicích nehraje pro aplikaci metodiky významnou roli a není to omezujícím prvkem. Škála hodnocení v podobě definovaných úrovní, které metodika pro systém hodnocení používá, je koncipována pro různé úrovně logistických činností a neomezuje její aplikaci.

Inteligentní interní logistika je naplňována, když nejlépe funguje souhra systému složeného z člověka – stroje – softwaru a individuálního prostředí. Výhody z tohoto uspořádání získává malý i středně velký podnik stejně jako velká globální společnost. Vhodným řešením přitom nemusí být vždy nutně automatizace. Pokud se v podniku vyskytuje ruční manipulace s využitím základních logistických prvků (například paletový vozík), nebo se jedná o polo automatizované nebo plně automatizované procesy, metodika rozlišuje úroveň a koncepci logistických procesů a nemá to na její provedení žádný vliv. V tomto omezujícím kritériu se jedná v podstatě nejen o tok materiálový, ale také informační. Složitost logistických procesů s ohledem na materiálové a informační zajištění procesů metodiku **nijak nelimituje**.

6) Nastavené kompromisy – objektivita

Tyto implementační podmínky souvisí se zmíněným systémovým přístupem využitým v návrhu struktury interní logistiky. V sestupném pořadí od nejvyššího elementu dimenze – subdimenze – ukazatele totiž hodnotíme třetí fázi struktury interní logistiky. Výsledky by měly být objektivní a dostatečně validní. Pro získání výsledků jsou měřené postoje jedince, a proto systém hodnocení musí být určitým způsobem přiměřený, smysluplný a užitečný. Metodika hodnotí podnik na mikro úrovni. Kompromis pracuje s časovou náročností pro sběr vstupních dat. Stejně tak pracuje se složitostí vyhodnocení, nicméně by měl být dodržen **kvalitní, objektivní a přínosný výstup pro podnik**. Vedle toho je důležitá také reliabilita (spolehlivost), protože bez reliability nemůžeme dosáhnout kvalitního validního výsledku.

Souhrnně jsou v Tabulce 5-1 uvedeny hlavní atributy a jejich omezení vzhledem k aplikaci navržené metodiky do průmyslových podniků.

Tabulka 5-1: Předpoklady a omezení metodiky pro její praktickou aplikaci

Atribut podniku	Předpoklad a omezení
Typ výroby	Zejména sériová a velkosériová výroba

Velikost podniku	Zejména středně velký podnik a velký podnik
Průmyslová odvětví	Automobilový, strojírenský, elektrotechnický
Úroveň logistických technologií	Bez omezení
Informační zajištění logistických procesů	Bez omezení
Reprezentant podniku	Důkladná znalost logistických procesů

Co se týká implementace metodiky, je souhrně předpokládáno autorem pro všechny podmínky, že metodika bude využívána zejména středně velkými a velkými průmyslovými podniky, které mají profilovanou rozšířenou logistickou oblast. Určitým způsobem je také cílem, aby metodika nebyla úzce profilována a použitelná jen do malého spektra podniků. Striktně by nemělo záležet na typu výroby dle opakovatelnosti ani na složitosti logistických procesů. Stejně je to pro hledisko informačního zajištění, které také nehraje roli pro implementaci.

5.2 Definování úrovní pro hodnocení a charakteristika ukazatelů

Tato část slouží pro přípravu obecně platných podkladů, její náplní je **definování vstupů** do vstupní fáze metodiky a ty budou v následujících podkapitolách představeny. Stanovuje základní postup a principy, na jejichž základě poté probíhá sběr vstupních dat. Finální podoba struktury interní logistiky v této části vstupuje do průniku s úrovněmi. Úrovně pro hodnocení jsou stanoveny a vytváří vzestupnou stupnici pro hodnocení ukazatelů. Právě všechny ukazatele jsou charakterizovány pro každou z úrovní. Pokud máme čtyřicet šest ukazatelů a šest úrovní, dostáváme 276 charakteristik. Tato charakteristika slouží k ohodnocení (určení úrovně) dimenzí a subdimenzí právě prostřednictvím ukazatelů. Definovanými vstupy jsou:

- 1) **Úrovně pro hodnocení.**
- 2) **Charakteristika ukazatelů dle definovaných úrovní.**

Důležité je ještě poznamenat, že definované úrovně pro hodnocení a charakteristika všech ukazatelů jsou trvale platnými vstupy a nemění se s hodnoceným podnikem. Jsou to **obecné platné podklady**, následně vyplnění těchto podkladů je už individuální dle podniku a pokaždé dostáváme jiná výsledná data. Tyto hlavní vstupy v podstatě představují i dílčí kroky, které byly postupně zpracovávány v rámci této části.

5.2.1 Úrovně pro hodnocení

Dle těchto úrovní jsou charakterizované jednotlivé ukazatele. Pro stanovení počtu a definování jednotlivých úrovní pro hodnocení s využitím metodiky hrály významnou roli teoretické základy dvou významných oblastí:

- **Model CMMI.**
- **Modely připravenosti pro podniky na koncept Průmyslu 4.0.**

Tyto oblasti byly pro definování úrovní nejvíce inspirativní a podobným způsobem byly stanoveny úrovně připravenosti pro metodiku. Modely připravenosti využívají škálovací

techniky, přičemž škála je tvořena přímo kategoriemi (úrovněmi) v různém počtu (nejčastěji 5 úrovní). Model CMMI definuje 5 úrovní, které jsou navrženy tak, aby firmy mohly kvalitu svých procesů přirozeně rozvíjet podle úrovní. Možné je připravit hodnotící škálu v různé formě tak, aby bylo pro respondenta co nejjednodušší a co nejpříjemnější na otázku odpovídat.

Právě u modelů připravenosti jsou techniky škálování využívány, některé modely využívají škály symetrické, tzn. se stejným počtem pozitivních a negativních kategorií, nebo asymetrické. Volba záleží na konkrétní otázce, stejně jako počet kategorií škály. Kategorie se volí v závislosti na tom, jak jemné rozlišení odpovědí je potřebné. Využívána je například měřicí technika dle Likertovi škály, která je složena z výroků, na které respondent může odpovědět na škále, reprezentující míru souhlasu. Počet možných odpovědí, jejich konkrétní pojmenování nebo zařazení či nezařazení středové hodnoty se může lišit podle konkrétního použití. Likertova škála je založena na výrocích, které jsou formulovány jako jednoznačná tvrzení a jsou doplněny o stupnici souhlasu 1-2-3-4-5 (od "Zcela nesouhlasím" ke "Zcela souhlasím").

Důkladnou analýzou a syntézou bylo pro vlastní metodiku hodnocení stanoveno pět úrovní připravenosti + nultá úroveň. Úrovní pro tuto metodiku je tedy celkem šest a popisují vyspělost podniku v závislosti na konkrétním ukazateli. Stanovené úrovně jsou vzestupného charakteru. Metodika je navržena tak, aby podniky mohly připravenost svých interních logistických procesů přirozeně rozvíjet podle úrovní. Úrovně jsou stanoveny tak, aby co nejlépe pokrývaly posouzení připravenosti podniku. Proto pracují s určitým nastaveným počtem a definicí pro dodržení kompromisu. Malý počet nebude vytvářet objektivní detailní hodnocení, velký počet úrovní zase na druhou stranu vytváří malé odchylky mezi úrovněmi a hodnocení se stává zbytečně složitým i tím, že by bylo těžké odpovídat na otázky pro pracovníka podniku, neboť rozdíly v odpovědích na otázky by byly minimální a mohlo by docházet k špatným odpovědím. Do návrhu úrovní je také zakomponována nultá úroveň. Hlavní myšlenkou pro navržení nulté úrovně je nejen její zahrnutí jako nejhorší úrovně, ale pro tuto úroveň je také primárním kritériem, že procesy nejsou vůbec definovány. Dále úrovně jsou stupňovité, je zachován vzestupný princip s určitými vazbami mezi úrovněmi. Jedná se tedy o šest úrovní připravenosti s touto stručnou charakteristikou:

- Úroveň 0 Neřízený Procesy nejsou explicitně definovány.
- Úroveň 1 Řízený Certifikované procesní řízení.
- Úroveň 2 Řízený Digitalizovaný sběr dat (z procesů), zavádění automatizace.
- Úroveň 3 Řízený Část procesů je automatizována, napojení na externí zdroj dat.
- Úroveň 4 Řízený Procesy jsou automatizované, s omezeným zásahem člověka.
- Úroveň 5 Řízený Procesy jsou automatizované, člověkem kontrolované.

Takto stanovené úrovně mají vývoj a už podle stručné definice je představitelné, co daná úroveň přibližně znamená. Nicméně pro hodnocení do metodiky bude nutné úrovně více definovat a popsat, jako je tomu v Tabulce 5-2.

Tabulka 5-2: Popis stanovených úrovní pro hodnocení

Úroveň	Popis úrovně
Úroveň 0	Jedná se o základní nejnižší úroveň, ve které procesy nejsou explicitně definovány, a není mezi nimi žádná návaznost. Toto je primárním kritériem. V této úrovni nejsou využity informační systémy ani jednoduché softwary pro sběr a zpracování dat – jen papírová forma. Data nejsou zpracovávána a zaznamenávána. Využívaná je základní manipulační a skladová technika, kde je minimální podíl mechanizace, a prováděné činnosti jsou ovládané manuálně. Technika není nijak naváděna a řízena, není propojena. Proces je špatně řízen nebo není vůbec kontrolován, řízení procesu nemá správné organizační a technologické „nástroje“ pro budování infrastruktury pro logistické procesy, která umožní opakovatelnost/použitelnost/rozšířitelnost využitých nebo budoucích řešení.
Úroveň 1	V této úrovni jsou předepsané dokumentace, certifikace, ISO a další podobní představitelé klasického procesního řízení. Využívá se jednoduchých softwarů, klasických nástrojů a základních informačních systémů, neefektivní zpracování a nevyužívání dat. Manuální sběr dat a následné zadávání do PC. Manipulační a skladová technika je ovládaná manuálně a přechází v určitou mechanizaci. Proces je naplánován a realizován. Nicméně řízení procesů je horší kvůli nedostatečné organizaci. Základní offline komunikace manipulační a skladové techniky (komunikace dle tříděných dat). Standardní průmyslové metody.
Úroveň 2	Interní logistické procesy jsou pevně stanovené a řízené. Proces je definován díky plánování a implementaci osvědčených a řídicích postupů. Začíná se využívat základních automatizovaných prvků při standardizovaných činnostech, nicméně převažuje mechanizovaný způsob v kooperaci s pracovníkem. Sběr dat je částečně digitalizovaný. Periodické zpracování dat do různých interních informačních systémů, které nejsou vzájemně propojené. Interní informační systémy, které jsou konkrétně profilované, mají základní funkcionality dle dílčí oblasti interní logistiky a data v nich nejsou strukturovaná. Základní propojení manipulační a skladové techniky, zavedení systému komunikace.
Úroveň 3	Manipulační a skladová technika je více automatizovaná pro předem definované úkony s kooperací člověka. Pro sběr dat se využívají digitalizované technologie a informační systémy, které jsou napojené i na externí zdroje dat, kde probíhá vzájemná komunikace. Zpracování dat do informačních systémů, které jsou vzájemně propojené. Je možné lokálně automatizovat zpracování včetně automatického sběru do datových skladů. Propojení, přepravních technologií i plánovacích softwarů. Částečné automatické řízení procesů a techniky pomocí vyspělých IS.
Úroveň 4	Procesy jsou digitalizované a automatizované, s omezeným zásahem člověka, který většinou vykonává roli kontrolora. V této úrovni tedy je většina procesů automatizována, nicméně se nejedná ještě o komplexní automatizaci. Proces je digitálně orientovaný a je založen na pevné technologické infrastruktuře. Využívá se informačních systémů, které propojují veškeré oblasti podniku včetně externích zdrojů, a probíhá zde automatické zpracování. Informační systémy jsou sdílené napříč podnikem. Integrace strukturovaných a nestrukturovaných dat. Zpracování dat ze všech oblastí. Využití pokročilé prediktivní analýzy. Autonomní synchronizace výrobních a logistických procesů.

Úroveň 5 Procesy jsou plně automatizované a člověkem pouze kontrolované. Jedná se tedy o automatizaci komplexní, kdy je celkový proces automatizován a člověk přebírá pouze roli plánování a strategického řízení. Řízení všech systémů je autonomní. Manipulační, skladová a balící technika je řízena informačním systémem. Kompletně senzoricky pokrytý podnik. Vytvoření jednotného datového modelu, plně automatizované zpracování dat. Online komunikace a automatické informační systémy, které jsou plně propojené, kompatibilní, propojené s výrobními systémy a řídicí celou logistickou částí podniku včetně externích zdrojů. Komplexní pokrytí podniku pomocí bezdrátové technologie (optické vlákno), nízkenergetická technologie. Vyměňování dat v reálném čase, tzv. (M2M) komunikace na základě řídicích systémů s AI.

Metodika posuzuje připravenost na koncept Průmyslu 4.0. Nicméně principy tohoto konceptu jsou zmíněny v nejvyšších úrovních. Stanovené úrovně a jejich definice jsou koncipované tak, že nejvyšší úroveň, tj. **úroveň 4 a zejména úroveň 5 představují nejvyšší připravenost a korespondují s principy Průmyslu 4.0.** Zejména 5. úroveň je navržena s takovou filosofií, aby plně **naplňovala vize, poslání a předpoklady Průmyslu 4.0.** Tzn., že podnik disponuje ne jenom dílčími aplikovanými technologiemi, jaké mohou být v úrovni 3 nebo v úrovni 4, ale komplexním pokrytím celé logistické interní oblasti.

5.2.2 Charakteristika ukazatelů dle stanovených úrovní

Nejprve byly vytvořeny vazby mezi jednotlivými úrovněmi a následně byl vytvořen průnik dvou hlavních parametrů:

- **Sady ukazatelů**, tj. nejnižší fáze navržené struktury interní logistiky.
- **Úrovní připravenosti.**

Úrovně pro hodnocení ukazatelů jsou definovány nejen číselně na stupnici 0-5, ale hlavně jsou definovány také slovně – technologicky.

To bylo zpracováno s ohledem nejen na současné používané technologie, ale i na předpokládané technologie na základě trendů a vývoje korespondujícím s Průmyslem 4.0. Tato charakteristika představuje klíčovou záležitost celé metodiky, protože je vstupem do procesu hodnocení připravenosti. Dále tyto charakteristiky přicházejí na řadu po vyhodnocení, protože pokud podnik bude chtít zvyšovat úroveň v jakékoliv hodnocené oblasti, jsou známé vyšší definované úrovně a podnik ví, co by měl splňovat. Podniku to poskytne podpůrné výsledky, ze kterých je možné odstartovat následné zvýšení úrovně. Pokud se tedy nebude nacházet v nejvyšší páté úrovni, případně čtvrté úrovni.

Vytvořeno je tedy 276 charakteristik v rámci celé struktury interní logistiky. Jedná se tedy o velký počet a to muselo být zohledněno do způsobu zpracování, aby bylo vše přehledné. Každá z pěti dimenzí má své subdimenze. Ta je zpracována do podoby tabulky, ve které jsou charakterizované příslušné ukazatele dle úrovní. Vedle charakteristik ukazatelů jsou zmíněné ještě příklady logistických prvků a technologií, které korespondují s danou úrovní. To nemá přímý vliv na výsledky, nicméně je to sekundární informace při sběru vstupních dat.

Zpracovaná charakteristika všech ukazatelů přehledně do tabulek je v podstatě způsobem hodnocení a podkladem pro výpočty do další fáze. **Tyto charakteristiky totiž slouží k ohodnocení (určení úrovně) dimenzí a subdimenzí prostřednictvím jednotlivých ukazatelů.** Právě ukazatele jsou primárně hodnoceny a jsou počátkem celého hodnocení.

Zpracováno je tedy čtrnáct tabulek pro každou dílčí subdimenzi. To je poměrně rozsáhlou částí, a proto jsou tyto tabulky vzhledem k velikosti součástí **Přílohy č. 2 – Charakteristika ukazatelů pro příslušné dimenze**. Do charakteristiky ukazatelů byly integrovány určité principy, které budou následně popsány:

1) Princip versus použítá technologie logistické činnosti

Charakteristika jakéhokoliv ukazatele některé ze subdimenzí je provedena hlavně na základě principů provedení (požadavek na technologii a její vlastnosti), ne na základě konkrétní použité technologie. Je použita taková filosofie, že činnost interní logistiky, například manipulace s materiálem, má určitou koncepci. Koncepce je způsob provádění této činnosti a jedná se o nasazení takových logistických prvků, aby koncepce byla dodržena. Jsou tedy použity takové kombinace logistických prvků, které dokážou určitým způsobem provádět činnosti a dodržet odpovídající koncepci a splnit její požadavky. Proto záměrně v charakteristice parametrů ukazatele – úrovně, je hlavně použit obecný princip provedení. Jedná se o eliminaci potenciální diskuze z řad odborníků, zda některá z technologií odpovídá zrovna dané úrovni. Charakteristika s využitím principů je více objektivní, nicméně s možnou nevýhodou okamžité menší zřetelnosti a jasnosti. Navíc technologie také prochází určitým vývojem, proto by mohlo dojít k tomu, že daná technologie neodpovídá již příslušné úrovni v dané době. Technologie jsou vyvíjené, objevit se může nová přelomová technologie. Zatím může být známá jen představa a základní informace a pak by metodika mohla být předmětem předělání a úprav.

Tento popsaný požadavek je vysvětlen ještě na příkladu jednoho ukazatele v dimenzi zásobování.

- Obecná definice dle principu: Procesně nastavený systém zásobování, který je řízen aktuální spotřebou materiálu na pracovišti a dle této signalizace je provedeno formalizované zásobování operátory obsluhující techniku se záznamem dat.
- Definice dle logistické technologie: Just-in-Time. Kanban.

2) Integrace hlavních aspektů plnění koncepce

Metodika pro hodnocení interních logistických procesů používá široké spektrum sady ukazatelů ze struktury interní logistiky. I když záměrem je celá řada ukazatelů pro pokrytí rozsáhlé oblasti interní logistiky, prolínají se v charakteristikách hlavní tři klíčové aspekty.

- Technologické zajištění.
- Lidské zajištění.
- Informační zajištění.

Vedle technologické podpory hrají důležitou roli i jiné oblasti. Bez informačního zajištění procesů interní logistiky a definovaných organizačních struktur nebude společnost schopna využít příležitostí, které tyto technologie nabízejí. Proto popsané ukazatele dle úrovně obsahují nejen koncepci, tj. způsob provedení procesu interní logistiky pro danou úroveň – *technologické zajištění*, ale také atribut, jaké je informační zajištění a sledování těchto procesů – *informace* a také organizační podporu těchto procesů – *lidské zajištění*.

Pro názornou ukázkou je zde vložena upravená a obsahově zredukovaná Tabulka 5-3, která představuje subdimenzi SD1: Manipulační technika, která patří do dimenze D1: Manipulace. Charakterizované jsou tři ukazatele, kterými jsou U1: Stupeň automatizace, U2: Environmentální aspekty, U3: Navádění manipulační techniky.

Tabulka 5-3: Ukázková charakteristika subdimenze manipulační techniky

Úroveň	Hlavní ukazatele		U1 Stupeň automatizace	Příklady logistických prvků a technologií
	U3 Navádění manipulační techniky	U2 Environmentální aspekty		
0	Manipulační technika není naváděna (bez jakéhokoliv systému).	Využívání neekologických spalovacích motorů bez emisních limitů.	Základní manipulační technika ovládaná manuálně člověkem bez nastavených procesů.	Vychystávací vozík, ruční paletový vozík
1	Manipulační technika je naváděna standardními průmyslovými metodami (harmonogram, definované trasy).	Implementace pohonných jednotek redukcující CO ₂ , NO a polétavé částice (CNG, LPG).	Mechanizovaná manipulační technika ovládaná manuálně člověkem s nastaveným procesním řízením.	Vysokozdvížené vozíky, retraky, plošinové vozíky
2	Manipulační technika naváděna dle signalizace s digitálním záznamem.	Implementace elektrických pohonných jednotek.	Manipulační technika přechází na částečně automatizovanou při standardizovaných úkonech.	Vysokozdvížené vozíky, pásové dopravníky,
3	Manipulační technika naváděna dle signalizace bezdrátové technologie s částečnou komunikací.	Implementace elektrických pohonných jednotek s možnou recyklací.	Manipulační technika je více automatizovaná pro předem definované úkony s kooperací člověka.	Automatizované vozíky, tahače, vláčky.
4	Manipulační technika naváděna dle IS s částečnou online komunikací.	Implementace manipulačních zařízení na elektrické pohony z obnovitelných zdrojů s částečnou recyklací.	Manipulační technika je většinou automatizována a řízena IS. Člověk se podílí na rozhodování.	Automatizované vysokozdvížené vozíky, autonomní AGV, AMR.
5	Manipulační technika naváděna plně IS dle dostupných informací včetně online komunikace.	Manipulační technika využívá obnovitelné zdroje energie. Zařízení lze recyklovat včetně baterie.	Manipulační technika je plně automatizována, řízena IS. Člověk pouze dohlíží, kontroluje.	Bezobslužná autonomní technika (AGV), AMR, drony, roboti.

5.3 Výpočtové vztahy pro hodnocení

Tato část se týká tvorby podkladů před aplikováním metodiky do průmyslových podniků a navazuje na předchozí část týkající se definovaných úrovní a vytvořených charakteristik ukazatelů. Jak už z názvu je patrné, hlavní náplní jsou výpočtové vztahy pro získané hodnoty. Získanými hodnotami jsou úrovně všech ukazatelů, které jsou vstupními daty do metodiky (viz další kapitoly) a na řadu přichází výpočtové vztahy. Cílem pro výpočty je stanovení „matematické funkce“, která bude z přiřazených úrovní ukazatelů určovat úroveň subdimenzí a hlavních dimenzí. Veškeré dimenze jsou tedy provázány.

Výpočtové vztahy jsou využity tehdy, pokud jsou známy tyto **vstupy**:

1) Hodnoty ukazatelů získané ze strukturovaného rozhovoru.

Známe tedy úrovně ukazatelů a je třeba pokračovat s hodnocením dál pro jejich nadřazené subdimenze a poté dimenze. Výsledně je potom hodnocení připravenosti celé oblasti interní logistiky na koncept Průmyslu 4.0. Využitím výpočtových vztahů získáváme tyto **výstupy**:

- **Hodnoty úrovní subdimenzí.**
- **Hodnoty úrovní dimenzí.**

Základem výpočtové fáze je finální podoba struktury interní logistiky a právě hodnoty nejnižší fáze této struktury – ukazatele vstupují do následných výpočtů.

5.3.1 Hodnoty ukazatelů získané ze strukturovaného rozhovoru

Přiřazené úrovně jednotlivým ukazatelům získáme díky odpovědím z uskutečněného strukturovaného rozhovoru se zástupcem podniku. Podklady pro strukturovaný rozhovor budou sice popsány v dalších kapitolách, nicméně právě odpovědi na otázky z rozhovoru jsou převedeny do podoby primární startující číselné hodnoty do výpočtových vztahů a proto princip sběru vstupních dat je zmíněn již v této části o výpočtech.

Odpovědný pracovník podniku je postaven před dotazování na otázky, které pokrývají strukturu interní logistiky. Vždy je mu položena otázka, která se vztahuje ke konkrétnímu ukazateli. Odpovědi jsou sestaveny dle počtu a definice úrovní, to znamená, že zástupce podniku vybírá vždy jednu z možností odpovědi. Nicméně dotazovaný neví, jaká úroveň přísluší dané odpovědi a kolik bodů představuje. Toto je poměrně podstatným opatřením, neboť při znalosti bodového systému s vědomím, že nejvyšší úrovně dostávají nejvíce bodů (jednoduše řešeno se jedná o nejvyšší připravenost), by mohlo dojít k ovlivnění odpovědi a tedy ke zkresleným výsledkům.

To je ukázkově znázorněno v Tabulce 5-4 příkladem pro dimenzi D1: Manipulace, ve které má každý ukazatel U1-U9 svoji hodnotu (od 0 do 5) ve sloupci Přiřazená úroveň.

Tabulka 5-4: Příklad hodnot ukazatelů pro dimenzi D1 Manipulace

Dimenze	Subdimenze	Ukazatele	Přiřazená úroveň
D1	SD1	U1 Stupeň automatizace	2
		U2 Environmentální aspekty	2
		U3 Navádění manipulační techniky	3
	SD2	U4 Typy manipulačních jednotek	1

	U5	Stupeň přizpůsobitelnosti k manipulaci	2
	U6	Identifikace manipulačních jednotek	2
	U7	Zpracování dat	2
SD3	U8	Komunikace a propojení techniky	3
	U9	Správa dat manipulační techniky	1

5.3.2 Výpočtové formulace

Po přiřazení hodnoty ukazatelům je následně je potřeba **vypočítat** hodnoty pro 2. fázi struktury – **subdimenze** a pro 1. fázi struktury interní logistiky – **dimenze**. Je znám záměr výpočtů a pro ten je možné nalézt několik metod, u kterých jejich použití závisí na množství a kvalitě potřebných informací, stejně jako na samém účelu hodnocení. Vhodné bylo nalézt tedy takovou metodu, která bude co nejvýhodnější pro posouzení a nebude jen splňovat charakter nejlepšího a nejrychlejšího řešení. Cílem tedy bylo vybrat takový matematický systém s formulacemi, který bude splněním určitého kompromisu s objektivními výsledky, které mají vypovídající schopnost, a dá se s nimi dále pracovat. Pro lepší pochopení výpočtového systému je v této části ještě zmíněno, že sběr vstupních dat probíhá **formou strukturovaného rozhovoru**, kde jsou všem ukazatelům přiřazovány úrovně. Tato hodnota úrovně ukazatele je vstupní pro výpočty.

Pro posouzení připravenosti oblasti interní logistiky na Průmyslu 4.0 byl použit matematický základ, který je založen na bodovacím systému. Tento základ byl použit zejména proto, že pracujeme se šesti úrovněmi. Jedná se tedy o přesně stanovenou stupnici, kterou je také možné použít jako bodové hodnocení. Tento bodovací systém byl zvolen zejména proto, že výstupem vstupní fáze je na základě strukturovaného rozhovoru hodnocení nestejnorodých oblastí, které v největší míře ovlivňují celkovou úroveň připravenosti interní logistiky v podniku na koncept Průmyslu 4.0. Po bodovacím systému je použit další systém – přiřazovací, který výsledné hodnoty koeficientu zařazuje do rozmezí intervalu příslušných úrovní – od nejnižší nulté do nejvyšší páté. Aby bylo možné oblasti zařazovat do příslušných úrovní dle výsledků, musí být stanovené rozsahy intervalů pro zařazení. Rozdělení rozmezí intervalu je založeno na využití exponenciální funkce. Pokud bychom tedy měli zmínit pro hodnocení hlavní obecné principy, ve kterých jsou následně použity matematické funkce, jedná se o tyto **systémy hodnocení**:

- **bodovací systém,**
- **intervalový systém** s exponenciálním růstem rozmezí intervalu pro úrovně.

Dále jsou v této kapitole popsány dílčí kroky matematického aparátu.

1) Systém hodnocení a stanovení výsledných úrovní

Aby byl systém hodnocení aplikovatelný na celou oblast interní logistiky od počátečního hodnocení ukazatelů a dále na subdimenze a dimenze, bylo třeba použít vhodný matematický základ. Jedním z možných řešení je podíl bodů. Jedná se o podíl dosaženého a maximálního počtu bodů ve zkoumané oblasti. Jednotlivé ukazatele jsou hodnoceny úrovněmi od hodnoty 0 až 5. To znamená, že toto přiřazování úrovní jednotlivým ukazatelům (vybraná odpověď na otázku) je převedeno do podoby bodového systému a z jednotlivých hodnot úrovní se stávají přidělené body. Obecná formulace operace podílů dosaženého a maximálního počtu bodů je ve vzorci (1).

$$x = \frac{\sum_i b_i}{\sum_i B_i} \quad (1)$$

Výsledná hodnota koeficientu x nabývá hodnot v intervalu $x \in \langle 0;1 \rangle$

- b_i – počet dosažených bodů v otázce i
- B_i – maximální možný počet bodů otázky i

2) Rozdělení intervalu na hodnoty

Výsledný koeficient má po operaci podílu bodů určitou hodnotu, která je zařazována do určitého intervalu a jako optimální nástroj pro rozdělení tohoto intervalu $\langle 0;1 \rangle$ byla zvolena **exponenciální funkce**. Tato funkce byla využita zejména proto, aby se rozšířilo rozmezí intervalů pro nižší úroveň, tj. čím nižší úroveň, tím je potřeba získat více bodů. To je z důvodu předpokládané investiční náročnosti pro získání vyšších úrovní připravenosti (prudce rostou náklady, ale posun je malý). Z tohoto důvodu nebyla využita lineární funkce, díky které by rozdělení intervalů (rozmezí) bylo stejné.

Základní tvar exponenciální funkce je uveden ve vzorci (2):

$$y = K^x \quad (2)$$

- K je základ, kde $K \neq 1$
- x je exponent, $x \in R$

Aby bylo možné exponenciální funkci přizpůsobit požadovanému rozdělení, je tvar funkce řízen konstantami A , B a C . Dostáváme vzorec funkce (3) s konstantami:

$$y(x) = A \times B^x + C \quad (3)$$

- A , B a C – parametry funkce (konstanty)

Hodnota úrovně připravenosti se vypočítá vzorcem (4):

$$y_l(x) = \int_0^x (A \times B^x + C) dx \quad (4)$$

3) Vlastnosti funkce

Vstupní hodnotou je hodnota koeficientu $x \in \langle 0;1 \rangle$. Hodnota integrálu y_l by měla nabývat hodnot $y_l \in \langle 0; 6 \rangle$.

Level $L_{(x)} = 0$ až 4

$$y_{L(x)} = \langle x_{Ld}, x_{Lh} \rangle \quad (5)$$

Level $L_{(x)} = 5$

$$y_{L(x)} = \langle x_{Ld}, x_{Lh} \rangle \quad (6)$$

- y_l – vypočtená hodnota úrovně připravenosti (hodnota integrálu)
- y_L – výsledná hodnota úrovně připravenosti
- x_{Ld} – dolní mez pro určitou úroveň
- x_{Lh} – horní mez pro určitou úroveň

4) Rozdělení intervalu

Jako hlavní kritérium a startující bod je pro rozdělení intervalu $\langle 0;1 \rangle$ použita obecně definovaná úroveň 2. Úroveň 2 je definována jako **zavedené procesní řízení s plnou digitalizací**. Bylo tedy odhadnuto a stanoveno, že organizace na této úrovni by měla získat alespoň **40% bodů**. Při dosazení do vzorce (4) za koeficient $x = 0,4$ dostáváme vzorec (7):

$$y_l(x = 0,4) = \int_0^x (A \times B^x + C) dx = 2 \quad (7)$$

Hodnota konstant A, B, a C byla numericky vypočtená na základě podmínky ve vzorci (8).

$$\max \{x_1 = |\int_{x=0}^{x=0,4} (A \times B^x + C) dx - 2|, x_2 = |\int_{x=0}^1 (A \times B^x + C) dx - 6| \rightarrow 0 \quad (8)$$

Vypočtené parametry funkce:

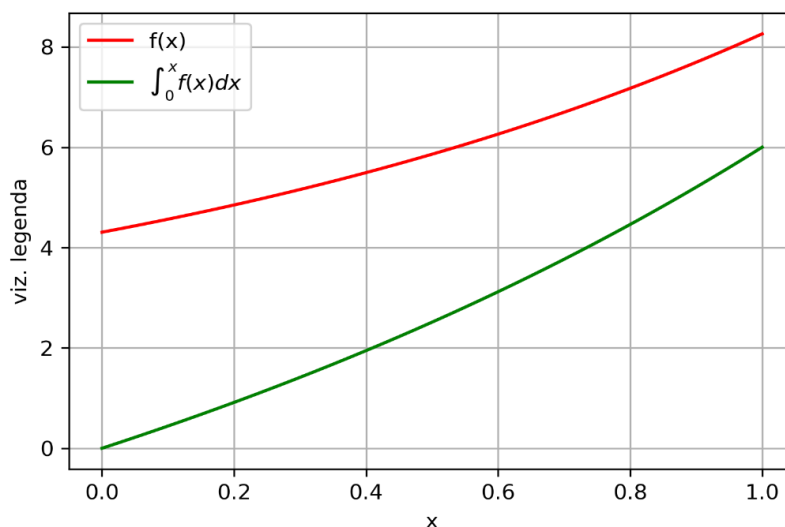
- $A = 2,862, B = 2,381, C = 1,4448$

Funkce y_l má tedy po dosazení parametrů A, B a C tvar uvedený ve vzorci (9):

$$y_l(x) = 2,8629 \times 2,3811^x + 1,4448 \quad (9)$$

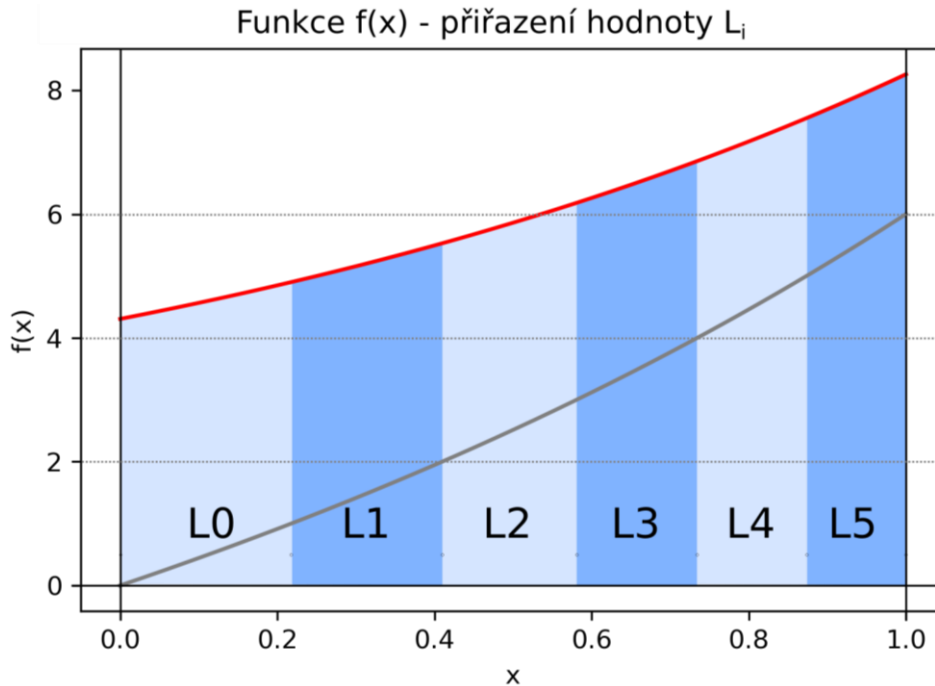
5) Graf funkce f(x) a navržené intervaly

Na Obrázku 5-2 jsou znázorněné funkce, které jsou použity pro rozdělení jednotlivých úrovní, do kterých jsou zařazeny vypočítané hodnoty koeficientů. Červená křivka představuje funkci $f(x)$. Po integraci této funkce dostáváme hodnotu velikosti plochy pod křivkou $f(x)$, kterou v grafu představuje zelená křivka.



Obrázek 5-2: Hodnota úrovně připravenosti v závislosti na hodnotě exponentu

Úrovně se určí velikostí plochy pod červenou křivkou v intervalu $\langle 0;1 \rangle$, kterou právě představuje zelená křivka. Každá úroveň je dána plochou o velikosti 1. Dosažená úroveň je proto největší celočíselný násobek plochy o velikosti 1, který lze realizovat na intervalu $\langle 0,x \rangle$. Geometrická interpretace je na Obrázku 5-3, na kterém je rozdělení intervalu pro úrovně připravenosti, a zde jsou barevně zvýrazněné velikosti jednotlivých úrovní.



Obrázek 5-3: Rozdělení intervalu pro úrovně připravenosti

V Tabulce 5-5 je pro každou ze šesti úrovní připravenosti uvedeno vypočítané rozmezí v intervalu $\langle 0;1 \rangle$.

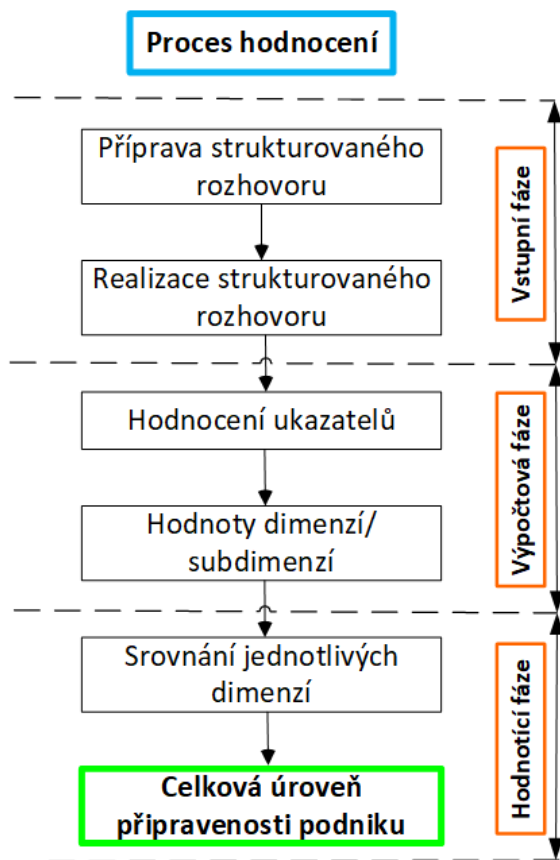
Tabulka 5-5: Rozmezí intervalu a korespondující úrovně

Úroveň	Rozsah intervalů	
	Od	Do
0	$\langle 0$	$0,2176)$
1	$\langle 0,2176$	$0,4096)$
2	$\langle 0,4096$	$0,5806)$
3	$\langle 0,5806$	$0,7342)$
4	$\langle 0,7342$	$0,8731)$
5	$\langle 0,8731$	$1 \rangle$

Meze intervalů jsou navrženy v souladu se vzorci (5) a (6).

6 Základní fáze hodnocení

Navržená metodika je zpracovávána a vytvářena v rámci „procesu tvorby“. Jedná se o pevně stanovené podklady skládající z dílčích kroků, které byly již představeny. Při aplikaci metodiky a sběru vstupních dat pro analyzování a hodnocení podniků je tento proces také rozdělen mezi dílčí fáze. Cílem je v podstatě zjištění současného stavu připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 pro všechny interní logistické procesy v celém podniku bez omezení a po vytvoření pevných podkladů musí být popsáno, jakým způsobem je metodika aplikována. Pro přehlednost je část týkající se aplikace metodiky s dílčími třemi fázemi, nazvaná jako „**proces hodnocení**“, schématicky znázorněna na Obrázku 6-1. Jsou stanoveny tři fáze a ze schématu je vidět, jaké dílčí kroky jsou náplní těchto jednotlivých fází.



Obrázek 6-1: Dílčí části procesu hodnocení a aplikace metodiky

Připravena byla finální podoba struktury interní logistiky, definovány byly úrovně pro hodnocení s následnou charakteristikou ukazatelů. Byly také stanoveny výpočtové vztahy pro výsledky nadřazených subdimenzí a dimenzí. Aby bylo možné získat vstupní data, musí být vytvořené všechny podklady pro strukturovaný rozhovor. I když jsou podklady pro strukturovaný rozhovor trvale platnými a zapadají do části procesu tvorby, jejich popis je vysvětlen v následující kapitole včetně aplikace rozhovoru v podniku.

Popisovanými hlavními třemi fázemi v části týkající se aplikace a hodnocení jsou:

- 1) **Fáze vstupní.**
- 2) **Fáze výpočtová.**
- 3) **Fáze hodnotící.**

Náplní první **vstupní fáze** je sběr vstupních dat. Dílčím cílem bylo stanovit systém hodnocení, jakým způsobem bude vlastně metodika aplikována do podniku. Jsou charakterizovány všechny ukazatele dle definovaných úrovní a tato zpracovaná charakteristika všech ukazatelů je v podstatě způsobem hodnocení. Ovšem jednoduše řečeno, „výtisknuté tabulky“ a charakteristiky ukazatelů nejsou ideálním způsobem, jak v podniku hodnotit současný stav připravenosti. Proto byl vytvořen jako nástroj pro sběr vstupních dat strukturovaný rozhovor s otázkami pro lepší pochopení ukazatelů, kde odpovědi na otázky korespondují přibližně s definicemi odpovídající charakteristice ukazatelů a úrovní. Po provedení strukturovaného rozhovoru je výstupem z této fáze přiřazení úrovní pro všechny ukazatele.

Návaznou na první fázi je **výpočtová fáze**. Vstupem do této fáze jsou přiřazené hodnoty ukazatelů. Na základě navrženého systému hodnocení, ve kterém jsou aplikovány vhodné matematické formulace, postupně docházíme k dílčím a celkovým výsledkům. Jedná se o výsledky úrovní připravenosti subdimenzí a dimenzí.

Výsledky druhé fáze jsou vstupem do poslední třetí fáze, která je nazvána jako **hodnotící fáze** a její náplní je „reportování výsledků“. V této fázi jsou zpracovávány výstupy z předešlé fáze pro stanovení celkové úrovně připravenosti celé interní logistiky v podniku. Dochází ke srovnání jednotlivých dimenzí a subdimenzí. Výsledné hodnocení by také mělo odkrývat oblasti, ve kterých je nízká úroveň. Součástí je také grafická podoba výsledků.

Navržená metodika má **charakter hlavně diagnostické metody pro určení úrovně připravenosti interních logistických procesů**. Je předpokladem, že **výsledné hodnocení také bude odkrývat tzv. úzká místa**. Jedná se o oblasti, ve kterých je hodnocení na nízkých úrovních a podnik by se na tato místa měl tedy zaměřit. Nicméně hlavní je tedy zejména diagnostický charakter – metodika posoudí připravenost, odhalí slabá a problematická místa (nízká úroveň připravenosti), ale nikoliv nedává přesné postupy k návrhovým opatřením, které by měly úroveň daných problematických oblastí zvyšovat

6.1 Podklady pro strukturovaný rozhovor a realizace

Na základě charakteristik ukazatelů dle definovaných úrovní je možné vytvořit podklady pro sběr vstupních dat. Sběr vstupních dat probíhá jednou z forem kvantitativního přístupu – **strukturovaným rozhovorem**. Jedná se o výzkumnou metodu a určité zásady a požadavky byly již zmíněny v kapitolách o vědeckých metodách, samozřejmě jsou také důležité určité kompromisy vzhledem k délce a časové náročnosti, psychické náročnosti, formě provedení a budoucím výsledkům. Rozhovor je koncipovaný do hloubky tématu interní logistiky, ale zároveň se drží určitých osnov. Tyto podklady jsou vytvořeny tak, že jsou tzv. pevnými a již se dále nemění jejich struktura. Nicméně data a výstupy jsou individuální dle podniku.

Cílem je tedy vytvořit takovou paletu otázek, která pokryje všechny hodnocené ukazatele. Odpovědi budou poté použity jako vstupní data do matematických výpočtů. Odpovědi na otázky korespondují přibližně s definicemi odpovídající charakteristice ukazatelů dle úrovní. Komunikace mezi tazatelem a respondentem je formalizovaná, zjištěné informace jsou zpracovatelné, dají se jednoduše třídit a srovnávat. Otázky mají tedy tento charakter:

- jsou **uzavřené**, tj. na otázku je několik variant odpovědí,
- jsou **výběrové**, tj. otázka má jednu odpověď,
- jsou **výzkumné** (meritorní) tj. jejich prostřednictvím získáváme potřebné informace.
- jsou **pevně stanovené** (nemění se s hodnoceným podnikem).

Jedná se samozřejmě o důležitou část podkladové části, protože odpovědi z rozhovoru budou následně zpracovávány a výsledky hodnocení celkové úrovně podniku značně závisí na kvalitě provedení rozhovoru. Celkově se jedná o čtyřicet šest otázek, to znamená co ukazatel, to jedna otázka.

To je samozřejmě opět poměrně rozsáhlou částí, proto seznam všech otázek je součástí **Přílohy č. 3 – Otázky pro strukturovaný rozhovor**. Nicméně pro názornou ukázkou jsou uvedeny otázky dvou ukazatelů, aby bylo naznačeno, jakou formou jsou otázky vytvořeny a předkládány do podniku. Otázky byly stanoveny a následně zpracovány v programu aplikace MS Excel. Jedná se tedy o to, že podklad pro rozhovor je zpracovaný elektronickou formou a odpadá činnost ručního přepisování odpovědí z formuláře, který je ručně vyplňován a je v papírové podobě. Ve vstupní fázi poprvé vstupuje do hodnocení nový subjekt – zástupce podniku. Ten se stává dotazovaným účastníkem, na kterého jsou také kladeny určité požadavky – kvalifikovaná osoba se znalostmi interních logistických procesů.

Každá z pěti dimenzí má v programu aplikace MS Excel svůj zvláštní list a v něm v tabulkové podobě připravené otázky. Dodržena je zejména přehlednost elektronických formulářů. Ukazatel má tedy svoji otázku, kterou představuje určitá tabulka, ve které jsou tyto pole:

- pole informativní – název subdimenze a název ukazatele,
- pole pro položenou otázku tázací větou,
- pole pro přesné odpovědi na otázku, odpovědi korespondující s definovanými ukazateli dle úrovní, v některých případech doplněno o číselné údaje, což plní pomocnou funkci pro výběr odpovědi,
- pole pro ovládací prvek formuláře – výběr odpovědi formou přepínače, v tomto případě to minimalizuje chybovost a vždy je vybrána pouze 1 odpověď,
- pole pro další poznámky.

Tyto pole jsou znázorněny na Obrázku 6-2, který představuje otázku pro ukazatel U1: Stupeň automatizace. Tento ukazatel spadá do dimenze D1: Manipulace a subdimenze SD1: Manipulační technika.

- U1: Stupeň automatizace

Tento ukazatel je používán ve většině dimenzí, neboť z hlediska implementace principů Průmyslu 4.0 je ukazatelem klíčovým. Automatizace a robotizace jsou moderními řešeními na poli průmyslové výroby. Dimenze manipulace má samozřejmě pro tyto řešení velký potenciál. Rozeznávají se zde principy a úrovně, dle kterých jsou procesy manipulace obsluhovány manuálně lidským personálem a tyto procesy postupně přechází v určitou mechanizaci, při níž stroje nahrazují člověka při namáhavé nebo stereotypně se opakující práci. Následně je pracováno s nástupcem mechanizace, tj. automatizací. To znamená, že lidskou činnost nahrazujeme technickými zařízeními, která sama vykonávají předem stanovené úkony, většinou za použití umělé inteligence. Umělá inteligence je souhrnným názvem pro strojové napodobení inteligentního jednání lidí. Tento ukazatel je dle úrovně ještě doprovázen číselným rozmezím v řádu procent, na kolik je naplněna automatizace interních logistických procesů.

D1: Manipulace			
SD1: Manipulační technika			
U1: STUPEŇ AUTOMATIZACE			
Otázka: Jak je ovládaná manipulační technika v podniku, případně jaký podíl v procentech zahrnuje její automatizace?			
Úroveň 0	Základní manipulační technika ovládaná manuálně člověkem bez nastavených procesů.	0%	<input type="radio"/>
Úroveň 1	Mechanizovaná manipulační technika ovládaná manuálně člověkem s nastaveným procesním řízením.	0%	<input type="radio"/>
Úroveň 2	Manipulační technika přechází na částečně automatizovanou při standardizovaných činnostech.	0% - 25%	<input type="radio"/>
Úroveň 3	Manipulační technika je více automatizovaná pro předem definované úkony s kooperací člověka.	25% - 50%	<input type="radio"/>
Úroveň 4	Manipulační technika je většinou automatizována a řízena IS. Člověk se podílí na rozhodování a plní roli kontrolora.	50% - 75%	<input checked="" type="radio"/>
Úroveň 5	Manipulační technika je komplexně automatizována, řízena IS. Autonomní řešení. Člověk pouze dohlíží a kontroluje.	75% - 100%	<input type="radio"/>
Další poznámky:			

Obrázek 6-2: Otázka pro U1: Stupeň automatizace

Uvedena je ještě jedna ukázková otázka, kde její hlavní pole jsou znázorněné na Obrázku 6-3.

Jedná se o otázku pro ukazatel U34: Systém zásobování pracovišť, který je součástí subdimenze SD11: Technologie zásobování, která spadá do hlavní dimenze D4: Zásobování. Základní pole otázek jsou tedy dané a jsou aplikované na všechny ukazatele, respektive jejich příslušné otázky. Všechny otázky jsou součástí **Přílohy č. 3 – Otázky pro strukturovaný rozhovor**.

D4: Zásobování		
SD11: Technologie zásobování		
U34: SYSTÉM ZÁSBOVÁNÍ PRACOVIŠŤ		
Otázka: Je v podniku stanoven systém zásobování pracovišť? Pokud ano, vyberte jaký.		
Úroveň 0	Není stanovený systém zásobování pracovišť, zásobování prováděno pracovníky na pokyn odpovědné osoby dle vizuální kontroly stavu zásob nebo od operátorů pracovišť.	<input type="radio"/>
Úroveň 1	Procesně nastavený systém zásobování, kde operátoři obsluhující techniku jsou naváděni průmyslovými metodami, stav zásob je zajišťován vizuální kontrolou, nebo požadavkem z výroby.	<input type="radio"/>
Úroveň 2	Procesně nastavený systém zásobování, který je řízen aktuální spotřebou materiálu na pracovišti a dle této signalizace je provedeno formalizované zásobování operátory obsluhující techniku se záznamem dat.	<input checked="" type="radio"/>
Úroveň 3	Nastavený systém zásobování podle pevně stanoveného zásobovacího plánu a harmonogramu, elektronická signalizace aktuální potřeby materiálu ve výrobě.	<input type="radio"/>
Úroveň 4	Dynamický zásobovací systém, na základě přístupu k datům z výroby a disponibilnímu množství (autonomní synchronizace).	<input type="radio"/>
Úroveň 5	Autonomní systém zásobování, kde obsluhování výroby probíhá formou decentralizovaného řízení dle aktuální potřeby, situace a vlastní sady dat komunikujících systémů.	<input type="radio"/>
Další poznámka:		

Obrázek 6-3: Otázka pro U34: Systém zásobování pracovišť

Každá ze subdimenzí je navíc doplněna příklady logistických technologií a prvků, které jsou využívány v podnicích a usnadní zařazení podniku na odpovídající úroveň, viz Obrázek 6-4.

PŘÍKLADY LOGISTICKÝCH TECHNOLOGIÍ A PRVKŮ		
Jaké logistické prvky a typy obalů jsou používány?		
Úroveň 0	Žádné chytré ani konektivní prvky obalu. Základní typy obalů.	<input type="checkbox"/>
Úroveň 1	Standardizovaný štítek pro přenos informací, bez technologie automatické identifikace.	<input type="checkbox"/>
Úroveň 2	Laserová čtečka QR kódů. Europaleta/KLT, přepravky/gitterbox s QR kódem. Čárové kódy, laserová čtečka, plastové přepravky.	<input checked="" type="checkbox"/>
Úroveň 3	NFC skener, KLT/europaleta s NFC čipem, beacon tagy, ohradové palety, GLT boxy.	<input type="checkbox"/>
Úroveň 4	Odlehčená plastová paleta s bluetooth čipem. Automatizované bluetooth zařízení detekující obaly. Smart labels (chytré etikety).	<input type="checkbox"/>
Úroveň 5	XL Motion přepravky, odlehčená skládací paleta z tvrdého plastu, lehké a odolné obaly. Smart labels (chytré etikety).	<input type="checkbox"/>

Obrázek 6-4: Příklady logistických technologií a prvků pro SD8

Na tomto obrázku jsou příklady technologií a prvků pro subdimenzi SD8: Druhy obalů a obalový materiál. Nicméně je důležité zmínit, že odpovědi na tyto otázky **nejsou zahrnuty** jako vstupní hodnoty do výpočtové fáze, jako je tomu u otázek pro ukazatele. Na celkové hodnocení nemají tedy vliv. Pro odpovědi je zvoleno zaškrtačací tlačítko v aplikaci programu MS Excel a je možné zvolit více odpovědí.

Pracovník podniku tedy odpovídá na všechny položené otázky vytvořené v elektronické podobě programu a tímto vykonáním je strukturovaný rozhovor ukončen. Cíleným **výstupem** jsou tedy **hodnoty úrovní všech ukazatelů** a tímto je ukončena vstupní fáze.

6.2 Hodnotící fáze

Cílem poslední fáze navrhované metodiky – **hodnotící fáze** je výsledné hodnocení připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 celé oblasti interní logistiky, a tedy veškeré dimenze jsou provázány. **Vstupy** do této fáze pro reportování výsledků jsou tedy:

- 1) **Hodnoty úrovní subdimenzí.**
- 2) **Hodnoty úrovní dimenzí.**

Tyto hodnoty jsou dostatečné pro stanovení úrovně připravenosti interní logistiky v podniku na koncept Průmyslu 4.0. Předpokládáno je také, že hodnoty budou dostatečné pro určení oblastí, které potřebují vylepšit, protože jejich úroveň je na nízkých hodnotách.

V Tabulce 6-1 jsou představeny souhrnně jen hlavní výsledky z výpočtové fáze pro ukázkou. Jedná se o výslednou úroveň subdimenzí a výslednou úroveň celé dimenze. Pro získání těchto výsledků byl aplikován navržený matematický aparát. Nejprve je přiřazena úroveň ukazateli ze strukturovaného rozhovoru, poté probíhají výpočty pro určení úrovně subdimenzí a následně pro získání výsledné úrovně připravenosti celé dimenze.

Tabulka 6-1: Příklad a ukázkou výsledků pro dimenzi skladování

Dimenze	Subdimenze	Ukazatele	Úroveň ukazatele	Výsledný interval - subdimenzí	Součet získaných bodů	Výsledná úroveň	Výsledný interval - celkový	Výsledná úroveň - celková
D2	SD4	U10	3	0,65	13	3	0,4909	2
		U11	4					
		U12	3					
		U13	3					
	SD5	U14	2	0,45	9	2		
		U15	3					
		U16	2					
		U17	2					
	SD6	U18	1	0,33	5	1		
		U19	1					
U20		3						

Výsledky z hodnotící fáze jsou v podstatě finálními výstupy metodiky. Na hodnotící fázi již nenavazuje žádná část, navržená metodika nestanovuje žádné následné akce ani nedoporučuje

další postup, je tímto hodnocení u konce. Nicméně v rámci hodnotící fáze je možné získat tyto **výstupy** a dvě oblasti výsledků:

a) **Celková úroveň připravenosti podniku, propojení dimenzí v celkovou úroveň.**

b) **Srovnání jednotlivých dimenzí a nalezení nejslabšího článku systému.**

Pokud bychom uvedli všechny výsledky, jedná se dohromady o tyto čtyři hlavní skupiny dílčích výsledků z metodiky:

- Hodnota úrovně jednotlivých ukazatelů.
- Hodnota úrovně subdimenzí.
- Hodnota úrovně dimenzí.
- Celkové hodnocení oblasti interní logistiky a přiřazení výsledné úrovně.

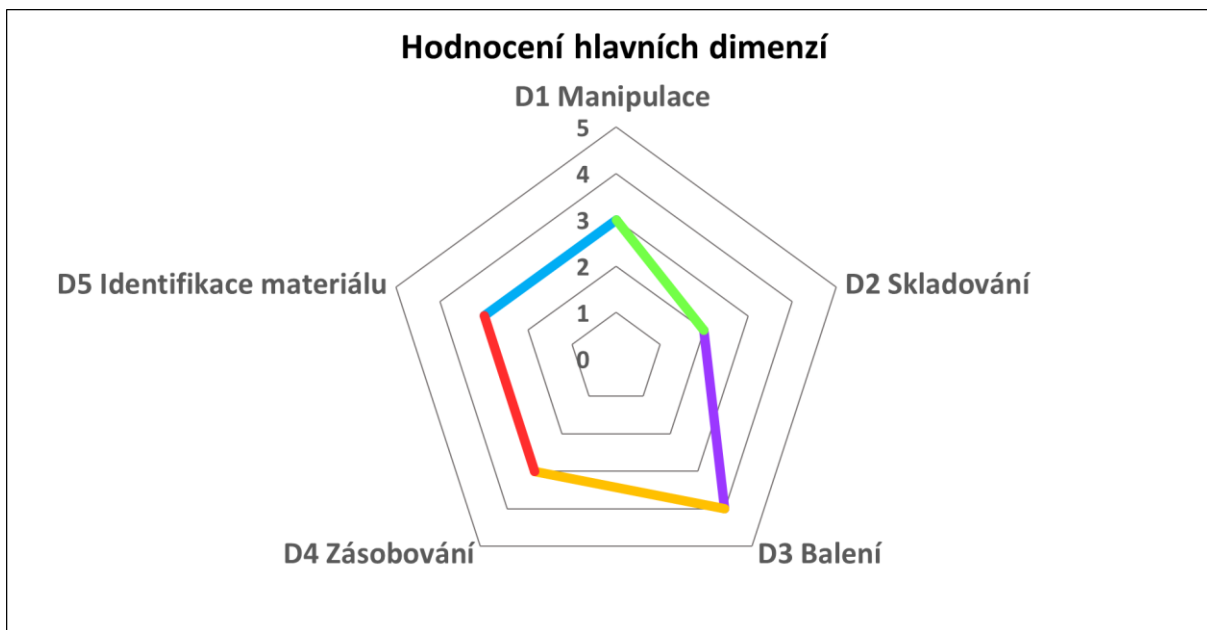
6.2.1 Celková úroveň připravenosti podniku

Jedním z hlavních výstupů z hodnotící fáze je stanovení celkové úrovně připravenosti interní logistiky. Vstupními hodnotami pro stanovení celkové úrovně jsou úrovně dimenzí D1 Manipulace, D2 Skladování, D3 Balení, D4 Zásobování a D5 Identifikace materiálu. Pro ukázkou je vytvořena Tabulka 6-2, ve které jsou jednotlivé hlavní dimenze s bodovým přidělením a následným zařazením. Dle počtu ukazatelů je stanoven maximální počet bodů, tyto body se použijí do operace podílu se získanými body a výsledkem je hodnota koeficientu, která je zařazena do určitého rozmezí v intervalu. Na základě využití funkce FCELEVEL integrované do programu aplikace MS Excel je stanovena výsledná úroveň. V Tabulce 6-2 jsou vzorová čísla pro znázornění. K tabulce je následně vytvořen graf, který doprovází výsledky hodnocení.

Tabulka 6-2: Ukázka výsledného hodnocení celkové úrovně

	Dimenze	Maximum bodů	Získané body	Výsledný interval	Výsledná úroveň
D1	Manipulace	45	29	0,644	3
D2	Skladování	55	27	0,491	2
D3	Balení	45	36	0,8	4
D4	Zásobování	50	31	0,62	3
D5	Identifikace materiálu	35	20	0,667	3
Výsledné hodnocení komplexní oblasti interní logistiky		230	143	0,636	3

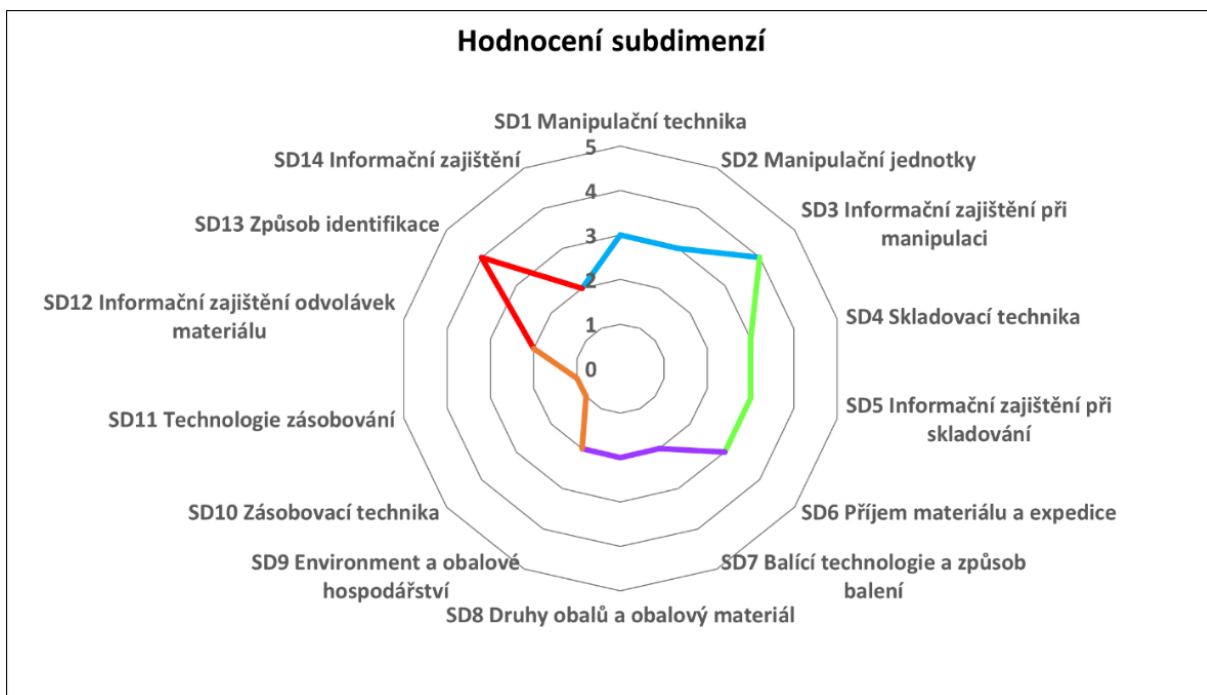
Výsledné hodnocení oblasti interní logistiky je ovlivněno jednotlivými dimenzemi. Pro lepší přehlednost je vytvořen paprskový graf (hvězdicový či pavučinový graf), kde jsou jednoznačně vidět hodnoty úrovní s hlavními dimenzemi. Tento graf vykresluje hodnoty každé kategorie do samostatné osy, která začíná ve středu grafu a končí na vnějším prstenci. Na Obrázku 6-5 je vzorová ukázkou grafu s hodnotami úrovní hlavních dimenzí.



Obrázek 6-5: Ukázka grafického hodnocení připravenosti hlavních dimenzí

Úroveň interní logistiky v podniku je ovlivněna oblastmi, které mají nejnižší hodnocení. To by měl podnik pro zvýšení úrovně připravenosti změnit.

Na Obrázku 6-6 je vzorová ukázka paprskového grafu s hodnocením všech čtrnácti subdimenzí.



Obrázek 6-6: Ukázka grafického hodnocení připravenosti subdimenzí

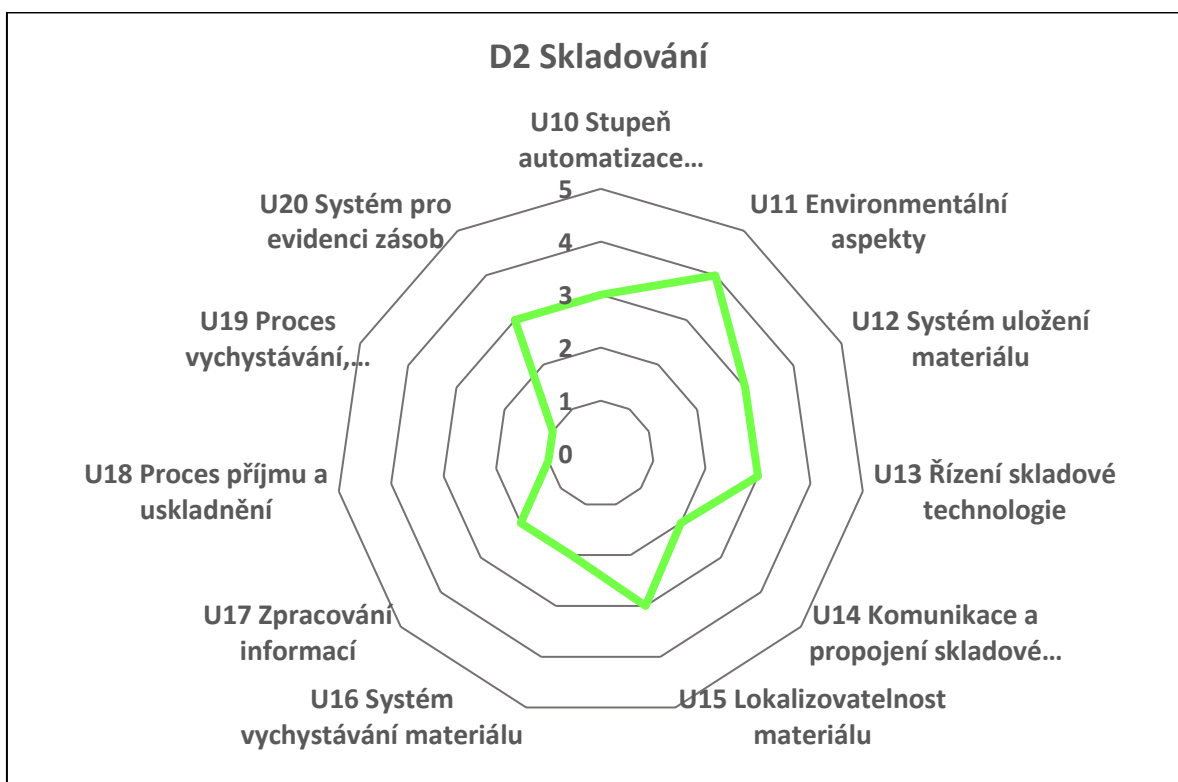
6.2.2 Srovnání jednotlivých hlavních dimenzí

Záměrem metodiky je analyzovat současný stav a vyhodnotit připravenost interních logistických procesů na Průmysl 4.0. Jak bylo zmíněno v rámci páté kapitoly o navržené struktuře interní logistiky, byl do jejího návrhu zakomponován tzv. systémový přístup

a hodnocení probíhá od nejnižších elementů. Proto v dílčích oblastech, kde vychází nízké úrovně, je předpokládáno začít dělat taková opatření, která úroveň následně zvýší.

Nicméně díky systémovému přístupu je možné udělat detailní analýzu se zjištěním nejslabších míst v jakékoliv dimenzi. Je tedy možné získat nejhůře hodnocení dílčí oblasti. Tyto oblasti jsou tzv. faktorem, který nejvíce ovlivňuje celou dimenzi. Z předešlého ukázkového hodnocení dimenzí v Tabulce 6-6 je vidět, že nejslabší je dimenze D2: Skladování, která má hodnota úrovně 2. Právě tato dimenze nejvíce ovlivňuje celkové hodnocení, a proto by měla být předmětem nápravných opatření.

K této analýze také je možné použít grafické hodnocení. Pro ukázkou je zde znázorněn graf hlavní dimenze D2: Skladování na Obrázku 6-7, jako nejslabší dimenze z celkového hodnocení. V grafu jsou jednotlivé ukazatele s jejich hodnotami. Jedná se o třetí úroveň struktury interní logistiky a je to tedy nejvíce detailní hodnocení v rámci této metodiky. V grafu jsou hodnoty ukazatelů, které byly přiřazeny v rámci vykonaného strukturovaného rozhovoru.



Obrázek 6-7: Ukázka grafického hodnocení celé dimenze s jednotlivými ukazateli

V Tabulce 6-3 jsou dále uvedeny pro ukázkou vypočtené hodnoty jednotlivých subdimenzí.

Tabulka 6-3: Ukázkové hodnocení subdimenzí pro dimenzi skladování

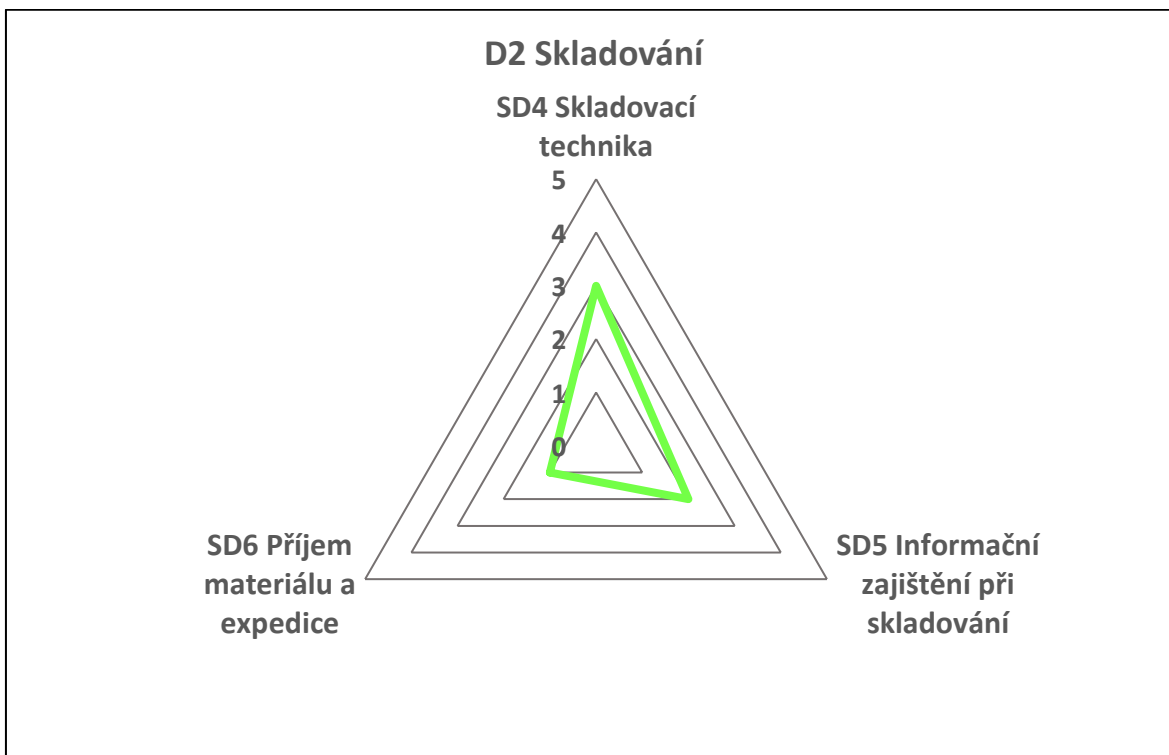
Dimenze – D2: Skladování	
Subdimenze	Výsledná úroveň
SD4: Skladovací technika	3
SD5: Informační zajištění při skladování	2
SD6: Příjem materiálu a expedice	1

Jak je z ukázkových výsledných hodnot patrné, nejnižší úrovní v rámci dimenze D2: Skladování disponuje subdimenze SD: Příjem materiálu a expedice. V Tabulce 6-4 jsou zase pro ukázkou uvedeny hodnoty ukazatelů, které pokrývají danou subdimenzi a ovlivňují tedy výsledné hodnoty subdimenze.

Tabulka 6-4: Ukázkové hodnocení ukazatelů pro subdimenzi

Subdimenze – SD6: Příjem materiálu a expedice	
Ukazatele	Výsledná úroveň
U18: Proces příjmu a uskladnění	3
U19: Proces vychystávání, kompletace a expedice	2
U20: Systém pro evidenci zásob	1

Následně je uveden graf na Obrázku 6-8, ve kterém jsou data z přípravné fáze vypočteny, a graf je již informativní, protože dává dohromady výsledky hodnot úrovní ukazatelů.



Obrázek 6-8: Grafické hodnocení celé dimenze s jednotlivými subdimenzemi

6.3 Podpůrný program pro metodiku v aplikaci MS Excel

Vhodným požadavkem pro navrženou metodiku je také zpracování určitého systému hodnocení připravenosti. Systém je vhodné mít zpracovaný v elektronické podobě, proto způsob vyhodnocování (analytická a grafická podoba) je ve vytvořeném programu aplikace MS Excel. V tomto programu je zpracována část pro sběr vstupních dat. Tyto data jsou získány formou strukturovaného rozhovoru se zástupcem podniku. Výhodou tedy je, že odpadá zpracování z papírové podoby výsledků strukturovaného rozhovoru (vstupních dat) do elektronické podoby pro následné výpočty. Položeno zástupci podniku je celkem čtyřicet šest otázek

a všechny jsou zpracované v elektronické podobě. Každá z pěti dimenzí je zpracována na zvláštním listu, který obsahuje všechny příslušné otázky a rozdělení dimenzí do subdimenzí.

Protože otázky jsou zpracované v elektronické podobě a je jich poměrně velký počet, bylo důležité stanovit vhodnou formu pro odpovědi. Je již známo ze vstupní fáze, že odpovědi korespondují s charakterizovanými ukazateli dle úrovně a každá otázka má tedy na výběr ze šesti možností (0. – 5. úroveň). Pro výpočty je používán princip bodového systému a přiřazením (vybráním) úrovně jsou v podstatě přidělovány body. Jednoduše řečeno, odpovědi získáváme rovnou počet bodů na tázaný ukazatel.

Pokud chceme zjednodušit vkládání dat do formuláře, můžete do něj vložit ovládací prvky, jako jsou zaškrťovací políčka nebo přepínače. Zaškrťovací políčka jsou vhodná pro formuláře s více možnostmi. Přepínače je lepší použít, když má uživatel jenom jednu možnost. To je právě případ v metodice pro odpovědi v rámci strukturovaného rozhovoru. Každá otázka má jenom jednu odpověď. Pro všechny odpovědi jsou integrovány do MS Excel přepínače (tzv. radiobuttony). Ze sady přepínačů jde vybrat pouze jeden, ostatní se přizpůsobí. Je to několik bílých koleček, kdy do jednoho z nich (ale vždy jen do jednoho) se kliknutím přidá černý puntík a tím se vybere požadovaná možnost. Tím jsou tedy přepínače samy o sobě hotové. Je ale potřeba zajistit, aby se zaškrtnutá odpověď promítla do hodnocení. Do pole *Propojení s buňkou* je zadán odkaz nové buňky obsahující aktuální stav přepínače (hodnota úrovně). Jakmile se změní odpověď a přepínač, mění se automaticky také hodnota. Souhrnně tedy lze poznamenat, že odpověď pro každou otázku je vybrána pomocí přepínače, který automaticky dává hodnoty korespondující s počtem bodů dle odpovědi.

Výsledky jsou souhrnně uvedeny na zvláštním listu analytického hodnocení výsledků včetně grafického zobrazení hodnot. Využity jsou matematické funkce na principech, které byly vysvětleny ve výpočtové fázi metodiky. Zmíněna je ještě funkce, která byla stanovena a integrována do programu MS Excel a nahrazuje v podstatě nepřehledné vzorce. Tato funkce pojmenovaná „FCELEVEL“ zjednodušuje práci s úrovněmi. Po výpočtech výsledné hodnoty přísluší koeficient určitému intervalu, který má rozmezí a právě stanovená funkce zařazuje koeficient do rozmezí intervalů pro výslednou hodnotu úrovně. To znamená, že díky funkci dostáváme výslednou úroveň, která koresponduje s navrženým intervalem.

Funkce se zapisuje klíčovým slovem function, následovaným závorkami, ve kterých jsou definovány argumenty. Zápis jednoduché funkce je na Obrázku 6-9.

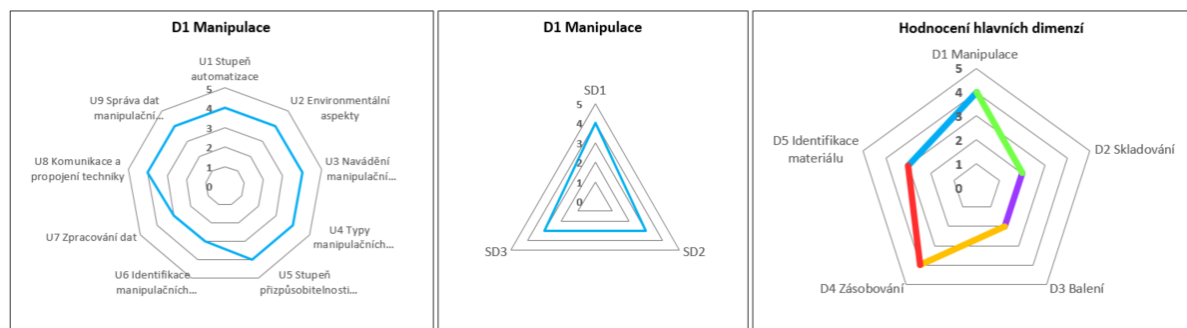
```
Function FCELEVEL(cislo)
  If (-0.001 <= cislo) And (cislo < 0.21) Then
    FCELEVEL = 0
  ElseIf (0.21 <= cislo) And (cislo < 0.4) Then
    FCELEVEL = 1
  ElseIf (0.4 <= cislo) And (cislo < 0.57) Then
    FCELEVEL = 2
  ElseIf (0.57 <= cislo) And (cislo < 0.73) Then
    FCELEVEL = 3
  ElseIf (0.73 <= cislo) And (cislo < 0.87) Then
    FCELEVEL = 4
  ElseIf (0.87 <= cislo) And (cislo <= 1.001) Then
    FCELEVEL = 5
  Else
    FCELEVEL = -1
  End If
End Function
```

Obrázek 6-9: Zápis funkce FCELEVEL pro přiřazení úrovně

Vše je tedy zpracováno v elektronické podobě ve vytvořeném programu aplikace MS Excel. Výhodou je také možné sdílení souborů vzhledem k rozšířenosti MS Excel. Výsledky jsou v analytické a grafické podobě.

Vzhledem k rozsahu a čitelnosti je zde vložena na Obrázku 6-10 jen ukázka z aplikace pro jednu dimenzi, kde jsou hodnoty a výsledky v tabulkách a v grafech.

Dimenze - Manipulace									
Dimenze	Subdimenze		Ukazatele	Úroveň - ukazatel	Výsledný interval - subdimenze	Součet získaných bodů	Výsledná úroveň	Výsledný interval - dimenze	Výsledná úroveň - dimenze
D1	SD1	U1	Stupeň automatizace	4	0,8	12	4	0,756	4
		U2	Environmentální aspekty	4					
		U3	Navádění manipulační techniky	4					
	SD2	U4	Typy manipulačních jednotek	4	0,73	11	3		
		U5	Stupeň přizpůsobitelnosti k manipulaci	4					
		U6	Identifikace manipulačních jednotek	3					
	SD3	U7	Zpracování dat	3	0,733	11	3		
		U8	Komunikace a propojení techniky	4					
		U9	Správa dat manipulační techniky	4					



Obrázek 6-10: Ukázka analytického a grafického hodnocení v MS Excel

7 Ověření navržené metodiky a ověření hypotéz

Náplní této kapitoly je ověření navržené metodiky pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0. Aplikací metodiky jsou získávány reálná data z průmyslových podniků a výstupy jsou porovnávány s předpoklady, které byly uvažovány během návrhu metodiky. V rámci výzkumného záměru disertační práce byly stanovené hypotézy, se kterými koresponduje ověření metodiky a stanovené hypotézy jsou potvrzeny nebo vyvráceny.

Součástí plánu výzkumu je rozhodnutí o počtu hodnocených podniků a způsobu jejich výběru. U kvantitativních šetření je cílem výběru zajistit takové množství respondentů, které bude technicky možné oslovit a zároveň jejich výběr bude charakterově odrazem základního souboru. Základní soubor zahrnuje všechny podniky, u kterých chceme zjišťovat platnost hypotéz. Pro správnost závěrů je potřebné, aby **výběrový vzorek byl reprezentativní**.

Vstupní data jsou získávána provedením strukturovaného rozhovoru s pracovníkem hodnoceného podniku, kterým ve většině případů je vedoucí úseku logistiky nebo jeho zástupce. Pro dodržení reprezentativity ověření menší studie byla metodika aplikována celkem do 29 různých průmyslových podniků v rámci České republiky. Hodnocené podniky jsou buď české, nebo se jedná o mezinárodní podniky, které zde mají jednu z několika světových poboček. Většina hodnocených podniků se nachází v Plzeňském kraji (23 podniků). Aby byla zajištěna objektivita celého ověření metodiky, byla aplikace provedena na všechny podniky bez ohledu na jejich hlavní atributy.

Mezi charakteristiky, které vytvářely rozmanitost hodnocených podniků, patří:

- **Průmyslová odvětví**
 - automotive (13 podniků),
 - strojírenství (11 podniků),
 - elektrotechnika (5 podniků).
- **Velikost podniku**
 - malé a střední podniky,
 - velké podniky (velké podniky rozděleny do 2 skupin).
- **Počet zaměstnanců**
- **Typ výroby podle stupně opakovatelnosti**
 - kusová/malosériová (8 podniků),
 - sériová (14 podniků),
 - velkosériová (7 podniků).
- **Výrobní program**

Ověření se zabývá analýzou dat z aplikované metodiky (zejména hodnotami celkové připravenosti, hodnotami dimenzí, subdimenzí a jejich ukazatelů), které srovnává s obecnými charakteristikami podniku. V následujících kapitolách jsou uvedeny výstupy aplikace. Výstupy jsou rozděleny dle různých kritérií a některé rozsáhlé výstupy jsou souhrnně uvedeny také v přílohách. Závěrem jsou ověřovány stanovené hypotézy.

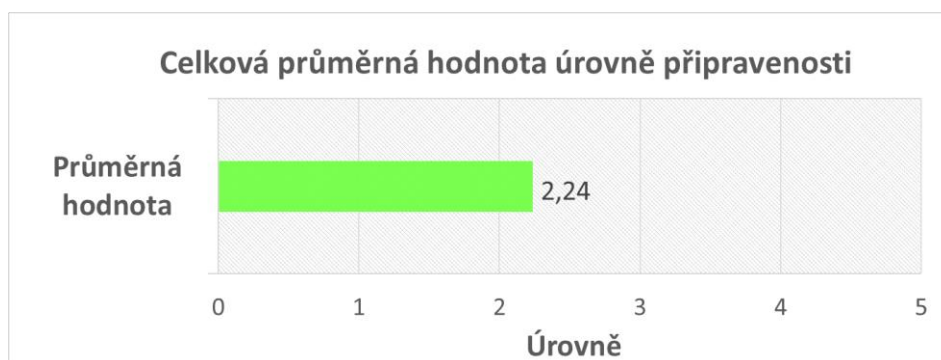
7.1 Ověření metodiky

Osloveno bylo více než 50 průmyslových podniků, nicméně některé z nich neměly zájem a nechtěly být analyzovány a vyhodnoceny, protože vyjma NC a CNC strojů (počítačové číslicové řízení), které jsou již součástí všech pracovišť zaměřených na strojírenskou výrobu, podniky žádnou jinou automatizací nedisponují a ani ji například neplánují zavádět. Umocněno je to také tím, že se jedná o zavádění automatizace a technologií Průmyslu 4.0 do oblasti interní logistiky jako do nevýrobní oblasti. Z toho vyplývá, že některé podniky výsledek nezajímá, navíc se jedná o soukromé subjekty, které nechtějí výsledky ani zveřejňovat. Analyzované průmyslové podniky jsou záměrně v disertační práci uvedeny jako anonymní. Nicméně hlavní charakteristiky podniku, které nejsou na údaje citlivé, jsou uvedeny.

Různorodost výběru průmyslových podniků dokazují jejich charakteristiky, protože pro zajištění objektivitu celého ověření metodiky bylo cíleno na všechny podniky bez ohledu na jejich velikost nebo předmět podnikání. V analyzovaném a hodnoceném vzorku je zastoupení nejen velkých a středních podniků, ale také několik malých podniků s nízkým počtem zaměstnanců. Pro odvětví průmyslu zde nechybí zastoupení silného sektoru automotive jako stěžejního průmyslového odvětví a také nechybí zastoupení strojírenských podniků. Právě u těchto podniků pro efektivní výrobu mohou například CNC stroje kooperovat s průmyslovými roboty v oblasti manipulace. Tyto dva velké sektory jsou doplněny ještě o podniky z oblasti elektrotechniky. Seznam všech podniků s jejich hlavními charakteristikami je souhrnně uveden v **Příloze č. 4 – Seznam hodnocených podniků a jejich hlavní charakteristika**.

7.1.1 Výstupy aplikace (ověření)

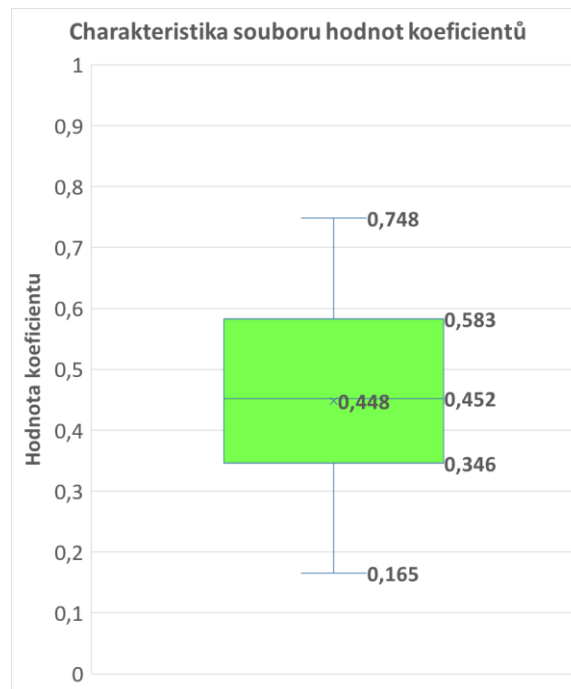
Přiřazené hodnoty úrovní všem 46 ukazatelům, z nich vypočítané hodnoty 14 subdimenzí, 5 dimenzí a celková úroveň interní logistiky pro všechny podniky jsou uvedeny přehledně v tabulce, která je součástí **Přílohy č. 5 – Seznam podniků s bodovým hodnocením subdimenzí a dimenzí**. Jednou z prvních výsledných hodnot, kterou po provedení datové analýzy dostáváme, je **celková průměrná hodnota úrovně připravenosti** celé oblasti interní logistiky na koncept Průmyslu 4.0 napříč všemi hodnocenými průmyslovými podniky. Tato hodnota v podobě aritmetického průměru je uvedena na Obrázku 7-1.



Obrázek 7-1: Celková průměrná hodnota úrovně připravenosti všech podniků

Jedná se o průměrnou hodnotu úrovně připravenosti pro celou oblast interní logistiky v podnicích, která zahrnuje všechny hodnocené ukazatele a výsledná hodnota poskytne podniku reálný obraz připravenosti interní logistiky. Nicméně celkovou průměrnou hodnotou úrovně připravenosti je třeba doplnit dalšími výstupními vypovídajícími hodnotami. Jádrem navržené metodiky je tří úrovněová struktura interní logistiky a proto je nutné v rámci datové analýzy jít více do hloubky a analyzovat výsledky dílčích oblastí (dimenze, subdimenze, ukazatele).

„Krabicový graf“ na Obrázku 7-2 zobrazuje charakteristiku souboru hodnot výsledných koeficientů pomocí kvartilů. Hodnoty koeficientů přibližně odpovídají hodnotám úrovní. Minimum a maximum jsou okrajové čárky, horní a dolní kvartil jsou hrany obdélníků, medián je čára a průměr je křížek. Hodnota koeficientu 0,748 je nejvyšší a patří Podniku 26, u kterého vyšla celková připravenost interní logistiky v úrovni 4. Průměrná hodnota koeficientu za všechny podniky je 0,448.



Obrázek 7-2: Charakteristika souboru hodnot koeficientů

První část struktury představují dimenze, kterých je celkem pět a jejich průměrné hodnoty za všechny podniky jsou uvedeny na Obrázku 7-3.

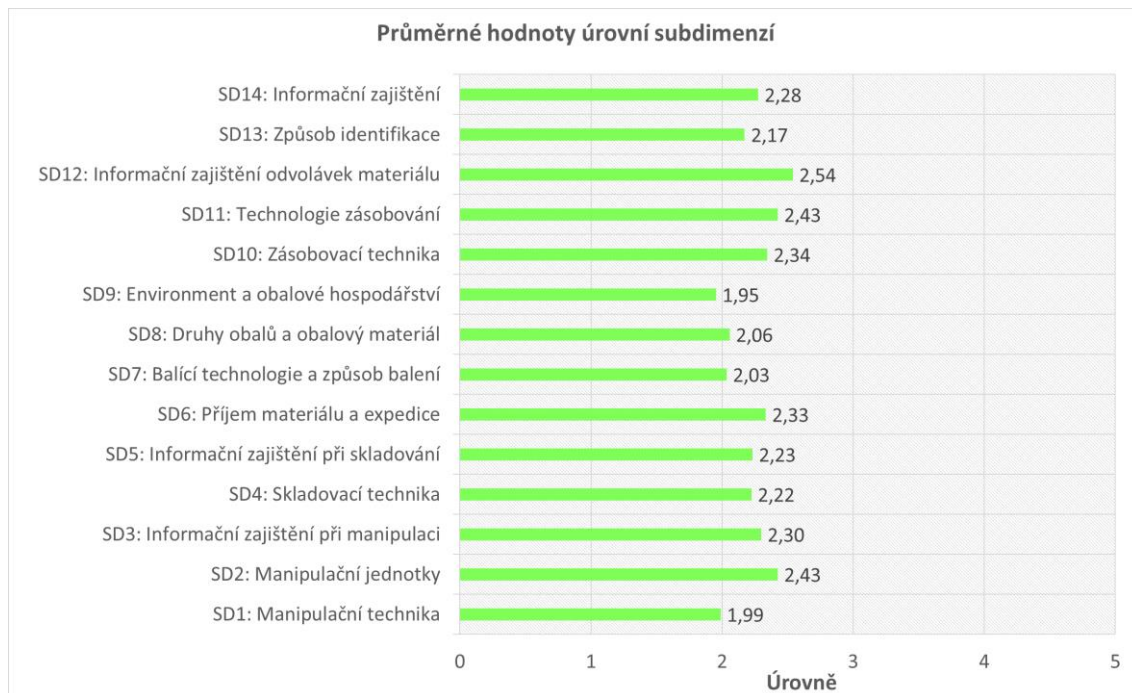


Obrázek 7-3: Průměrné hodnoty úrovní dimenzí všech podniků

Průměrné hodnoty pěti dimenzí korespondují s celkovou průměrnou hodnotou úrovně připravenosti (průměrná hodnota je 2,42). Jak je z Obrázku 7-3 patrné, průměrné hodnoty dimenzí mají velmi podobné hodnoty. Je možné konstatovat, že nejslabší analyzovanou dimenzí za všechny analyzované průmyslové podniky v České republice je dimenze D3: Balení, mezi nejlépe hodnocené dimenze patří D4: Zásobování. Zbylé tři dimenze mají velmi podobné výsledné hodnoty s minimálními rozdíly.

Subdimenze jsou druhou částí struktury interní logistiky a každá dimenze se skládá z 2-3 subdimenzí. Výstupem další analýzy jsou průměrné hodnoty jednotlivých subdimenzí opět za všechny průmyslové podniky a jsou uvedeny na Obrázku 7-4.

Graf na Obrázku 7-4 má lepší vypovídající schopnost než průměrné hodnoty dimenzí a z grafu je patrné, že mezi nejlépe hodnocené subdimenze z hlediska připravenosti za všechny podniky patří subdimenze SD2: Manipulační jednotky, SD6: Příjem materiálu a expedice, SD10: Zásobovací technika, SD11: Technologie zásobování a SD12: Informační zajištění odvolávek materiálu. Nejnížší hodnoty vykazují subdimenze, které patří do dimenze D3: Balení a to podtrhuje nízkou průměrnou hodnotu z předešlého grafu. Dalšími slabšími místy napříč podniky jsou SD1: Manipulační technika a SD13: Způsob identifikace.

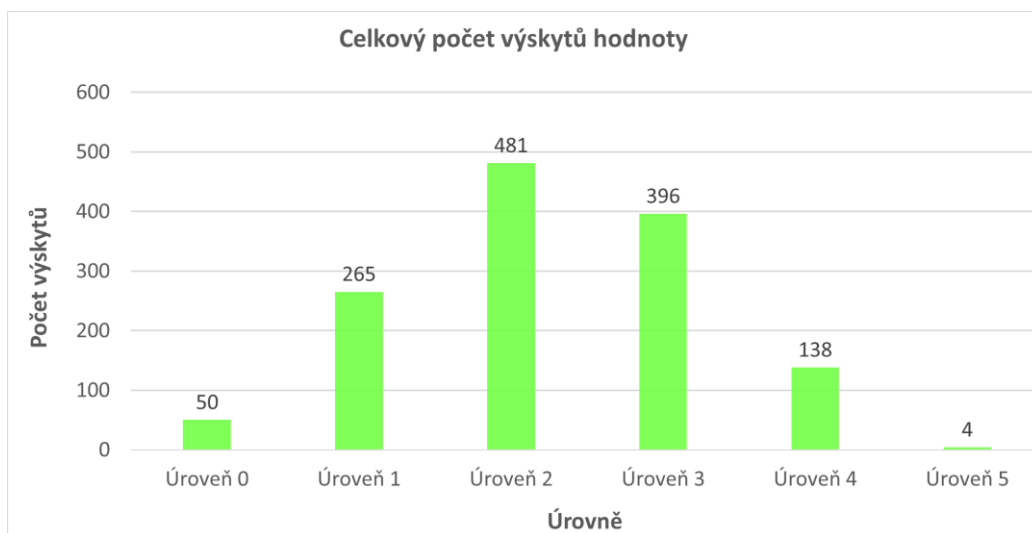


Obrázek 7-4: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí všech podniků

Každá subdimenze se skládá z 3-4 ukazatelů a jedná se o nejdetailejší výstup průměrných hodnot za všechny podniky. Graf znázorňující průměrné hodnoty všech ukazatelů za všechny podniky je vzhledem k velikosti součástí **Přílohy č. 6 – Průměrné hodnoty a celkový počet výskytů hodnoty úrovně pro ukazatele za všechny podniky**. Z grafu hodnot všech ukazatelů jasně vyplývá, že nejnižší průměrnou hodnotu mají logicky některé ukazatele z dimenze D3: Balení, konkrétně ukazatel U21: Stupeň automatizace, U27: Postoj podniku k obalovému hospodářství a U29: Environmentální aspekty. Dalšími místy, která mají nižší hodnotu úrovně připravenosti, a jedná se tedy o potenciální místa pro zvýšení připravenosti, jsou oblasti v dimenzi D2: Skladování, ve které se jedná o ukazatel U15: Lokalizovatelnost materiálu a U18: Proces příjmu a uskladnění. Nižší hodnoty také vykazují všechny ukazatele, které se

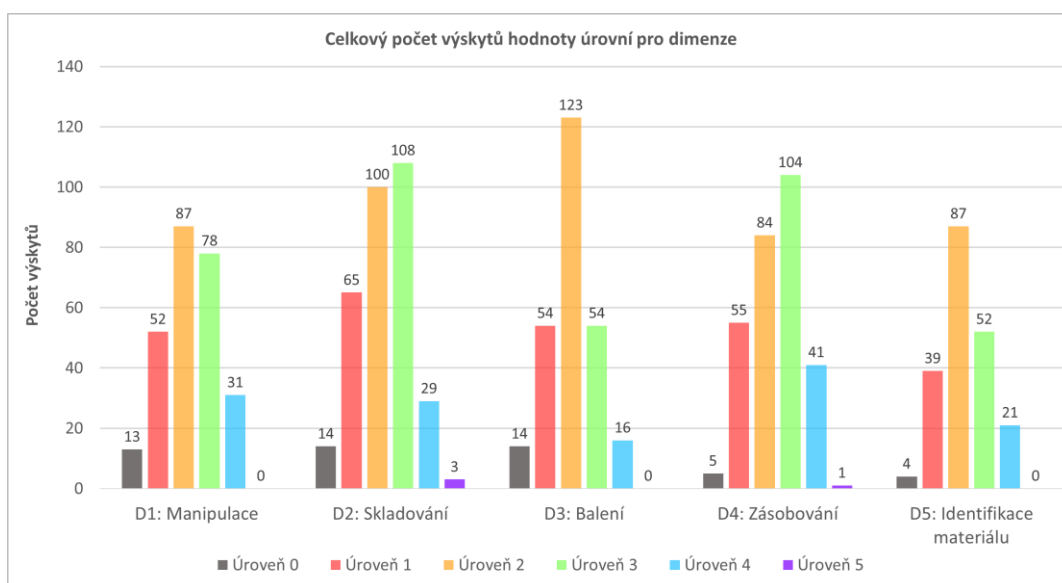
týkají environmentálního hlediska manipulační a skladové techniky a také informačního zajištění, které se objevuje jak v oblasti manipulace, tak i skladování.

Analyzované výstupy z metodiky představují agregovaná data, která vypovídají pouze o průměrné hodnotě úrovně připravenosti interní logistiky. Proto tyto průměrné hodnoty byly doplněny výsledky četností, tj. **počty výskytů hodnot v rámci analyzované oblasti**. Obrázek 7-5 znázorňuje celkový počet výskytů hodnoty jedné z úrovní za všechny hodnocené podniky pro celou oblast interní logistiky. Jak je z grafu patrné, nejvíce byla přiřazena při sběru vstupních dat a strukturovaném rozhovoru **úroveň 2 (481x)** a po ní následně **úroveň 3 (396x)**. Dle očekávání naprosté minimum má úroveň 5 a také úroveň 0.



Obrázek 7-5: Celkový počet výskytů hodnot úrovní za všechny podniky

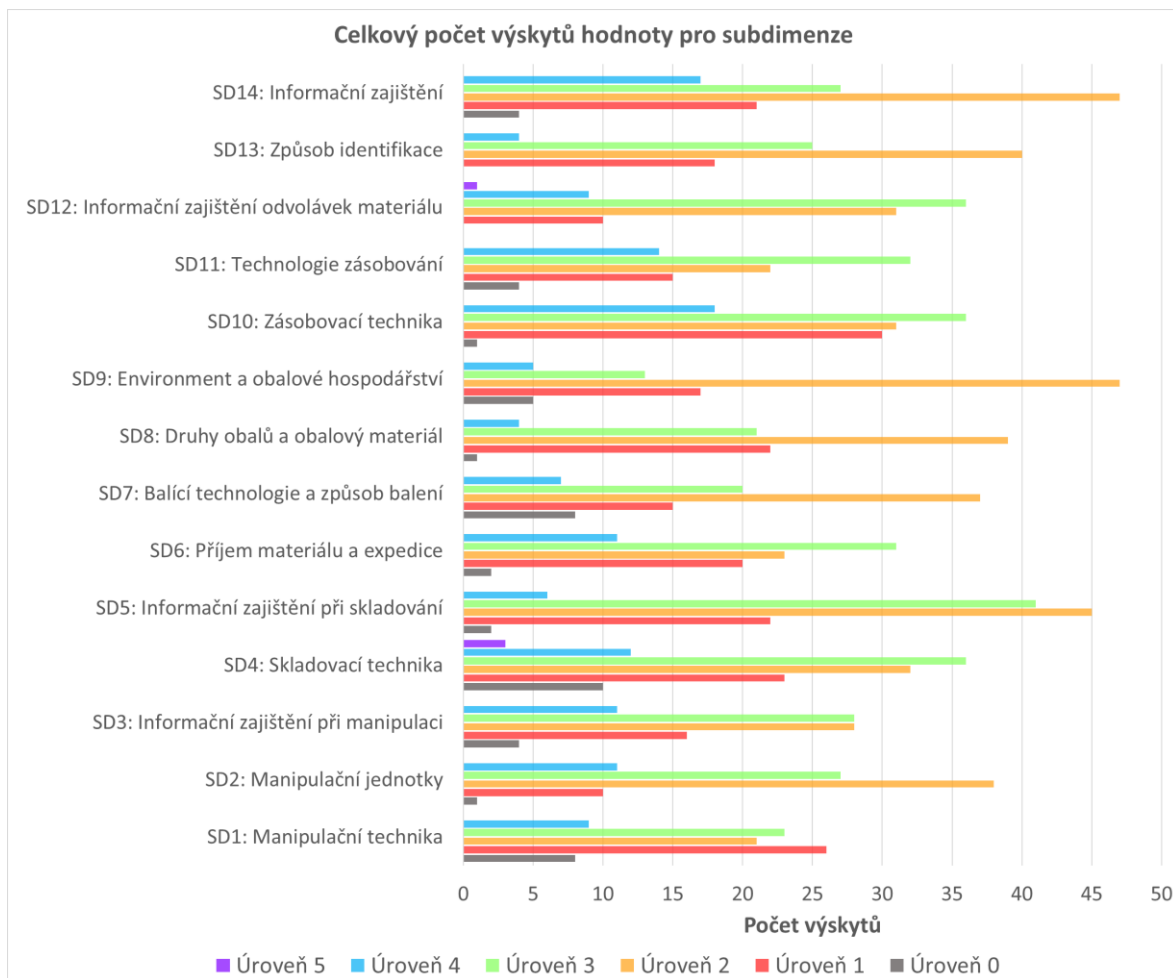
Uvedeny jsou také četnosti pro první část struktury interní logistiky – dimenze na Obrázku 7-6.



Obrázek 7-6: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní dimenzí za všechny podniky

Obrázek představuje skupinový pruhový graf, na kterém je graficky s číselným popisem uveden celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro dimenze. Zřetelná je dominance úrovně 2 a úrovně 3. Poté je vybírána úroveň 1, úroveň 4 má ještě menší počet výskytů.

O trochu detailnější přehled o četnosti přiřazených úrovní doplňuje Obrázek 7-7, na kterém je graf znázorňující celkový počet výskytů hodnot úrovní pro subdimenze.



Obrázek 7-7: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní subdimenzí za všechny podniky

Přehled celkového počtu výskytů hodnot úrovní pro všechny ukazatele je stejně jako přehled průměrných hodnot ukazatelů součástí **Přílohy č. 6 – Průměrné hodnoty a celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro ukazatele za všechny podniky.**

7.1.2 Výstupy aplikace dle průmyslového odvětví

Nasbíraná data lze analyzovat dle dalších hledisek a výsledné hodnoty úrovní porovnávat podle kritérií, jako jsou například:

- průmyslová odvětví (automotive, strojírenství, elektrotechnika),
- velikost podniku dle počtu zaměstnanců (malý, střední, velký),
- typ výroby dle opakovatelnosti (kusová/malosériová, sériová, velkosériová).

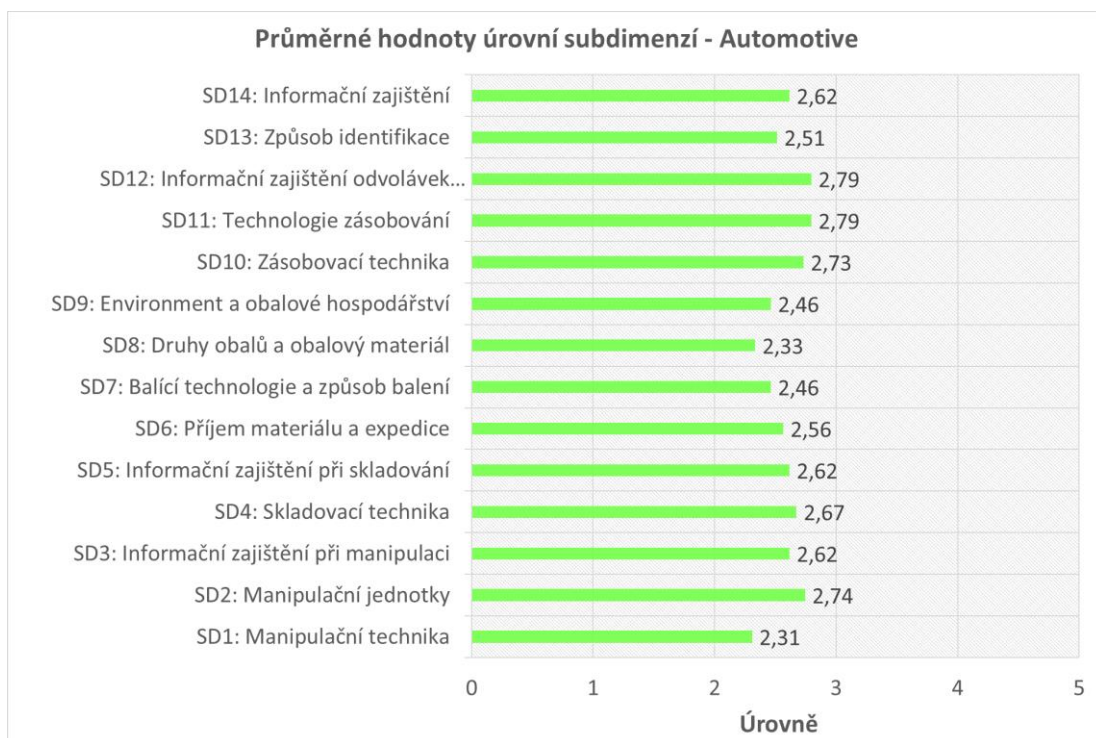
Podniky v sektoru Automotive

Podniky se zabývají výrobou mechanických dílů, konstrukčních prvků a sestav, elektrických nebo elektronických součástí, vývojem softwaru a výrobou ostatních součástí, dílů nebo materiálů použitých při výrobě vozidel, včetně služeb (např. tepelné zpracování, lakování, aj.).

Konkrétněji podniky mají založen výrobní program na výrobě a montáži komponent do automobilů, jedná se například o dveřní panely, zamykací systémy, hlavové opěrky a rámy sedaček nebo výrobu systémů řízení. Proto výhradními zákazníky jsou velké automobilky, které mají nastavení přísné požadavky na všechny jejich dodavatele.

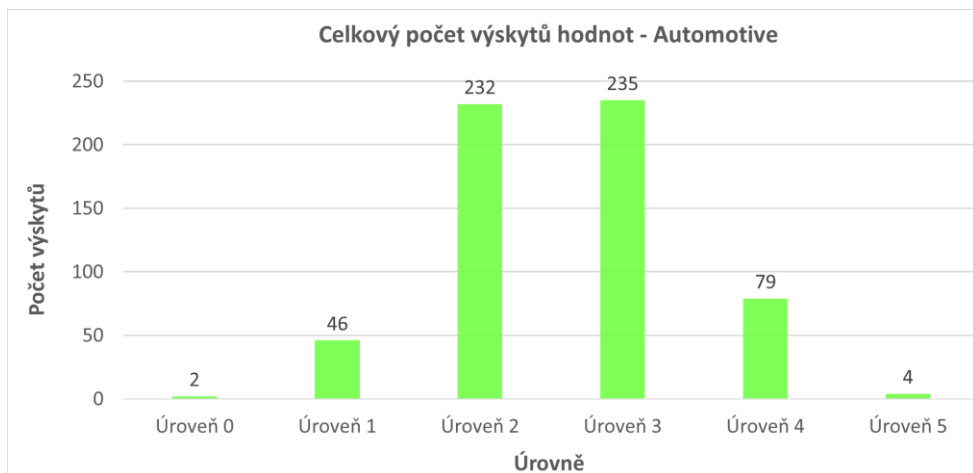
Výrobci automobilů dbají na to, aby jejich dodavatelé byli certifikováni podle standardů. Zajištění a prokázání požadované kvality a včasnosti dodávek prostřednictvím certifikací se postupně přenáší na dodavatele nižších úrovní, až k prvotním výrobcům dílů a materiálů. Dodavatelé do sektoru automotive, pokud chtějí uspět na trhu, musí mít zavedeny nejen základní standardy řad ISO 9001 – Systém managementu kvality, ISO 14000 – Systémy environmentálního managementu, ale i IATF 16949 jako oborovou normu automobilového průmyslu, která sjednocuje celosvětové požadavky na systémy managementu jakosti v tomto odvětví. Norma slouží jako referenční model pro nastavení základních řídicích procesů v automobilovém průmyslu. Podobně jako ostatní technické normy definuje nepodkročitelný standard, vyžaduje následnou certifikaci zavedeného systému řízení (zavedených procesů) v organizacích automobilového průmyslu. Výsledkem je certifikát a nutnost plnění požadavků této normy také pro celý dodavatelský řetězec. Tyto normy uvádí konkrétní požadavky jak na výrobu, tak na podpůrné procesy jako je interní logistika.

Celkem bylo analyzováno 13 podniků v tomto oboru, které mají sériový typ výroby, a jedná se největší zastoupení odvětví mezi hodnocenými podniky. Průměrná úroveň připravenosti v sektoru Automotive vyšla **2,59**. Pokud se podíváme hlouběji do jednotlivých dimenzí a subdimenzí, jsou jednotlivé subdimenze poměrně vyrovnané a pohybují se mezi úrovní 2 a úrovní 3. Mezi nejslabší místa patří subdimenze SD1: Manipulační technika a SD8: Druhy obalů a obalový materiál. Nejlepší hodnoty vykazuje dimenze D4: Zásobování. Průměrné hodnoty jsou uvedeny na Obrázku 7-8.



Obrázek 7-8: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí – Automotive

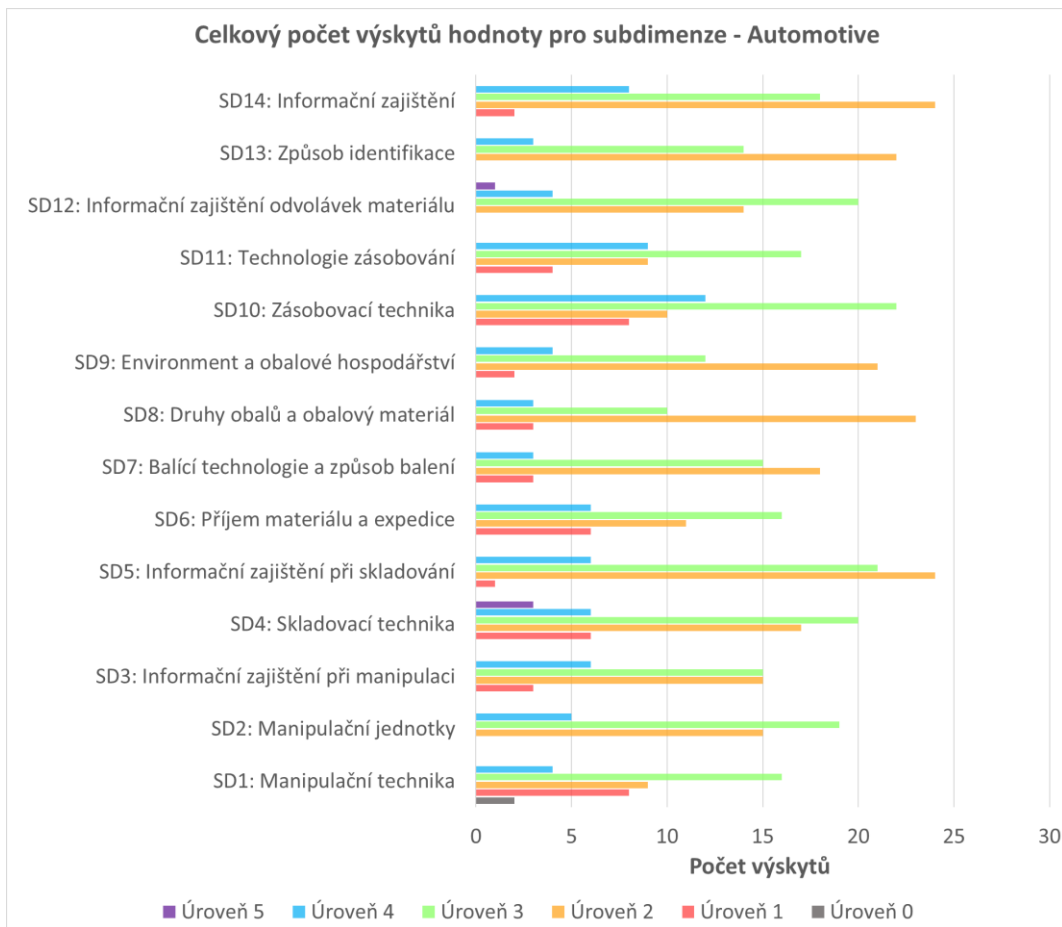
Na dalším Obrázku 7-9 je znázorněn celkový počet výskytů hodnoty úrovně pro celou oblast Automotive, respektive pro 13 analyzovaných podniků.



Obrázek 7-9: Celkový počet výskytů hodnot - Automotive

Jak je z grafu patrné, nejvíce byla přiřazena ukazatelům **úroveň 3 (235x)** a skoro stejný počet má následně **úroveň 2 (232x)**. S velkým odstupem poté jsou úrovně 4 (79x) a úroveň 1 (46x).

Přeskočeny jsou dimenze a na dalším Obrázku 7-10 je znázorněn rovnou celkový počet výskytů hodnoty úrovně pro všechny subdimenze.

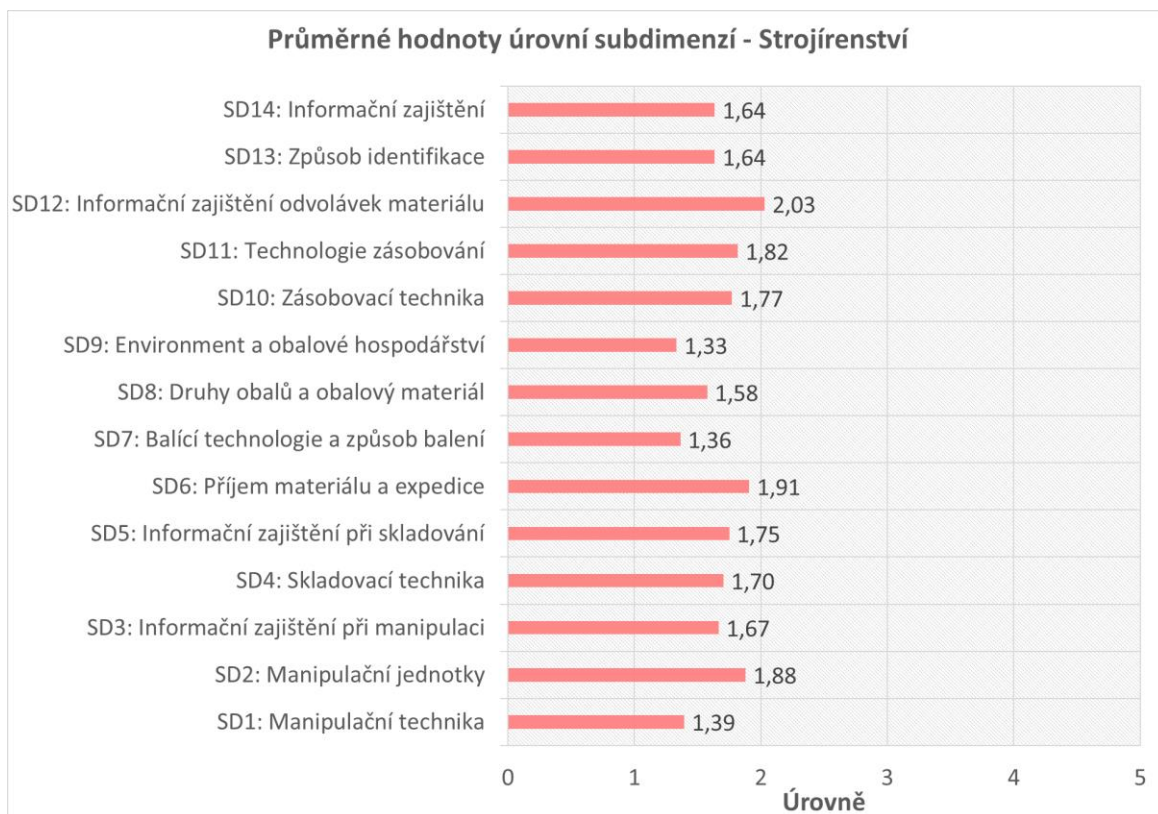


Obrázek 7-10: Celkový počet výskytů hodnoty úrovně pro subdimenze - Automotive

Z grafu je možné vidět, že většina hodnot bylo úrovně 2 a úrovně 3. Pro určité ukazatele subdimenzí SD2: Skladování a SD4: Zásobování byla vybrána často i úroveň 4, která právě tyto dvě subdimenze vytváří jako nejlépe hodnocené. Méně čtenou je úroveň 1, ve které se podniky z automotive, respektive jejich posuzované ukazatele, vyskytují minimálně. Detailnější pohled je v podobě ukazatelů, které jsou součástí **Přílohy č. 7 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Automotive.**

Podniky v sektoru Strojírenství

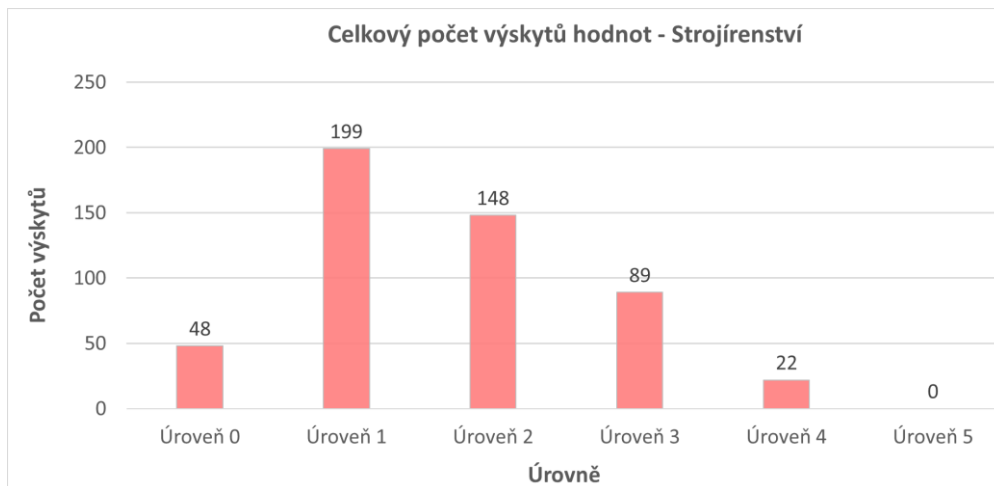
Jako strojírenské podniky byly vybrány podniky zabývající se převážně strojírenskou výrobou, celkově bylo analyzováno 11 podniků. Výrobní program těchto podniků má poměrně široké spektrum a podniky se zabývají jak lehkým, tak těžkým strojírenstvím. Jedná se například dle charakteru výroby o pálení, lisování, obrábění kovových dílů, výrobu kovových součástek jako jsou spojky, ventilátory, přepravníky, klapky, uzávěry, a další. Celková průměrná úroveň připravenosti v sektoru Strojírenství vyšla **1,67**. Po detailnější analýze subdimenzí je možné konstatovat, že téměř všechny subdimenze se pohybují mezi úrovní 1 a úrovní 2. Jednotlivé subdimenze s průměrnými hodnotami úrovní jsou na grafu znázorněném na Obrázku 7-11.



Obrázek 7-11: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí - Strojírenství

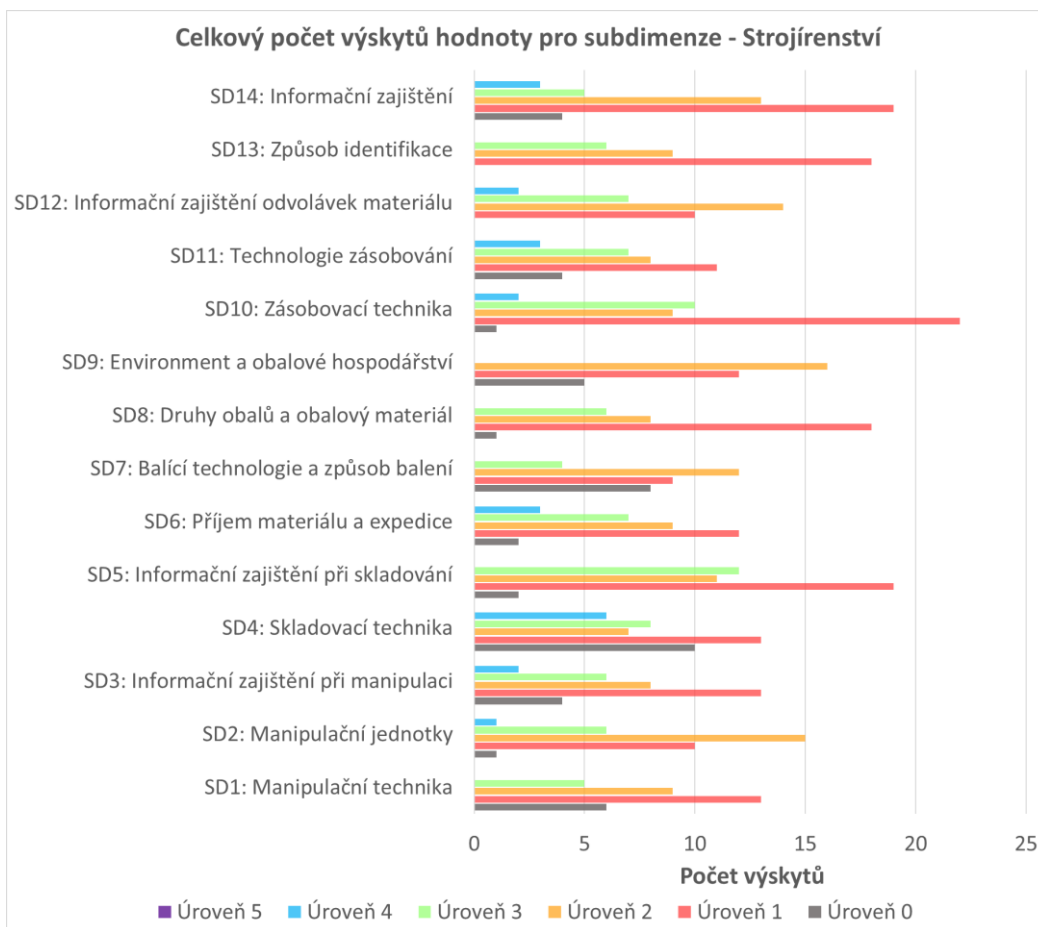
Mezi nejslabší subdimenze patří SD1: Manipulační technika a jednotlivé subdimenze z dimenze D3: Balení. Subdimenze týkající se techniky obecně v jednotlivých subdimenzích v oblasti manipulace, skladování a balení vykazují poměrně nízkou hodnotu úrovně připravenosti. Dimenze D5: Identifikace materiálu a její příslušné subdimenze mají také potenciál pro zvýšení úrovně. Mezi nejlépe hodnocené subdimenze patří SD6: Příjem materiálu a expedice a také SD12: Informační zajištění odvolávek materiálu a SD2: Manipulační jednotky.

Provedeny byly opět analýzy týkající se celkového počtu výskytů přiřazených hodnot úrovní a nejvíce se vyskytuje **úroveň 1 (199x)**, druhou nejvyšší četnost má **úroveň 2 (148x)**, poté je přiřazena úroveň 3 a úroveň 4, viz Obrázek 7-12.



Obrázek 7-12: Celkový počet výskytů hodnot - Strojírenství

Na rozdíl od sektoru Automotive byla několikrát přiřazena i úroveň 0, která má největší vliv na snižování celkové průměrné hodnoty. Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze v sektoru Strojírenství je graficky uveden na Obrázku 7-13.



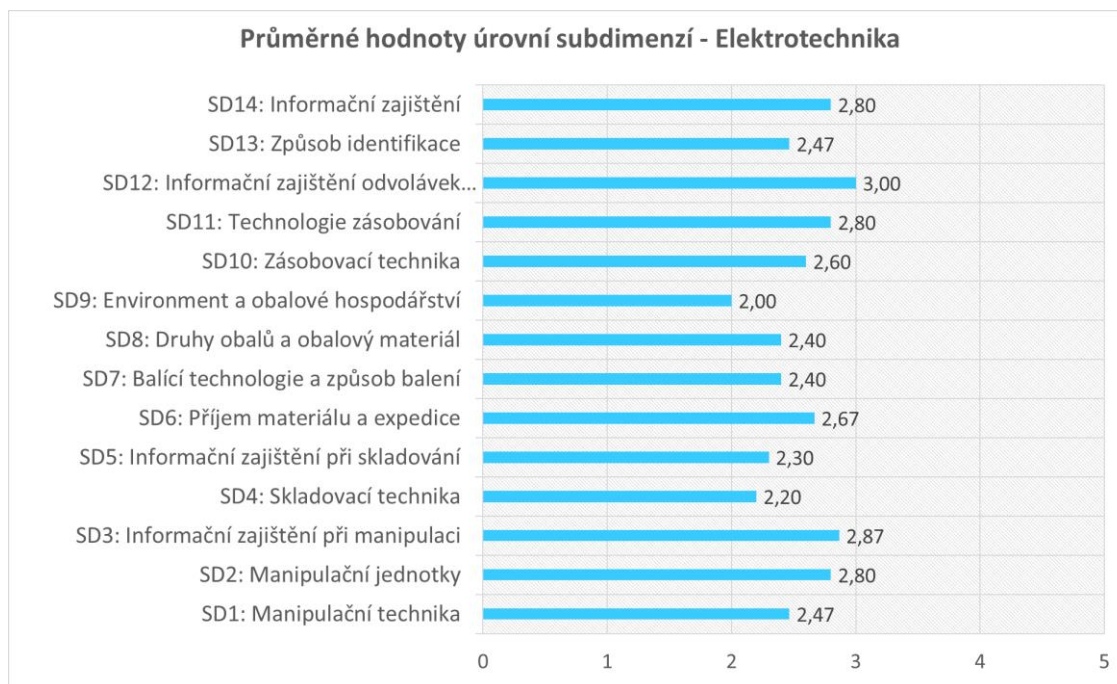
Obrázek 7-13: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze - Strojírenství

Nejdetailnější pohled na tento sektor je proveden na základě hodnot ukazatelů, které jsou součástí **Přílohy č. 8 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Strojírenství.**

Podniky v sektoru Elektrotechnika

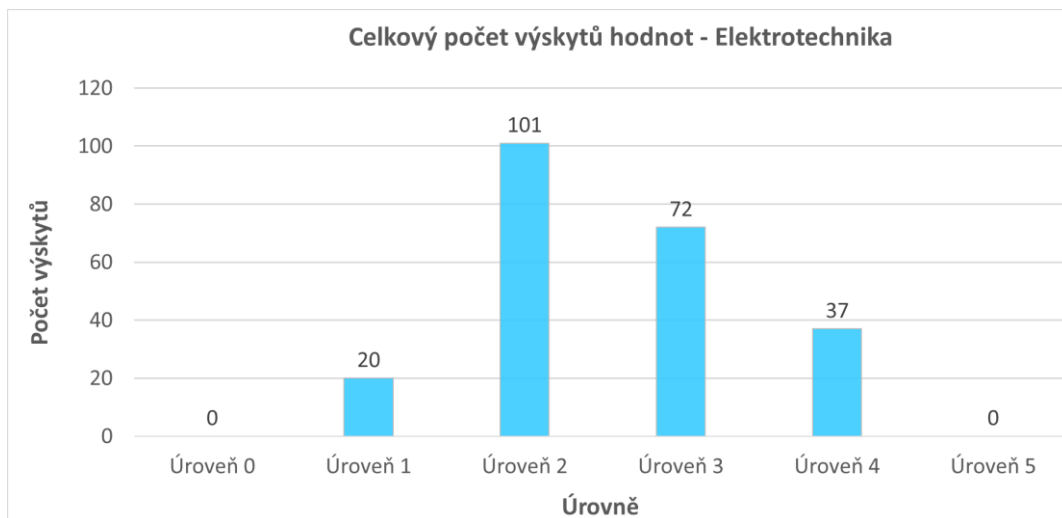
Posledním analyzovaným sektorem jsou podniky z elektrotechnického odvětví. Hodnoceno bylo 5 podniků, které se zabývají například výrobou elektronických konstrukčních dílů, konektorů pro desky plošných spojů nebo také se jedná o výrobce OLED a LCD televizorů. Cílem bylo mít hodnocený vzorek z této skupiny podniků, neboť je předpokladem, že tyto podniky budou mít implementovaný základní stupeň automatizace i v oblasti interní logistiky a budou lépe připraveny na naplnění principů Průmyslu 4.0, zejména v logistických procesech týkajících se manipulace uvnitř podniku.

Hodnoceno bylo pouze 5 podniků, nicméně průměrná úroveň připravenosti v sektoru elektrotechnika je **2,55**. Na Obrázku 7-14 je graf znázorňující průměrné hodnoty úrovní pro subdimenze a na rozdíl od předchozích dvou odvětví jsou lépe hodnoceny všechny příslušné subdimenze pro dimenzi D1: Manipulace, velmi dobré hodnoty mají také subdimenze SD3: Informační zajištění při manipulaci a SD2: Manipulační jednotky.



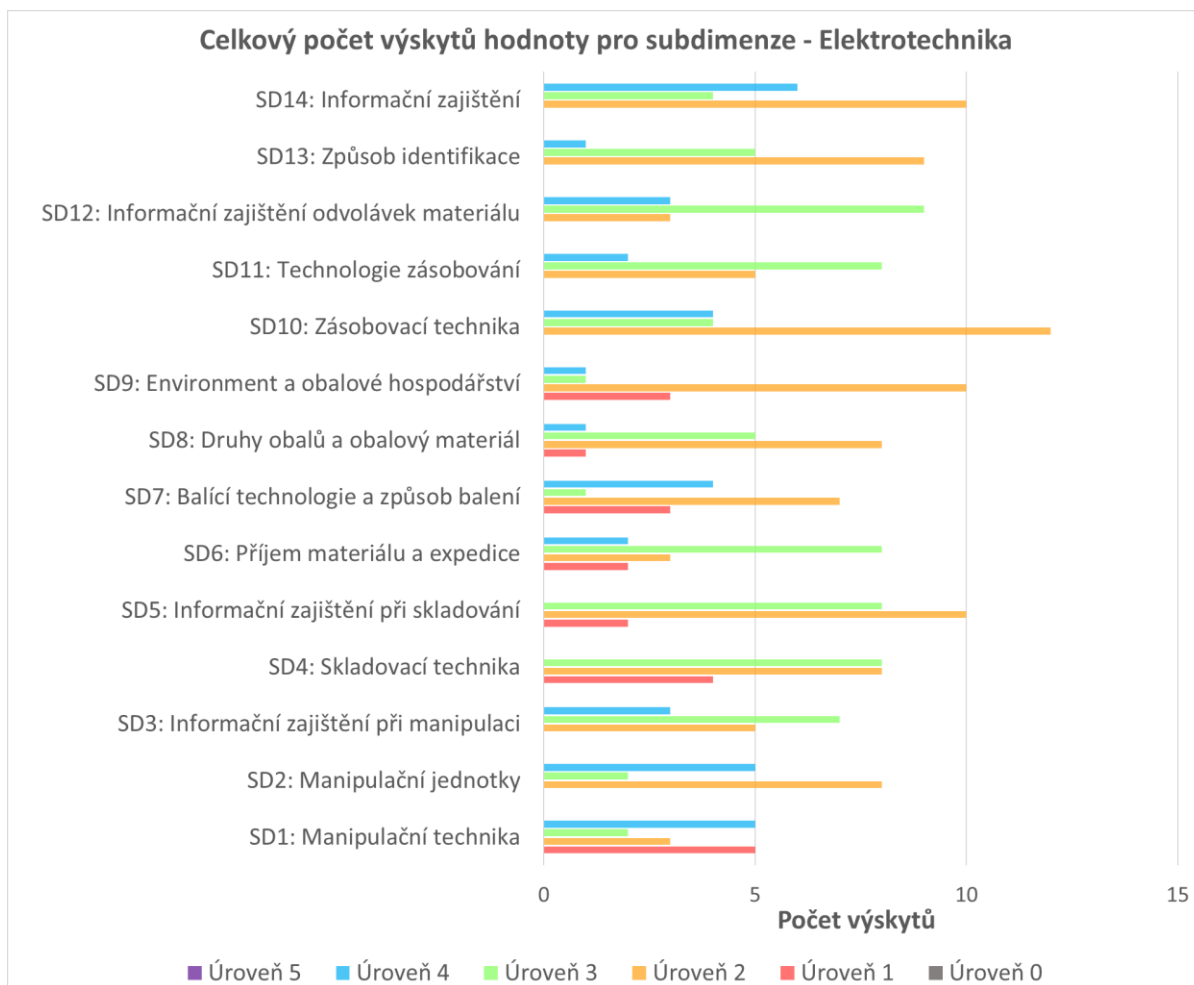
Obrázek 7-14: Průměrné hodnoty úrovní subdimenzí – Elektrotechnika

Jako u předchozích průmyslových oborů, byly provedeny opět analýzy týkající se celkového počtu výskytů přiřazených hodnot úrovní za celou oblast pro všech 5 podniků. Nejvíce se vyskytuje **úroveň 2 (101x)**, druhou nejvyšší četnost má **úroveň 3 (72x)** a dále úroveň 4 (37x). Grafické znázornění je na Obrázku 7-15.



Obrázek 7-15: Celkový počet výskytů hodnot - Elektrotechnika

Stejně jako u ostatních průmyslových odvětví, je zpracován graf na Obrázku 7-16 pro celkový počet výskytů hodnoty úrovní subdimenzí, barevně jsou odlišené jednotlivé úrovně.



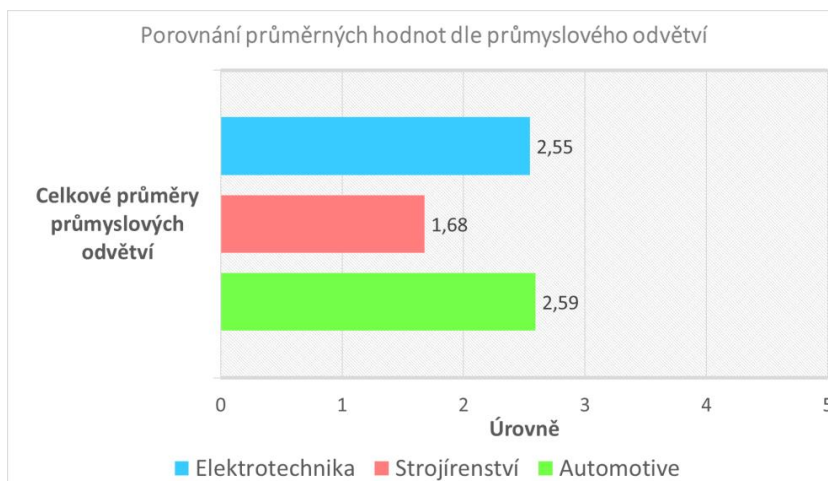
Obrázek 7-16: Celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro subdimenze - Elektrotechnika

Nejvíce byla přiřazovanou pro ukazatele úroveň 2, hned další je úroveň 3 a několikrát byla přiřazena také úroveň 4. Značně je snížena četnost úrovně 1 a nejnižší úroveň 0 se ve výběru prakticky neobjevuje.

Detailnější pohled je proveden na základě hodnot ukazatelů, které jsou součástí **Přílohy č. 9 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Elektrotechnika.**

Porovnání podniků dle průmyslového odvětví

Na závěr analýzy dle kritéria průmyslového odvětví jsou jednotlivé sektory vzájemně porovnány na úrovni celkové připravenosti oblasti interní logistiky, která je znázorněna graficky včetně číselného popisu na Obrázku 7-17. Jako nejlépe hodnoceným odvětvím je automotive a zároveň podobnou hodnotu vykazuje také obor elektrotechniky. Nicméně tento obor je ovlivněn menším vzorkem podniků. Zaměřeno bylo zejména na obory automotive a strojírenství, u kterého je oproti automotive zřetelně menší připravenost interní logistiky.



Obrázek 7-17: Porovnání průměrných hodnot dimenzí dle průmyslového odvětví

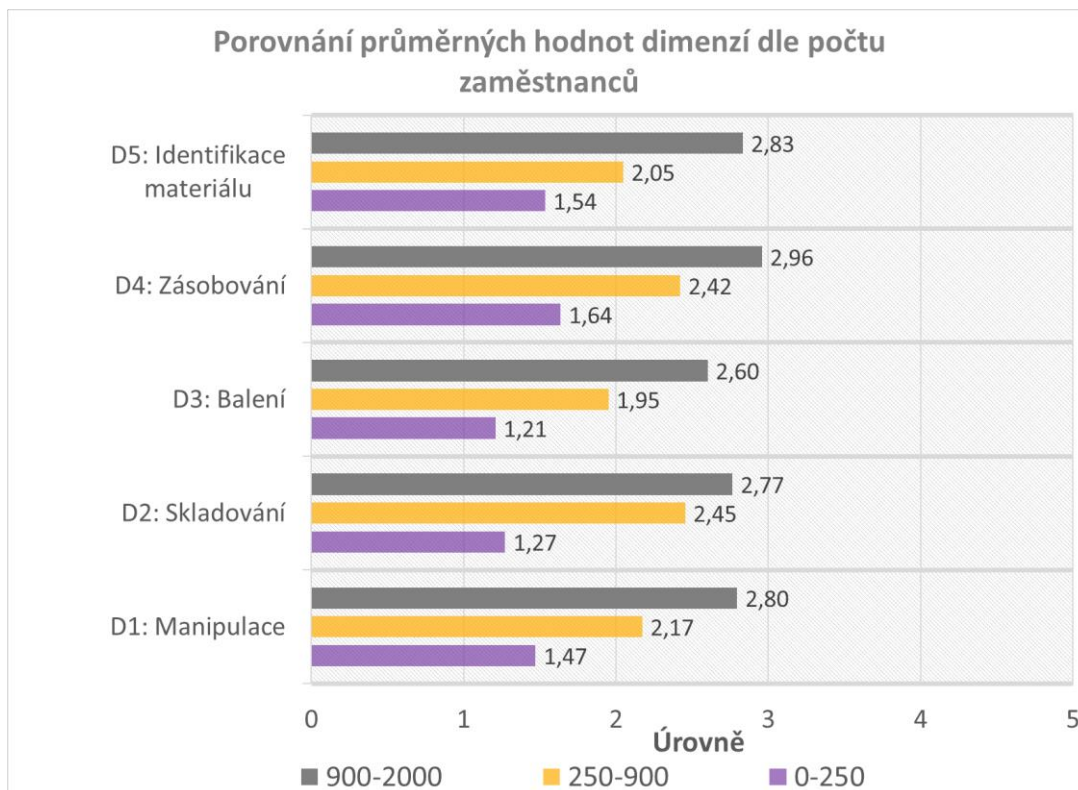
Podniky z oblasti automotive mají zavedené certifikované procesní zařízení, které obsahuje několik standardů, které musí splňovat směrem k zákazníkům (velkým automobilkám), vzhledem k sériovosti výroby mají také zavedenou základní automatizaci. Zejména v oblasti zásobování a skladování. Podniky z oblasti automotive mají také digitalizovaný sběr dat s jejich strukturováním a správně fungující operace dodavatelského řetězce. Napříč všemi pěti dimenzemi mají jasně lepší hodnotu úrovně připravenosti než podniky ze sektoru strojírenství.

7.1.3 Výstupy aplikace dle počtu zaměstnanců

Protože hodnocený vzorek podniků obsahuje zejména velké podniky nad 250 zaměstnanců, kterých je přibližně 76%, bylo standardní dělení podniků dle velikosti upraveno pro tuto analýzu tak, aby nově vzniklé skupiny obsahovaly přibližně stejný počet podniků. Na základě datové analýzy, byly stanoveny skupiny dle velikosti podniku, tj. podniky do 250 zaměstnanců, podniky od 250 do 900 zaměstnanců a velké podniky nad 900 zaměstnanců. Do jedné skupiny byly tedy sjednoceny podniky malé (do 50 zaměstnanců) a podniky střední (do 250 zaměstnanců), podniky velké nad 250 zaměstnanců byly rozděleny do 2 skupin.

Celková průměrná hodnota úrovně připravenosti pro menší podniky do 250 zaměstnanců vychází **1,42**. Střední podniky mezi 250-900 zaměstnanci mají průměrnou hodnotu úrovně **2,23** a nejlepším hodnocením disponují dle předpokladů velké podniky, které mají průměrnou

hodnotu za celou oblast interní logistiky **2,79**. Na Obrázku 7-18 je porovnání průměrných hodnot dimenzí dle počtu zaměstnanců, kde jasně nejvyšší úroveň připravenosti vykazují dimenze velkých podniků. Nepatrně větší skok a rozdíl je mezi nejmenšími a středními podniky, než mezi středními a velkými podniky.

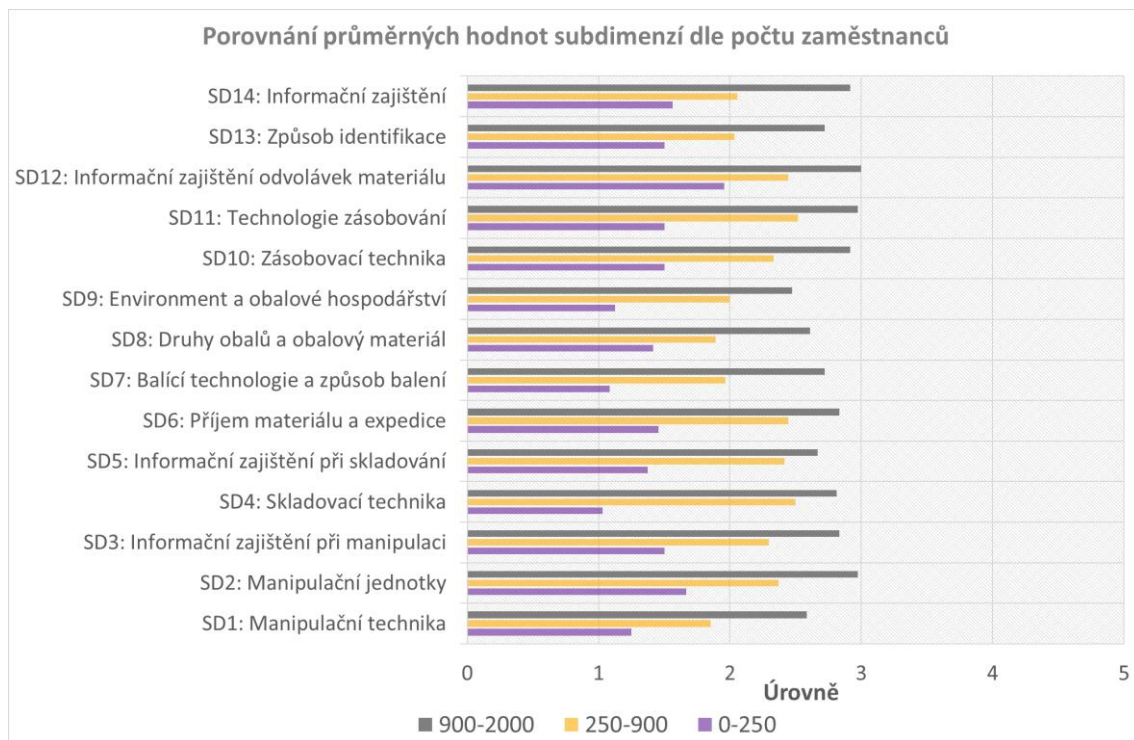


Obrázek 7-18: Porovnání průměrných hodnot dimenzí dle počtu zaměstnanců

Z hodnot první části struktury interní logistiky – dimenzí, je již patrné, že u malých podniků je poměrně slabým místem dimenze D2: Skladování. U středních podniků vedle dimenze D3: Balení byla slabším místem také dimenze D5: Identifikace materiálu. Velké podniky mají poměrně vyrovnané hodnoty pro všechny dimenze, přičemž nejlépe hodnocena je dimenze D4: Zásobování.

Pokud bychom se na hodnocení podívali ještě více detailněji, tj. na subdimenze, je u malých podniků problémem SD1: Manipulační technika a SD4: Skladová technika. Manipulační a skladová technika není nijak naváděna, mnohdy nejsou nastaveny procesy pro činnost manipulace. Sklady obsahují základní vybavení, mnohdy bez nastaveného systému vychystávání materiálu. Automatizace jakékoliv činnosti interní logistiky se u malých podniků nevyskytuje a slabšími místy jsou také obecně informační zajištění a datové technologie.

Doplňen k tomuto porovnání je ještě graf na Obrázku 7-19, který porovnává mezi sebou jednotlivé průměrné úrovně subdimenzí dle velikosti podniků, které jsou dány počtem zaměstnanců. Na závěr této analýzy dle tohoto kritéria je možné zhodnotit podniky a konstatovat, že se zvyšující se velikostí podniku dle počtu zaměstnanců, se zvyšuje úroveň připravenosti interní logistiky na Průmysl 4.0



Obrázek 7-19: Porovnání průměrných hodnot subdimenzí dle počtu zaměstnanců

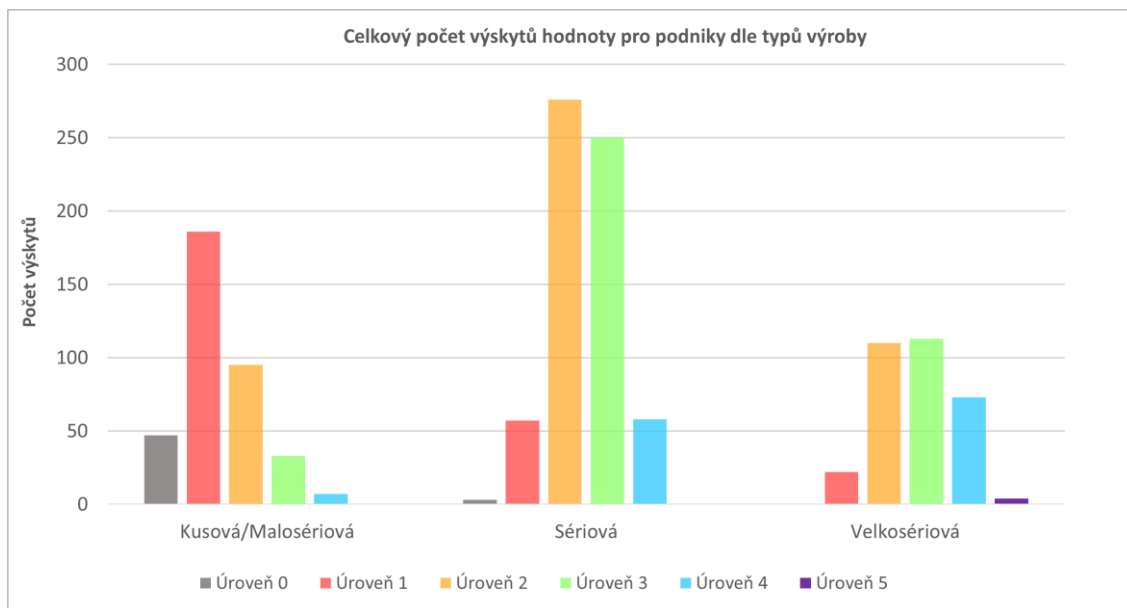
7.1.4 Výstupy aplikace dle typů výroby

Hlavním kritériem pro rozdělení podniků do skupin byla opakovatelnost výroby. U sériových výrob je možné automatizovat na základě použitých standardů s využitím vláček, dopravníků. U malosériových a zakázkových výrob je to zatím velmi obtížné kvůli komplexnosti a nepravidelnosti procesu. Tyto procesy je možné na základě konceptu Průmyslu 4.0 automatizovat, měnit do autonomní podoby a právě samoučící roboti mohou být článkem, který tento faktor dokáže odstranit. Analyzované podniky byly rozděleny do tří skupin:

- kusová/malosériová výroba,
- sériová,
- velkosériová.

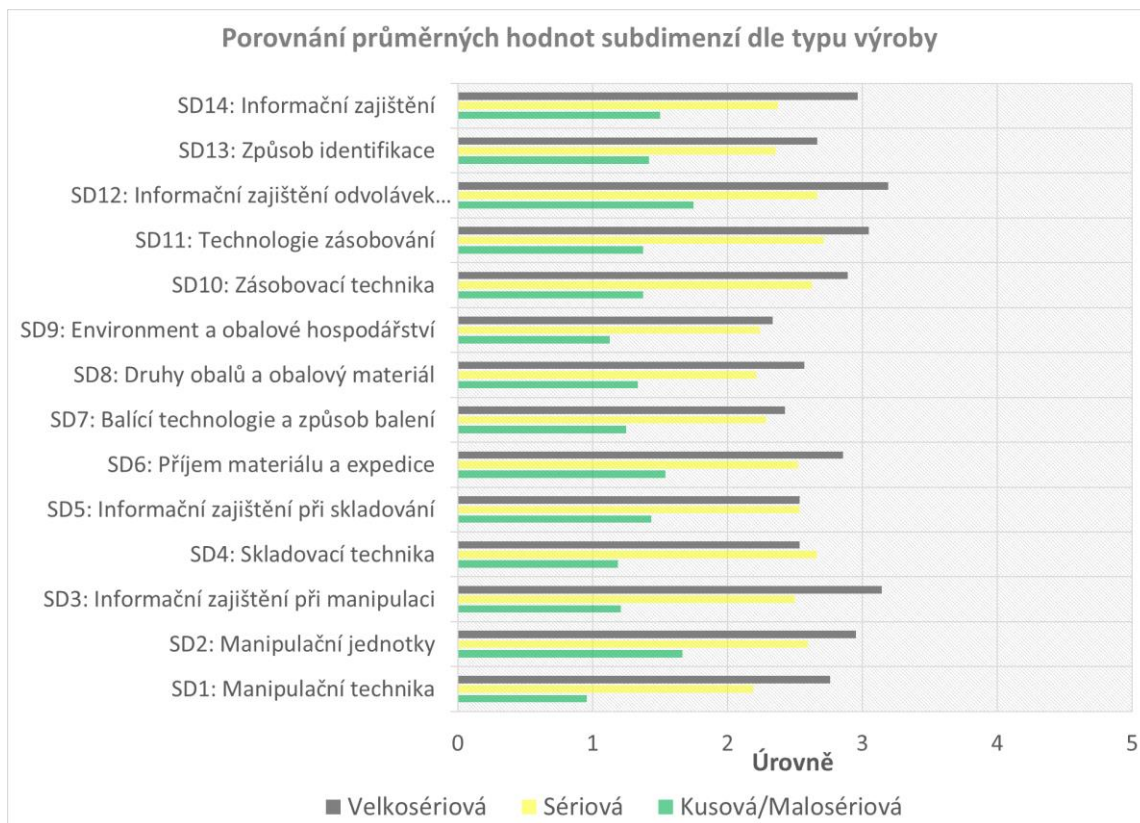
Mezi analyzovanými podniky převažuje sériová výroba, která se týká 14 podniků, jedná se zejména o podniky z odvětví automotive. Kusová/Malosériová výroba se vyskytovala u 8 analyzovaných podniků, převážně v oblasti strojírenství a celkem 7 podniků používá velkosériovou výrobu.

Na Obrázku 7-20 jsou uvedeny celkové počty výskytů hodnoty pro podniky dle typů výroby. I když je počet podniků rozdílný a převládají sériové typy výroby, pro kusovou výrobu je nejčastěji přiřazena úroveň 2 a úroveň 3. U kusových/malosériových výrob je nejčastěji přiřazena úroveň 1 a také oproti ostatním výrobám je vybrána úroveň 0 znamenající nepřipravenost podniků na Průmyslu 4.0. Podniky s velkosériovou výrobou, do které zapadají převážně podniky z elektrotechnického odvětví, mají nejčastěji přiřazené úrovně 2, 3 a 4. Minimálně je vybírána úroveň 1 a úroveň 0 se prakticky u těchto podniků nevyskytuje a podniky disponují poměrně dobrou připraveností na Průmyslu 4.0.



Obrázek 7-20: Celkový počet výskytů hodnoty pro podniky dle typů výroby

Porovnány jsou podniky dle typů výroby také pomocí průměrných hodnot subdimenzí na Obrázku 7-21. Jednoznačně je u podniků vidět rozdílnost a skok mezi kusovou/malosériovou výrobou a sériovou výrobou. Průměrná hodnota úrovně připravenosti kusové/malosériové výroby vyšla po analýze **1,37**. Sériová výroba má průměrnou hodnotu úrovně **2,47**. Velkosériová výroba, jak je možné poznat i z grafu, nijak výrazně už od sériové výroby skokově neroste a má průměrnou hodnotu úrovně **2,77**.



Obrázek 7-21: Porovnání průměrných hodnot subdimenzí dle typu výroby

7.2 Ověření funkčnosti metodiky

Souhrnně tedy byla metodika aplikována a ověřována ve 29 průmyslových podnicích, které mají svoje obecné charakteristické rysy. Právě proto byla výsledná data analyzována dle několika hledisek. Podniky jsou rozděleny podle průmyslového odvětví, jejich velikosti nebo typu výroby. V rámci datové analýzy byla výstupní data podniků porovnávána mezi sebou a je možné poté vyhodnotit úroveň připravenosti interní logistiky podniku v rámci různých skupin dle kritérií. Pokud se budeme držet obecných výše zmíněných kritérií, tak na základě výstupů z analýz s využitím metodiky je možné konstatovat tato tvrzení:

- **nejlépe hodnoceným průmyslovým odvětvím je automotive**, podobnou hodnotu vykazuje také odvětví elektrotechniky, nejhůře hodnocené je odvětví strojírenství,
- **úroveň připravenosti interní logistiky je závislá na velikosti podniku**, nejnižší úroveň připravenosti dosahovaly menší podniky, se zvyšující se velikostí podniku se úroveň připravenosti interní logistiky zvyšuje,
- **úroveň připravenosti interní logistiky je závislá na druhu výroby dle opakovatelnosti**, přičemž s rostoucí opakovatelností roste úroveň připravenosti interní logistiky a nejvyšší připravenosti disponují podniky s velkosériovou výrobou.

Výsledky z ověřování metodiky **dle kritéria velikosti podniku** korespondují s daty z **Českého statistického úřadu**. Ten provedl šetření o inovačních aktivitách podniků v České republice v období let 2016–2018. V roce 2020 zveřejnil úřad publikaci Inovační aktivity podniků - 2016 až 2018 a v jedné z několika částí této publikace jsou také předmětem šetření technologie spojené s Průmyslem 4.0 a digitalizací podnikových procesů [154].

Data o inovačních aktivitách podniků jsou publikována za klíčová odvětví **ve třech velikostních skupinách** podle počtu zaměstnaných osob:

- malé podniky s 10–49 zaměstnanými osobami,
- střední podniky s 50–249 zaměstnanými osobami,
- velké podniky s více než 250 zaměstnanými osobami.

V Tabulce 7-1 jsou souhrnná data šetření pro podniky s inovačními aktivitami s 10 a více zaměstnanci ve zpracovatelském průmyslu v Česku, které v roce 2018 použily vybrané technologie spojené s Průmyslem 4.0 a digitalizací podnikových procesů. Některé technologie, které jsou v tomto šetření použity, korespondují s technologiemi definovanými v rámci metodiky. Sběr dat pomocí digitálních senzorů, GPS, analýza a práce s velkými daty, implementace průmyslových robotů nebo využití prvků umělé inteligence jsou technologie, které se implementují také do oblasti interní logistiky a v návrhu metodiky jsou také obsaženy.

Aby byla srovnávána data z ověření metodiky s daty od ČSÚ dle stejných kritérií, byla provedena analýza podniků ve třech velikostních skupinách podle počtu zaměstnaných osob. Nejnižší průměrnou hodnotu úrovně připravenosti vykazují **malé podniky – průměr 1**, **střední podniky** mají průměrnou hodnotu úrovně připravenosti **1,67** a **velké podniky** mají nejvyšší hodnotu – **2,55**. Pokud se podniky porovnají z hlediska celkového počtu výskytů hodnoty, dle očekávání mají malé podniky přiřazeny zejména nižší hodnoty úrovně (úroveň 0 – úroveň 2), střední podniky mají nejčastěji přiřazeny hodnoty úrovně 1 a úrovně 2 a velké podniky nefigurují v nižších úrovních vůbec a nejčastěji jim je přiřazena úroveň 2 a úroveň 3, mnohdy i úroveň 4. Tato výstupní data z ověření metodiky korespondují s daty v Tabulce 7-1. Velké

podniky mají největší podíl na celkovém počtu podniků s inovačními aktivitami v dané skupině pro všechny technologie Průmyslu 4.0.

Tabulka 7-1: Souhrnná data pro podniky s inovačními aktivitami na Průmysl 4.0 [154]

Ukazatel	Sběr dat pomocí digitálních senzorů, kamer, GPS apod. zařízení		Služby cloud computingu		Zavádění a rozvoj zařízení s konektivitou pro internet věci		Analýzu a práci s velkými daty		Průmyslové nebo servisní roboty		Využití prvků umělé inteligence	
	Počet	% [1]	Počet	% [1]	Počet	% [1]	Počet	% [1]	Počet	% [1]	Počet	% [1]
ZPRACOVATELSKÝ PRŮMYSL	3 019	48,6%	1 582	25,5%	784	12,6%	656	10,6%	1 337	21,5%	254	4,1%
Velikost a vlastnictví podniku:												
malé podniky /10-49 zaměstnanců/	1 323	36,6%	834	23,1%	331	9,2%	244	6,8%	411	11,4%	118	3,3%
střední podniky /50-249 zaměstnanců/	1 137	59,6%	448	23,5%	285	14,9%	200	10,5%	517	27,1%	86	4,5%
velké podniky /250 a více zaměstnanců/	559	80,8%	301	43,5%	168	24,3%	212	30,6%	410	59,2%	50	7,3%
[1] podíl na celkovém počtu podniků s inovačními aktivitami v dané skupině (řádku)												

Implementace Průmyslu 4.0 souvisí s inovačními aktivitami podniků, proto je ještě uvedena Tabulka 7-2, ve které jsou uvedena data podniků ve zpracovatelském průmyslu v Česku, které inovovaly své interní (vnitropodnikové) procesy podle oblasti jejich zavedení. Jednou z oblastí jsou také logistické činnosti (skladování) a zpracování podnikových informací. Data ze šetření mluví jasně a v zavádění inovovaných interních procesů mají největší zastoupení velké podniky, poté střední a nejnižší hodnoty mají malé podniky. Velikost podniku ovlivňuje intenzitu inovačních aktivit a nejméně intenzivně inovují velké podniky.

Tabulka 7-2: Souhrnná data pro podniky s inovačními aktivitami interních procesů [154]

Ukazatel	Celkem			Zavedená oblast inovovaných interních (vnitropodnikových) procesů - nový nebo podstatně zlepšený způsob:					
				provádění logistických činností (dodávky, skladování, distribuce atd.)			zpracování podnikových informací (nový informační systém, lepší zabezpečení stávajícího IS atd.)		
	Počet	% [1]	% [2]	Počet	% [1]	% [2]	Počet	% [1]	% [2]
ZPRACOVATELSKÝ PRŮMYSL CELKEM	4 402	36,1%	82,0%	1 585	13,0%	29,5%	2 143	17,6%	39,9%
Velikost a vlastnictví podniku:									
malé podniky /10-49 zaměstnanců/	2 487	30,1%	80,4%	829	10,0%	26,8%	1 147	13,9%	37,1%
střední podniky /50-249 zaměstnanců/	1 376	45,1%	82,8%	481	15,7%	28,9%	683	22,4%	41,1%
velké podniky /250 a více zaměstnanců/	539	60,7%	87,7%	276	31,0%	44,8%	313	35,2%	50,8%
[1] podíl na celkovém počtu podniků v dané skupině (řádku)									
[2] podíl na celkovém počtu podniků inovujících podnikové procesy (interní procesy, marketingové metody, organizační strukturu či vnější vztahy) v dané skupině (řádku)									

Výsledky z aplikace metodiky se tedy porovnaly s daty od Českého statistického úřadu a dle kritéria velikosti podniku se **shodují** a aplikace metodiky tedy přináší **objektivní hodnocení** a lze předpokládat, že **návrh metodiky** se všemi definovanými atributy je **plně funkční**.

7.3 Ověření hypotéz

Záměrem ověřování bylo zkontrolovat funkčnost navržené metodiky na reálných datech v průmyslových podnicích. Na základě výstupů získaných z ověřování navržené metodiky se následně zkoumala platnost stanovených hypotéz. V rámci výzkumného záměru disertační práce byly specifikovány čtyři hlavní hypotézy. Jedním z úkolů ověřování bylo tyto hypotézy potvrdit či vyvrátit.

- **Hypotéza H1** (S nízkým počtem stanovených úrovní klesá vypovídací schopnost metodiky a se zvyšujícím se počtem úrovní je obtížné přiřadit ukazatelům logistické technologie).

Úrovně jsou stanoveny tak, aby co nejvhodněji pokrývaly posouzení připravenosti podniku. Proto pracují s určitým nastaveným počtem a definicí pro dodržení kompromisu. Malý počet úrovní nebude vytvářet objektivní detailní hodnocení, velký počet úrovní zase na druhou stranu vytváří malé odchylky mezi úrovněmi a hodnocení se stává zbytečně složitým i tím, že by bylo těžké odpovídat na otázky pro pracovníka podniku, neboť rozdíly v odpovědích na otázky by byly minimální a mohlo by docházet k špatným odpovědím.

V Tabulce 7-3 jsou uvedena souhrnná data týkající se výsledků celkových úrovní hodnocených podniků s procentuálním zastoupením. Jedná se o variantu hodnocení využívanou v metodice se šesti úrovněmi, tj. 5 úrovní + nultá úroveň s primárním kritériem nedefinovaného procesu.

Tabulka 7-3: Souhrnná data počtu podniků a jejich úrovní v současné variantě

Úroveň	Počet podniků v dané úrovni	Procentuální zastoupení podniků
0	2	6,9%
1	9	31%
2	9	31%
3	8	27,6%
4	1	3,4%
5	0	0%

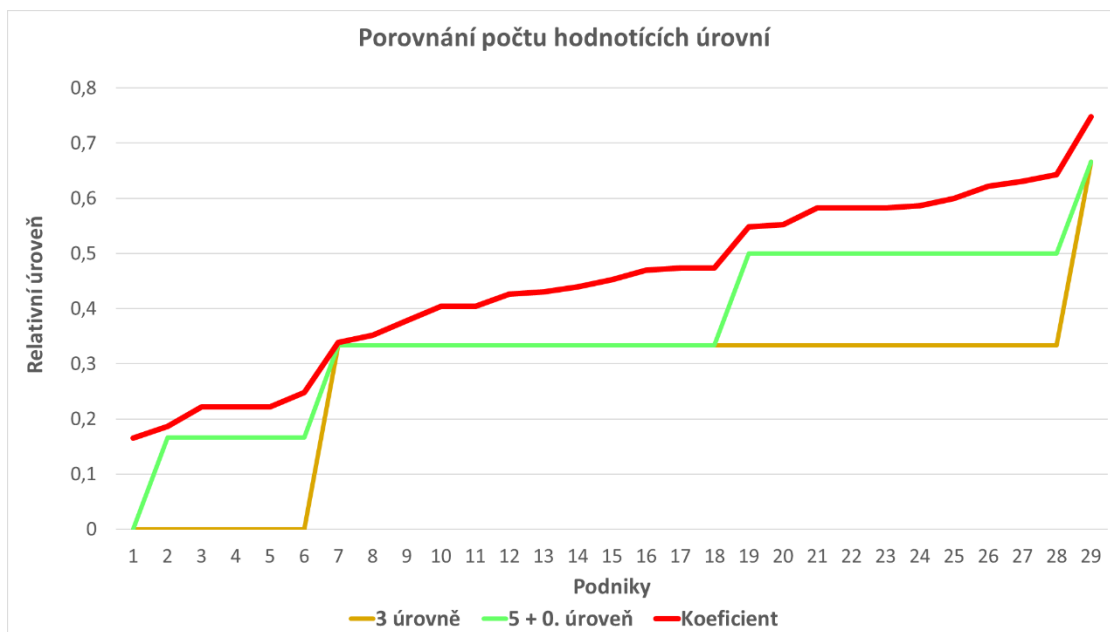
Z celkových 29 podniků je největší zastoupení dle výsledků ve třech úrovních, tj. v úrovni 1, úrovni 2 a úrovni 3. Menší procentuální zastoupení má úroveň 0, ve které jsou pouze 2 podniky. Hlavní myšlenkou pro navržení nulté úrovně je nejen její zahrnutí jako nejhorší úrovně, ale pro tuto úroveň je také primárním kritériem, že interní logistické procesy nejsou vůbec definovány a nejsou řízené. Minimální zastoupení má úroveň 4, ve které je pouze 1 podnik. Zastoupení podniků je tedy alespoň ve třech úrovních **rovnoměrně rozložené**. Extrémy jsou 0. a zejména 5. úroveň, ve které se podniky dle očekávání pro naplnění vize Průmyslu 4.0 vyskytují minimálně.

Pro první část hypotézy byla namodelována situace s využitím hodnotící stupnice se třemi kategoriemi – úrovněmi pro hodnocení dle získaných bodů ze strukturovaného rozhovoru. Pokud bychom použili tři úrovně, v Tabulce 7-4 jsou uvedeny souhrnná data a procentuální zastoupení všech podniků dle těchto úrovní.

Tabulka 7-4: Souhrnná data počtu podniků a jejich úrovní při snížení úrovní

Úroveň	Počet podniků v dané úrovni	Procentuální zastoupení podniků
1	6	21%
2	22	76%
3	1	3%

Z celkového počtu 29 podniků jsou $\frac{3}{4}$ podniků v jedné úrovni, respektive v úrovni 2. Zbylé podniky tvoří úroveň 1 a pouze jeden podnik je v úrovni 3. Rozdělení do třech úrovní je tedy **nerovnoměrně**. Matematicky je dokázáno snížení vypovídající schopnosti s nižším počtem úrovní na Obrázku 7-22. Na tomto grafu se také demonstruje první část hypotézy.



Obrázek 7-22: Grafické porovnání využívaného počtu úrovní pro hypotézu H1

V grafu jsou vypočítané koeficienty ze vstupních dat pro všechny podniky a jsou seřazené od nejmenšího po největší koeficient. Intervaly úrovní obou variant jsou rozděleny lineárně. Obě varianty představují v grafu křivky a je vidět z grafu, že zelená křivka současně využívané varianty počtu šesti úrovní (5 úrovní + 0. úroveň) více kopíruje křivku koeficientů než křivka varianty s využitím sníženého počtu třech úrovní.

Kategorie byly voleny v závislosti na tom, aby bylo zajištěno potřebné jemné rozlišení odpovědí. Vzhledem k tomu, že úrovně jsou definovány číselně a zejména technologicky, využití více kategorií (úrovní) by vytvářelo reálnou **větší míru nejistoty**. Odpovědi jsou totiž zatížené právě určitou mírou nejistoty, která by neměla přesáhnout rozsah jedné úrovně. Jinak by při jemnějším rozdělení úrovní mohla být odpověď zařazována do více úrovní a hodnocení by ztrácelo vypovídající schopnost. Nebylo by tedy možné odpověď jednoznačně přiřadit k úrovni, protože by se jedna logistická technologie vyskytovala ve více úrovních.

Tímto se vysvětluje druhá část hypotézy. Pokud zvýšíme počet úrovní, nejsme schopni detailně technologicky charakterizovat logistické ukazatele pro jednoznačnost odpovědí.

Vzhledem k souhrnným datům hodnocených podniků a grafickým znázorněním porovnání různého počtu hodnotících úrovní je možné konstatovat, že **hypotéza H1 byla potvrzena**.

- **Hypotéza H2** (Logistické technologie a prvky jsou při hodnocení úrovní přiřazeny převážně k jedné definované úrovni).

Byla provedena analýza technologicky definovaných úrovní a napříč všemi dimenzemi je využito 174 logistických technologií a prvků. Tato analýza je podložena číselnými údaji v Tabulce 7-5. V současném využívaném systému hodnocení se vyskytuje 79% logistických technologií a prvků pouze v 1 úrovni, 21% se vyskytuje minimálně ve dvou úrovních. Pokud by byl navýšen počet úrovní, bude se zvyšovat počet logistických technologií a prvků definovaných ve více úrovních. Na více než polovině subdimenzí z používané struktury interní logistiky bylo provedeno testování, přičemž 61% logistických prvků a technologií se vyskytuje již minimálně ve dvou úrovních a vytváří tedy minimální rozdíly, přechodné vazby mezi úrovněmi a větší míru nejistoty pro odpovědi. Toto koresponduje s druhou částí hypotézy H1.

Tabulka 7-5: Porovnání zařazení logistických technologií a prvků do úrovní

Logistické prvky a technologie	Současně využívané	Testování
	5 + 0. úroveň	9 úrovní + 0. úroveň
Využití v 1 úrovni	79%	39%
Využití ve více úrovních	21%	61%

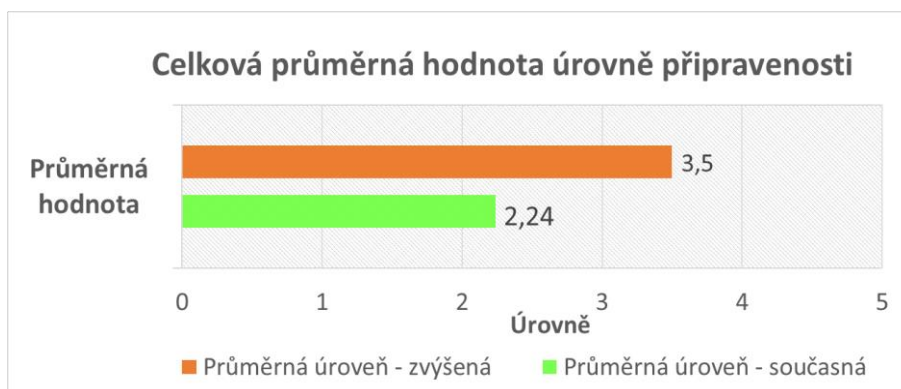
Na základě provedené analýzy s uvedeným procentuálním zastoupením logistických technologií a prvků při změně počtu úrovní v rámci této metodiky je **hypotéza H2 částečně potvrzena**. Je tedy pravděpodobně lepší rozdělení hodnotící stupnice do 5 + 0. úrovně vzhledem k tomu, že úrovně jsou definované technologicky s určitými vazbami, nicméně hodnocení vytváří autor a záleží, jak je systém hodnocení v metodice stanoven.

- **Hypotéza H3** (V současné době se podniky v České republice nacházejí převážně v nižších úrovních hodnocení připravenosti na Průmysl 4.0).

Tato hypotéza je potvrzována na základě několika skupin výstupních dat hodnocených podniků z ověření metodiky:

1) Průměrná hodnota

První z hodnot pro potvrzení je **celková průměrná hodnota úrovně připravenosti** celé oblasti interní logistiky na koncept Průmyslu 4.0 napříč všemi hodnocenými průmyslovými podniky. Tato hodnota v podobě aritmetického průměru – **2,24** je uvedena na Obrázku 7-23. Vzhledem k technologicky nadefinovaným hodnotícím úrovním by úroveň musela dosahovat minimálně hodnoty **3,5** pro potenciální vyvrácení hypotézy, která je postavená na výsledných datech. Graficky je to jednoduše znázorněno na Obrázku 7-22, kde je porovnání současné a záměrně zvýšené celkové průměrné úrovně připravenosti za všechny podniky.

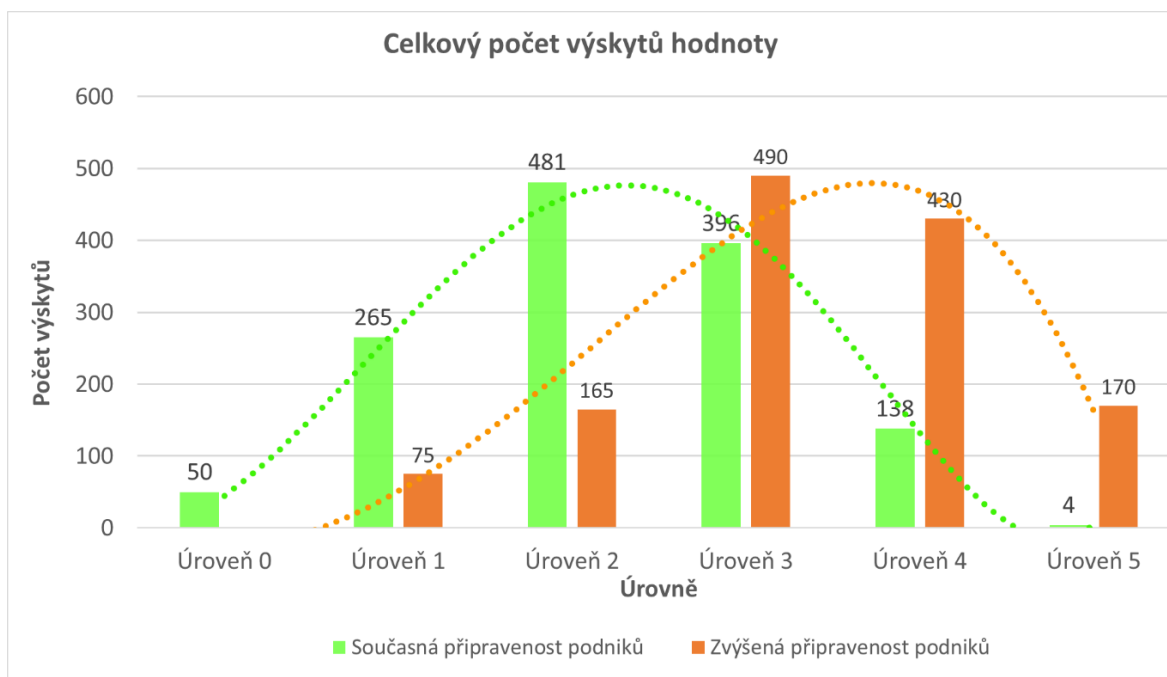


Obrázek 7-23: Porovnání průměrných hodnot pro hypotézu H3

2) Počet výskytů hodnot úrovní – četnosti

Další hodnotou jsou počty výskytů hodnot úrovní opět za všechny hodnocené podniky. Tyto hodnoty byly uvedeny na Obrázku 7-5. Nejvíce byla vybrána odpověď představující **úroveň 2 (481x)**, následně **úroveň 3 (396x)** a **úroveň 1 (265x)**. To znamená, že se jedná převážně o výběr nižších úrovní. Úroveň 4 představující již principy Průmyslu 4.0 obsahuje pouze 138 přiřazení. Úroveň 5 korespondující s plným naplněním vize Průmyslu 4.0 se nevyskytuje prakticky vůbec.

K číselným hodnotám je doplněn graf na Obrázku 7-24 s celkovými počty výskytů hodnot úrovní ze současných výstupů ověření metodiky. Namodelována je také situace, kdy dochází záměrně ke zvýšení připravenosti podniku pro potenciální vyvrácení hypotézy. Převážně jsou tedy přiřazeny odpovědím hodnoty vyšší úrovně, tj. úroveň 3, úroveň 4 a úroveň 5. Úroveň 0 se v hodnocení vůbec nevyskytuje a úroveň 1 tvoří minimální výskyt hodnot. Obě varianty – současná a zvýšená úroveň jsou znázorněné ve skupinovém sloupcovém grafu včetně proložení regresních křivek pro obě varianty.



Obrázek 7-24: Porovnání počtu výskytů hodnoty současné a zvýšené úrovní připravenosti

Vzhledem k těmto výstupním datům z ověřování metodiky a na základě grafického znázornění současné a záměrně zvýšené úrovně je možné konstatovat, že **hypotéza H3 byla potvrzena** a podniky se převážně nacházejí v nižších úrovních hodnocení, za které považujeme úroveň 0 – úroveň 3.

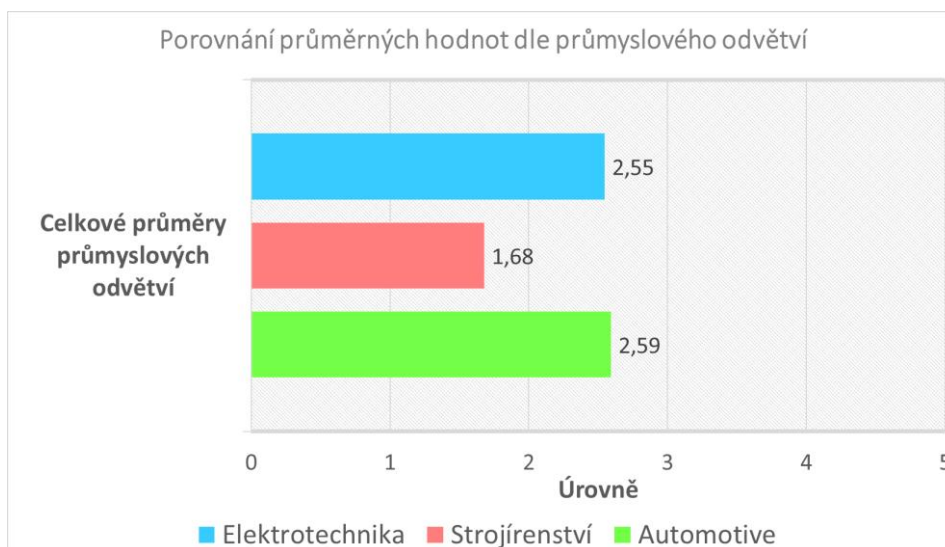
- **Hypotéza H4** (Podniky zařazené do oblasti automobilového průmyslu mají větší připravenost interních logistických procesů na Průmysl 4.0 než podniky v oblasti strojírenství).

Tato hypotéza je podobně jako předchozí hypotéza H3 potvrzována na základě výstupních dat z hodnocených podniků z ověřování metodiky. Jedná se opět o celkové průměrné hodnoty průmyslových odvětví, případně se mohou porovnávat průměrné hodnoty jejich dimenzí. Také jsou oba sektory porovnány na základě celkového počtu výskytů hodnot úrovní.

1) Porovnání průměrných hodnot úrovně připravenosti

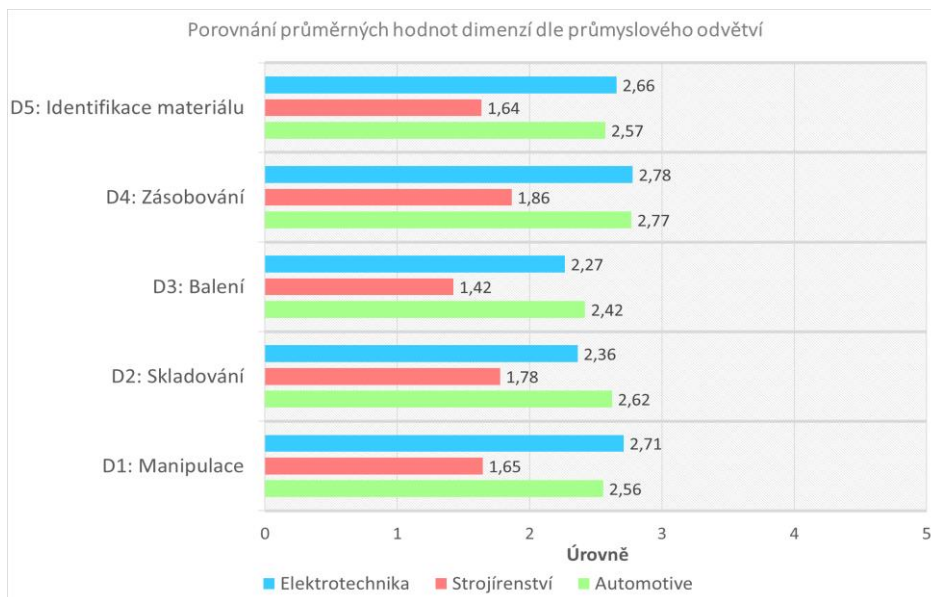
Průměrná úroveň připravenosti v sektoru Automotive vyšla **2,59**. Pokud se podíváme hlouběji do nižších částí struktury interní logistiky (subdimenzí), jsou jednotlivé subdimenze poměrně vyrovnané a pohybují se **mezi úrovní 2 a úrovní 3**. Průměrná úroveň připravenosti v sektoru Strojírenství vyšla **1,67**. Po detailnější analýze nižších částí struktury interní logistiky je možné konstatovat, že téměř všechny subdimenze se pohybují **mezi úrovní 1 a úrovní 2**.

Graficky jsou tyto průměrné hodnoty porovnány a znázorněny na Obrázku 7-25.



Obrázek 7-25: Porovnání průměrných hodnot odvětví automotive a strojírenství

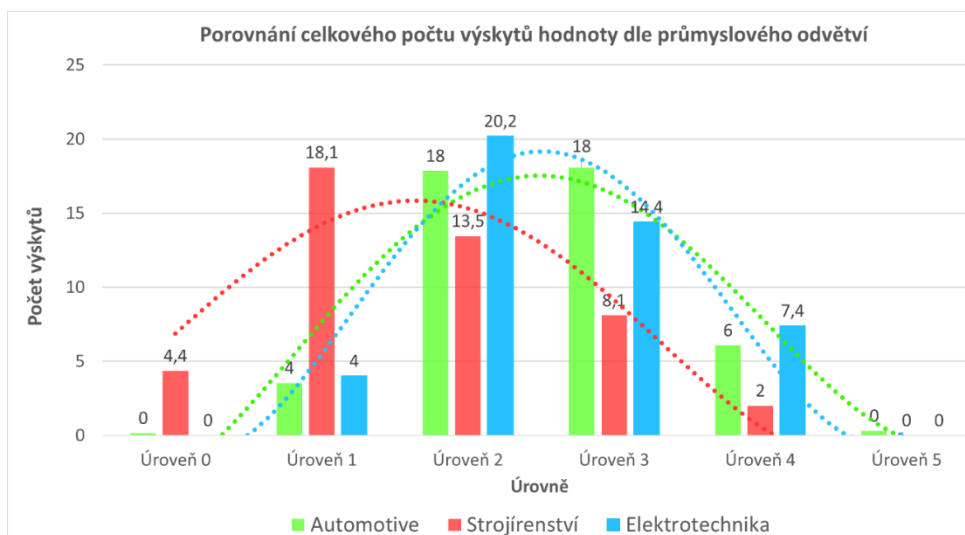
Napříč všemi pěti dimenzemi mají podniky z odvětví automotive lepší průměrnou hodnotu úrovně připravenosti než podniky ze sektoru strojírenství. Toto tvrzení je znázorněno graficky s uvedenými číselnými údaji u barevně rozlišených sloupců dle odvětví na Obrázku 7-26.



Obrázek 7-26: Porovnání průměrných hodnot dimenzí odvětví automotive a strojírenství

2) Porovnání celkového počtu výskytů hodnot úrovní

Obě průmyslová odvětví se porovnávají na základě celkového počtu výskytů hodnot úrovní. V odvětví automotive bylo hodnoceno 13 podniků, v odvětví strojírenství 11 podniků. Protože počet podniků není v odvětvích stejný, jsou četnosti vztaženy na stejnou základnu, aby je bylo možné porovnat. Graficky je toto porovnání s číselnými údaji zobrazeno na Obrázku 7-27. Červené sloupce představují obor strojírenství a je z grafu vidět, že toto odvětví boduje hlavně v nižších úrovních, zejména v úrovni 1 a poté počet výskytu klesá. Zelené sloupce jsou pro oblast automotive, které boduje hlavně v úrovni 2 a úrovni 3. Obě odvětví jsou znázorněné ve skupinovém sloupcovém grafu včetně proložení regresních křivek pro obě odvětví.



Obrázek 7-27: Porovnání celkového počtu výskytů hodnot pro automotive a strojírenství

V souladu s výstupními daty z ověřování metodiky průměrných hodnot úrovně připravenosti obou odvětví, kdy odvětví strojírenství má znatelně nižší hodnotu než odvětví automotive a po porovnání počtu výskytů s grafickým znázorněním hodnot s regresivními křivkami, byla **hypotéza H4 byla potvrzena.**

8 Přínosy disertační práce

Interní logistika má vliv přímo na celkovou produktivitu podniku a výrobní čas produktu. Kromě snižování celkového času potřebného na vyrobení jednoho produktu, procesy interní logistiky mohou také optimalizovat využívání zdrojů, výrobní zásoby, a současně zvyšovat kvalitu produkce. V disertační práci byla analyzována oblast interní logistiky v kontextu Průmyslu 4.0. Nicméně z prostudované literatury není přesně interní logistika vymezena a není stanoveno, které podnikové oblasti s ní souvisí. Není ani známá problematika integrace Průmyslu 4.0 do této oblasti. Disertační práce tak poskytuje inovativní pohled na hodnocení připravenosti interní logistiky podniku, který navíc spojuje právě integraci Průmyslu 4.0 do této podnikové oblasti.

Na základě všech získaných poznatků lze provést shrnutí přínosů disertační práce nejprve do přínosů pro vědní obor a následně do přínosů pro podnikovou praxi. Praktický přínos této práce si klade za cíl umožnit společnosti důkladně vyhodnotit vlastní připravenost interní logistiky na Průmyslu 4.0 a stanovovat vhodné strategie nebo odrážet vhodnost současných stanovených strategií.

8.1 Teoretické přínosy práce

Teoretické přínosy spočívají ve vytvoření teoretického základu pro hodnocení připravenosti interních logistických procesů podniku na Průmyslu 4.0, které je jádrem navržené metodiky. Teoretické přínosy této disertační práce vycházejí z důkladného prostudování dostupných odborných zdrojů o tématech, které korespondují s výstupem práce. První a důležitou fází bylo tedy prostudování a zhodnocení literatury a názorů odborníků, kteří se tímto vývojem zabývají. Z těchto poznatků bylo možné vytvořit ucelený pohled na vývoj podniků a jeho činnosti ve všech oblastech. I přesto, že má oblast interní logistiky v modernizaci většiny procesů velký potenciál, neexistuje zde komplexní metodika, která by detailně posuzovala připravenost na Průmysl 4.0. Již vzniklé metodiky auditů a modely připravenosti, sloužily jako inspirace a určitý koncept pro vytvoření nové metodiky zaměřené na logistiku v podniku s novým integrovaným posuzujícím faktorem – konceptem Průmyslu 4.0.

Do metodiky vstupuje několik dílčích oblastí, které byly zpracovávány v rámci rešerší a ty dohromady vytvářejí poměrně rozsáhlou problematiku. K tomu je tedy zpracována také komplexní odpovídající rešerše hlavních témat – konceptu Průmyslu 4.0 a Logistiky 4.0, logistických auditů se zaměřením na interní logistiku a modelů připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0. Zdroje, které byly pro prostudování témat využívány, jsou převážně ze zahraniční a jsou doplněny také tuzemskými zdroji. Pro všechny zdroje platí, že mohou být akademického původu, ale také z oblasti poradenských společností a praktických sdružení.

Teoretické přínosy disertační práce lze shrnout v několika základních bodech pro jednotlivá témata:

- **Průmysl 4.0 a Logistika 4.0**
 - Definování a charakteristika obou konceptů od akademiků či poradenských společností se selektovanými konkrétními technologiemi a principy a to přináší nový ucelený pohled na tyto oblasti.
- **Metodiky logistických auditů se zaměřením na interní logistiku**

- Ukazuje význam a přehled metodik pro logistické audity a jejich detailní porovnání dle hlavních atributů, které používají pro hodnocení podniku.
- Ukazuje význam interní logistiky v podniku.
- **Nástroje hodnocení připravenosti podniků na Průmysl 4.0**
 - Nový pohled na hodnocení současné úrovně a posouzením připravenosti podniku na koncept Průmyslu 4.0 na mikro úrovni, který není častým na tuzemské úrovni.
- **Struktura interní logistiky**
 - Strukturování celé oblasti interní logistiky a definování oblastí ovlivňujících celkovou úroveň připravenosti interní logistiky na koncept Průmyslu 4.0.
 - Stanovení hlavních oblastí interní logistiky v podobě dimenzí a subdimenzí v obecné struktuře interní logistiky pokrývající celou oblast interní logistiky a nepřesahují brány podniku.
 - Vytvoření sady kvalitativních ukazatelů v každé subdimenzi pro hodnocení.
 - Charakteristika jednotlivých ukazatelů dle stanovených úrovní, které budou posuzovat míru naplnění konceptu Průmyslu 4.0.
- **Vznik metodiky vycházející z definovaného teoretického základu, vzájemných vazeb mezi jednotlivými oblastmi**
 - Nový způsob hodnocení, který je založen na stanovených šesti úrovních (0. – 5. úroveň) pro hodnocení ukazatelů, subdimenzí a dimenzí.
 - Hodnocení, který používá vhodný matematický základ aplikovatelný na celou oblast interní logistiky.
 - Inovativní způsob hodnocení založený na bodovém systému s rozdělením do šesti intervalů pomocí exponenciální funkce.
 - Elektronické zpracování podkladů pro strukturovaný rozhovor s následnými analytickými výsledky hodnocení.

8.2 Praktické přínosy práce

Výrobní podniky v současné době čelí podstatným výzvám, pokud jde o použití ve větší nebo menší míře srovnatelných technologií s Průmyslem 4.0. Manipulační, zásobovací a skladová technika představují oblasti interní logistiky, v níž se dlouhodobě uplatňují nejnovější technologie korespondující s Průmyslem 4.0. Následně zvyšující se složitost na všech úrovních podniků vytváří nejistotu ohledně příslušných organizačních a technologických schopností a vhodných strategií pro jejich rozvoj.

Proto je navržena metodika, která posuzuje interní logistické procesy a jejich připravenost na Průmyslu 4.0 a z praktického hlediska a přínosů se jedná o inovativní hodnotící nástroj na tuto problematiku. Mnohdy se stává, že průmyslové podniky neřeší komplexně oblast interní logistiky pro implementaci moderních technologií. Nicméně řada firem na tuzemském trhu se ztotožňuje s tím, že již naplňují principy Průmyslu 4.0. Ve většině případů jde však pouze o dílčí inovace, které jsou ve spojení s konceptem spíše marketingového charakteru. Průmysl 4.0 je spíše idea než konkrétní cíl a přechod k modernějším způsobům řízení logistických toků je organický proces a podniky nehledí na širší souvislosti.

Přínosem pro podnikovou praxi je tedy **vytvoření komplexního nezávislého hodnotícího nástroje** ve formě metodiky, která má charakter hlavně diagnostické metody pro určení úrovně připravenosti interních logistických procesů v podniku. Náplní je analyzovat současný stav a vyhodnotit připravenost. Vhodné je také to, že hodnocení tímto nástrojem mohou podniky využívat opakovaně. Je tedy možné opakovaným hodnocením porovnat výsledky v určitém časovém rozmezí. To je již individuální dle podniků a vzhledem k opatřením a implementaci nových zařízení.

Dalším dílčím přínosem tohoto nástroje je hodnocení probíhající od nejnižších elementů až po celou oblast, viz struktura interní logistiky. Výsledné hodnocení také odkrývá tzv. úzká místa. Jedná se o oblasti, ve kterých je hodnocení na nízkých úrovních. Je možné tedy udělat **detailní analýzu se zjištěním nejslabších míst** v jakékoliv dimenzi. Je tedy možné získat nejhůře hodnocení dílčí oblasti. Tyto oblasti jsou tzv. faktorem, který nejvíce ovlivňuje celou dimenzi. Proto v dílčích oblastech, kde vychází nízké úrovně, je možné začít a dělat taková opatření, které úroveň následně zvýší.

Přínosné je také pro podniky **seznámení s konceptem Průmyslu 4.0** a podniky by měly na tento koncept dávat větší význam a prosazovat srovnatelné technologie k úspěšné realizaci celého konceptu Průmyslu 4.0. V současné době podniky vnímají koncept Průmyslu 4.0 jako vysoce komplexní bez strategického poradenství, chybí podnikům jasná představa o Průmyslu 4.0, což vede k nejistotě ohledně výhod a výsledků a podniky nedokážou posoudit své vlastní schopnosti v Průmyslu 4.0, který brání přijetí jakýchkoli koordinovaných opatření.

Souhrnně, aplikace vytvořené metodiky poskytuje podnikům následující přínosy:

- Umožní stanovit úroveň připravenosti oblasti interní logistiky v podniku včetně dílčích oblastí a jejich propojenosti.
- Srovnává jednotlivé hlavní dimenze s detailní analýzou se zjištěním nejslabších míst v jakékoliv dimenzi, získání nejhůře hodnocených dílčí oblastí.
- Určení silných a slabých oblastí interní logistiky v podniku.
- Možné opakované využití nástroje hodnocení a následné porovnávání.
- Ověření stanovené strategie pro implementaci Průmyslu 4.0.
- Struktura a detailní rozebrání oblasti interní logistiky v podniku se stanovením sady ukazatelů, které úroveň ovlivňují.
- Uvědomění si potenciálu interní logistiky v rámci konceptu Průmyslu 4.0 a možná implementace principů do této oblasti.
- Identifikace situace, ve které se v poměru k problematice Průmyslu 4.0 podnik nachází, zda jsou jim principy Průmyslu 4.0 známy, zda jsou firmy na tyto výzvy schopny reagovat, za jakých podmínek a v jakém čase. Obecně zda jsou podniky v ČR připraveny na Průmysl 4.0.

9 Doporučení pro další výzkum

Interní logistika v podniku je velmi rozsáhlá oblast prolínající se s procesy napříč podnikem. Stejně tak tomu je u konceptu Průmyslu 4.0. Právě průnik těchto témat a spojení interní logistiky a konceptu Průmyslu 4.0 má potenciál a vytváří velmi mnoho prostoru pro další práci. Doporučení pro další výzkum a práci u zmíněných problematik se mimo jiné také odvíjí od míry zpracování jednotlivých částí. I přes detailní zpracování je to natolik rozsáhlá problematika, která obsahuje potenciál pro další výzkumnou práci.

Nicméně, jako hlavním námětem pro další pokračování v této problematice je případné pokračování a navázání na analytickou část. Návaznou by mohla být fáze návrhová (nápravná a preventivní), která by přispěla ke zlepšení či zefektivnění, a zejména ke zvýšení připravenosti interní logistiky v podniku. Doporučení pro další výzkum v dané problematice jsou shrnuty v následujících bodech pro vědní obor a teorii, a také pro podnikovou praxi.

Doporučení dalšího výzkumu pro vědní obor a teorii:

- Detailní rešerše moderních technologií korespondujících s Průmyslem 4.0 pro jejich implementaci a integraci do oblasti interní logistiky.
- Technologie jsou vyvíjené a prochází tedy určitým vývojem, objevit se může nová přelomová technologie. To může být očekávané (zatím může být známá jen představa a základní informace). To znamená sledovat aktuální vývoj a trendy v této oblasti a tuto metodiku aktualizovat vzhledem k současnému stavu technologií.
- Rozšíření sady ukazatelů pro každou dimenzi a subdimenzi a doplnění struktury.
- Metodika jako základ budoucího znalostního systému, který by nejen posuzoval současnou úroveň a připravenost interní logistiky, ale také navrhoval nápravná opatření ke zlepšení.

Doporučení dalšího výzkumu pro podnikovou praxi:

- Navázání na analytickou část v podobě návrhové fáze (nápravné, preventivní). Výstupy z analytické části by byly více analyzovány a byly následně předmětem návrhové části, která by mohla být rozdělena do dílčích kroků. Právě mezi počáteční kroky by patřilo detailní zaměření na výsledky a stanovení nejhrošších oblastí interní logistiky se stanovenou cílovou úrovní. Další kroky jsou o rozhodnutí, zda optimalizovat celou oblast nebo pouze dílčí ukazatel, který se poté vybere a stanoví se pro něj dílčí opatření. Součástí je definování postupů jak dosáhnout zlepšení v každé z klíčových oblastí. Metodika by tedy byla nejen diagnostickým nástrojem, ale kompletní metodikou umožňující i návrhová opatření. Pro takovou kompletní metodiku by bylo součástí stanovení strategie a taktiky a plánu pro odstraňování nedostatků a následné zlepšování interního logistického systému a zvyšování úrovně. Vytvořil by se komplexní expertní systém.
- Integrace nebo sloučení metodiky, či vytvoření komplexního logistického auditu. Audit analyzuje, do jaké míry jsou logistické systémy optimalizovány nebo do jaké míry tyto systémy vyhovují požadavkům praxe v konkrétním prostředí. Kombinace metodiky a auditu by mohla být rozšířena o schéma auditované organizace ve formě Sankeyova diagramu materiálového toku, prostorového uspořádání v podobě layoutu, časových analýz aktivních prvků v logistice, analýz zásob a skladových položek, a dalších.
- Aplikace principů hodnocení dle navržené metodiky do dalších oblastí podniku (hodnocení výrobní oblasti, sektor údržby, externí logistika, a dalších).

Diskuze

Záměrem této disertační práce bylo navrhnout nástroj, který se specializuje na interní logistické procesy a hodnotí jejich připravenost na následný přechod ke konceptu Průmyslu 4.0. K dosažení tohoto cíle bylo nejdříve vhodné poukázat na novost a potřebnost takového návrhu. Návrh metodiky vychází z rešerší týkající se logistických auditů, modelů připravenosti a samotné interní logistiky a Průmyslu 4.0. Zejména bylo zaměřeno na modely připravenosti zabývající se implementací řešení dle konceptu Průmyslu 4.0 v logistických procesech. Metodika byla vyvíjena v několika fázích, ve kterých byly stanoveny hlavní kroky a jejich specifická náplň. První a důležitou fází bylo tedy prostudování a zhodnocení literatury a názorů odborníků, kteří se tímto oborem a souvisejícím výzkumem zabývají. Jedná se o velmi komplexní oblasti, proto byla zpracovaná také odpovídající komplexní rešerše s teoretickými východisky, na kterých je navržená metodika postavena a opírá se tedy o pevné základy a pilíře. Například pro analýzu metodik logistických auditů v rámci rešerší byly osobně navštíveny dvě společnosti pro konzultaci. I přesto, že má oblast interní logistiky v modernizaci většiny procesů velký potenciál, neexistuje zde komplexní metodika, která by detailně posuzovala připravenost na tuto oblast. Již vzniklé metodiky auditů a modely připravenosti, které byly zanalyzovány a porovnány, sloužily jako inspirace pro vytvoření nové metodiky zaměřené na interní logistiku v podniku, která zahrnuje nový klíčový faktor pro posouzení – Průmysl 4.0. Modely připravenosti poskytují referenční modely pro vědce a odborníky v oboru Průmyslu 4.0 nebo Logistiky 4.0, ale modely se zaměřením na interní logistiku nebo logistiku obecně nejsou pro použití efektivní (pokrývají jen některé části této oblasti a to velmi obecně – neobjektivní výsledky). To podtrhuje potřebu takového nástroje.

Druhou fází byla tedy tvorba podkladů, které budou neměnné při aplikacích metodiky, a jednou z klíčových částí je charakteristika ukazatelů ze struktury interní logistiky s definovanými úrovněmi. Zde byly provedeny rozsáhlé další dílčí rešerše autorem zabývající se implementací Průmyslu 4.0 do interní logistiky. Předmětem hodnocení je navržená struktura interní logistiky, kde je provedeno rozdělení celé oblasti. Jedním z dílčích cílů bylo, aby metodika nebyla jen „základním screeningem“, proto je interní logistika takto strukturována do subdimenzí apod. Za zmínku ještě stojí, že toto rozdělení je stanoveno také na základě absolvovaných pozorování jednotlivých logistických operací uvnitř podniku v reálném prostředí jako forma vhodného předvýzkumu. Konzultace také proběhly s odborníkem na matematickou analýzu týkající se metody hodnocení s úrovnovým systémem.

Ve třetí fázi byla nejdříve metodika testována pro její proveditelnost na reálné případové studii a po následné validaci byla aplikována do 29 průmyslových podniků. Aplikace metodiky do reálných podniků ukázala na její účinnost v průmyslovém kontextu a výsledky ukazují na silné a slabé stránky společností s ohledem na připravenost na implementaci technologií Průmyslu 4.0. Obecně výzkum v této oblasti a návrh metodiky představují důležité kroky k posílení přechodu na Průmysl 4.0 v logistických procesech podniku.

Po aplikaci metodiky se vyprofilovaly její základní vlastnosti a mezi ty hlavní je možné autorem uvést, že výsledky hodnocení jsou sumativní, časová náročnost pro sběr dat je v řádu jednotek hodin, je možná opakovatelnost hodnocení (periodicita), pro reprezentanta podniku je potřebná důkladná znalost logistických procesů a stávajícího technologického vybavení, úroveň hodnocení logistických procesů s využitím kvalitativních ukazatelů je střední. Hlavní je tedy zejména diagnostický charakter – metodika posoudí připravenost, odhalí slabá a problematická místa (nízká úroveň připravenosti), ale nikoliv nedává přesné postupy k návrhovým opatřením, které by měly úroveň daných problematických oblastí zvyšovat.

Závěr

Interní logistika má přímý dosah na optimalizaci využívání zdrojů, redukci výrobního času produktu, optimalizaci výrobní zásoby, vytíženost skladů a zvyšování kvality produkce. Disertační práce proto reflektuje důležitost interních logistických procesů a jejich posunu směrem ke konceptu Průmyslu 4.0, protože pokrývají plánování, implementaci, kontrolu a efektivní tok a skladování materiálů, polotovarů a výrobků ve výrobních procesech a výrobním prostředí. Pokud bude probíhat vzájemná komunikace strojů (zapojené do výrobních a logistických procesů) a položek ve skladu, potom nic nebude bránit úspěšnému prosazení celého konceptu Průmysl 4.0. Manipulace formou robotických prvků, neomezené pevné trasy, lokalizace v reálném čase, samostatná udržovatelnost, to jsou jen jedny z mála přínosů pro podnik. Podniky by tedy měly znát svoji připravenost na Průmysl 4.0 v této oblasti.

Pro splnění hlavního cíle disertační práce bylo stanoveno několik dílčích cílů, které souvisí s navrhovanou metodikou. Strukturovat interní logistické procesy do hlavních dimenzí a subdimenzí bylo jedním z prvních kroků návrhu, včetně vytvoření sady ukazatelů v každé subdimenzi. Tento klíčový dílčí cíl je splněn na základě navržené struktury interní logistiky, která se stává jádrem navržené metodiky. Po definování úrovní pro hodnocení jsou všechny ukazatele dle těchto úrovní charakterizováni a tento popis je v podstatě základním způsobem hodnocení a podkladem pro výpočty do další fáze. Dalším dílčím cílem bylo stanovení systému hodnocení, proto byly vytvořeny podklady pro sběr vstupních dat formou strukturovaného rozhovoru s otázkami pro lepší pochopení ukazatelů. Odpovědi na otázky odpovídají přibližně charakteristice ukazatelů dle úrovní. Po přiřazení úrovní ukazatelům a pro následné výpočty byl navržen vhodný matematický základ s rozdělením intervalů úrovní. Celý návrh metodiky s pevně stanovenými podklady je popsán v části týkající se procesu tvorby a po testování a ověření funkčnosti mohla být metodika jako nástroj hodnocení aplikována do průmyslového prostředí. Základním krokem bylo získání vstupních dat a následně byly provedené datové analýzy z výstupů 29 hodnocených podniků.

Vyhodnocení přináší podniku dvě oblasti výsledků – celkové hodnocení připravenosti za celou oblast a odhalení slabých míst ze struktury interní logistiky ovlivňující nízké hodnocení. Pro metodiku byly v úvodu zmíněny určité předpoklady a ty byly dodrženy. Metodika je aplikována do všech typů podniků z hlediska velikosti, ale hlavní skupinou jsou střední a velké podniky. Celková úroveň připravenosti na Průmysl 4.0 je do jisté míry závislá na velikosti podniku. Velmi podobně je tomu také u podniků s různým typem výroby dle opakovatelnosti. Z hlediska průmyslového odvětví byl dodržen předpoklad a metodika byla aplikována v rámci zpracovatelského průmyslu mezi odvětví automobilového, strojírenského a elektrotechnického průmyslu. Tím, že se jedná o strukturovaný rozhovor s definovanou škálou technologicky a číselně, jednotlivá hodnocení nejsou vzájemně ovlivněna a hodnocení lze provádět kdykoliv a je možná opakovatelnost tohoto hodnocení. Navíc v případě hodnocených podobných podniků dle hledisek jako je typ výroby a velikost podniku, hodnocení umožňuje porovnání v klíčových oblastech interní logistiky.

V závěrečné části ještě byla výstupní data z ověření porovnána s daty od ČSÚ a na základě výstupů získaných z ověřování navržené metodiky se následně zkoumala platnost stanovených hypotéz. Veškeré definované hypotézy jsou podpůrně vztaženy k metodice a jejímu ověřování. Uvedeny jsou také teoretické a praktické přínosy navržené metodiky včetně doporučení pro další výzkum v dané problematice. Na závěr je ještě důležité zmínit, že z této výzkumné práce vzniklo několik publikací, které byly prezentovány v rámci mezinárodních vědeckých konferencí nebo ve významných mezinárodních recenzovaných časopisech.

Seznam použité literatury

- [1] RANDOLPH, Justus. A Guide to Writing the Dissertation Literature Review. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*. 2009, Vol. 14, No. 13. ISSN 1531-7714.
- [2] MACHI, Lawrence A., MCEVOY, Brenda T. *The Literature Review: Six Steps to Success*. 2nd ed. Thousand Oaks, California, Corwin Press, 2012. ISBN 978-1452240886.
- [3] HART, Chris. *Doing a literature review: Releasing the social science research imagination*. SAGE Publications Ltd, London. 1998. ISBN 978-0761959755.
- [4] GALL, Meredith, D., BORG, Walter, R., GALL, Joyce, P. *Education research: An introduction*. Pearson, 8th edition, 2006. ISBN 978-0205488490.
- [5] *Národní iniciativa Průmysl 4.0* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, s. 233 [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [6] MUHURI, P. K. et al. Industry 4.0: A Bibliometric Analysis and Detailed Overview. *Engineering applications of artificial intelligence*, 2019. 78, 218-235. ISSN 0952-1976.
- [7] SARVARI, P. A. et al. Technology roadmap for Industry 4.0. In *Industry 4.0: Managing the digital transformation*, Springer International Publishing. 2018, 95-103. ISSN 1860-5168.
- [8] Dawn of the digital manufacturing world. *Kärcher* [online]. 2018 [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://www.kaercher.com/int/inside-kaercher/difference-kaercher-magazine/kaercher-stories/industry-4-0.html>
- [9] HOFMANN, Erik, RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 2017, 23-34. ISSN 0166-3615.
- [10] PALÍŠEK, Eduard. *Průmysl 4.0: Cesta k dlouhodobým úspěchům českého průmyslu* [online]. Praha: Siemens, 2016 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: http://users.math.cas.cz/~jcmf/documents/AF-LXXVII_Z-3_E.Palisek_P4.0_Cesta_k_dlouhodobym_uspechum_ceskeho_prumyslu.pdf
- [11] KAGERMANN, Henning et al. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech National Academy of Science and Engineering, 2013, München.
- [12] LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal, *International Journal of Production Research*, 2017, 55:12, 3609-3629. ISSN 0020-7543.
- [13] BUER, Sven-Vegard, et al. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda, *International Journal of Production Research*, 2018, 56:8, 2924-2940. ISSN 0020-7543.
- [14] MONOSTORI, László. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. Variety Management in Manufacturing. In: *Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 2014. ISBN 978-1-63266-896-7.
- [15] BOTLÍKOVÁ, Milena, BOTLÍK, Josef. Local Extremes of Selected Industry 4.0 Indicators in the European Space—Structure for Autonomous Systems, *Journal of Risk and Financial Management*, 2020, vol. 13, 1-39. ISSN 1911-8074.

- [16] KOPETZ, Hermann. *Real-time systems: design principles for distributed embedded applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers, c1997. Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, SECS 395. ISBN 0-792-39894-7.
- [17] VAIDYA, Saurabh, AMBAD, Prashant, BHOSLEC, Santosh. Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, Volume 20, 2018, 233-238. ISSN 2351-9789.
- [18] GUNAL, Murat, *Simulation for Industry 4.0: Past, Present, and Future*, Springer Series in Advanced Manufacturing, 2019. ISBN 978-3-030-04137-3.
- [19] Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Deloitte* [online]. Zurich: Deloitte, 2015 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- [20] GILCHRIST, Alasdair. *Industry 4.0. The Industrial Internet of Things*. Apress, Berkeley, CA, 2016, 195–215. ISBN 978-1-4842-2046-7.
- [21] RÜßMANN, Michael et al. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. [online]. In: The Boston Consulting Group, 2015 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: https://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf
- [22] ERBOZ, Gizem. How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0. In: *Proceedings of 7th International Conference on Management*, 2017, 761-767.
- [23] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [24] WEYER, Stephan, SCHMITT, Mathias, OHMER, Moritz, GORECKY, Dominic. Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. 2015. *IFAC-PapersOnLine*. 48. 579-584. ISSN 2405-8963.
- [25] ROMERO, David et al. The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. 2016, 677-686. ISSN 1868-4238.
- [26] SCHMIDT, Rainer et al. Industry 4.0 - Potentials for creating Smart Products: Empirical Research Results. In: 18th International Conference, BIS 2015, 2015, pp. 16-27. ISBN 978-3-319-19027-3.
- [27] YOON, Joo-Sung, et al. A conceptual framework for the ubiquitous factory. *International Journal of Production Research*. 50(8), 2012, 2174-2189. ISSN 0020-7543.
- [28] RADZIOW, Agnieszka, et al. *The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions*. In: *Proceedings of 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, 2014, 69, 1184 – 1190. ISSN 1726-9679.
- [29] ZUEHLKE, Detlef. SmartFactory – Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 2010, 129-138. ISSN 1367-5788.
- [30] WANG, Kesheng. Logistics 4.0 Solution-New Challenges and Opportunities, In: *6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*, Atlantis Press, 2016, 68-74. ISSN 2352-5428.
- [31] RUTNER, M. Stephen, AVILES, Maria, COX, Scott. Logistics evolution: a comparison of military and commercial logistics thought. *The International Journal of Logistics Management*, 2012, 23(1), 96-118. ISSN 0957-4093.

- [32] GUNASEKARAN, Angappa, KOBU, Bulent. Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995–2004) for research and applications, *International Journal of Production Research*, 2007, 45(12), 2819-2840. ISSN 0020-7543.
- [33] RUSSELL, H. Susan. Supply chain management: more than integrated logistics, *Air Force Journal of Logistics*, 2007, 31(2), 56-64. ISBN 978-1428991057.
- [34] BALLOU, H. Ronald. The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management. *Production*, 2006, 16(3), 375-386. ISSN 1980-5411.
- [35] PETRACHE, Alexandru, Constantin. Logistics - Evolution Through Innovation, *Annals of Faculty of Economics, University of Oradea, Faculty of Economics*, 2015, vol. 1(1), 1141-1148.
- [36] HORENBERG, Daan. Applications within Logistics 4.0. 9th IBA Bachelor Thesis Conference (p. 20). University of Twente, The Faculty of Behavioural, Management and Social sciences, 2017.
- [37] BARRETO, Luís, AMARAL, Antonio, PEREIRA Teresa. Industry 4.0 implications in logistics: an overview, *Procedia Manufacturing*, 2017, (13), 1245-1252. ISSN 2351-9789.
- [38] STRANDHAGEN, Jan Ola et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 2017, 5(4), 359-369. ISSN 2351-9789.
- [39] WINKELHAUS, Sven, GROSSE, Eric H. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system, *International Journal of Production Research*, 2020, 58:1, 18-43. ISSN 0020-7543.
- [40] SCHMIDTKE, Niels, BEHRENDT, Fabian, THATER, Lisa, MEIXNER, Sascha. Technical potentials and challenges within internal Logistics 4.0. In: *4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 2018, 1-10. ISBN 978-1-5386-6773-6.
- [41] OBITKO, Marek, JIRKOVSKÝ, Václav. Big Data Semantics in Industry 4.0. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. Volume 9266, 2015, 217–229. ISBN 978-3-319-22866-2.
- [42] WANG, Kesheng. Towards zero-defect manufacturing (ZDM) – a data mining approach, *Advanced in Manufacturing*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, Vol. 1, pp. 62-74. ISSN 2095-312.
- [43] FRAGAPANE, Giuseppe, et al. Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics. *Annals of Operations Research*, 2020. ISSN 0254-5330.
- [44] CIMINI, Chiara, LAGORIO, Alexandra, ROMERO, David, CAVALIERI, Sergio, STAHERE, Johan. *Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0*. 21st IFAC World Congress, Berlin, Germany, 2020.
- [45] GALINDO, Laura Domingo. The challenges of logistics 4.0 for the supply chain management and the information technology. 2016, Master's thesis, NTNU.
- [46] WAHRMANN, Daniel, HILDEBRANDT, Arne-Christoph, SCHUETZ, Christoph, WITTMANN, Robert, RIXEN Daniel. An autonomous and flexible robotic framework for logistics applications. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2019, 93(3-4), 419-431. ISSN 1573-0409.

- [47] GLISTAU, Elke, COELLO MACHADO, Norge Isaias. Industry 4.0, Logistics 4.0 and Materials - Chances and Solutions. *Materials Science Forum*, 2018, 919, 307 - 314. ISSN 1662-9752.
- [48] ZOU, Oliver, ZHONG, Ray Y. Automatic Logistics in a Smart Factory using RFID-enabled AGVs. In: *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, 2018, 822-826. ISBN 978-1-7281-6795-4.
- [49] WILLIMS, Andrew. *Logistics 4.0: How smart technologies are lifting logistics to another level: Materials handling*. Automotive LOGISTICS [online]. 2019 [cit. 2019-09-07]. Dostupné z: <https://www.automotivelogistics.media/materials-handling/logistics-40-how-smart-technologies-are-lifting-logistics-to-another-level/38460.article>
- [50] LIU, Xiulong et al. CPS-Based SmartWarehouse for Industry 4.0: A Survey of the Underlying Technologies. *Computers* 2018, 7, 13, 2018. ISSN 2073-431X.
- [51] VIESTOVÁ, Kristína, DAŇO, Ferdinand, LABSKÁ Elena. *Úvod do logistiky*. Bratislava: Vysoká škola ekonomická, 1991. Vysokoškolské skriptá. ISBN 80-225-0304-5.
- [52] SIXTA, Josef, MAČÁT, Václav. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [53] STEHLÍK, Antonín. *Logistika - strategický faktor manažerského úspěchu*. 1. vyd. Brno: Studio Contrast, 2002. 236 s. Studio Contrast, Brno. ISBN 80-238-8332-1.
- [54] HORVÁTH, Gejza. *Logistika ve výrobním podniku*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2007. ISBN 978-80-7043-634-9.
- [55] MARTIN, Heinrich. *Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*. Springer Vieweg. 2014. ISBN 978-3-658-03143-5
- [56] PFOHL, Hans Christian. *Logistikmanagement – Konzeption und Funktionen*, Springer Vieweg, 2016, ISBN 978-3662487839.
- [57] MÖRTH, Oliver et al. Cyber-physical systems for performance monitoring in production intralogistics, *Computers & Industrial Engineering*, 142, 2020. ISSN: 0360-8352.
- [58] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.
- [59] PERNICA, Petr. *Logistika: Aktivní prvky: Určeno pro studenty fakulty podnikohospodářské VŠE Praha*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-808-4.
- [60] LEE, T. A. *Company auditing*. 3rd ed. Wokingham, Berkshire, England: Van Nostrand Reinhold (UK), 1986. ISBN 08-525-8243-9.
- [61] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2007, 282 s. ISBN 80-726-1071-6.
- [62] PORTER, Brenda, HATHERLY, J. David, SIMON, Jon. *Principles of external auditing*. 3rd ed. Chichester: John Wiley, 816 s. c2008. ISBN 978-0-470-01825-5.
- [63] DVOŘÁČEK, Jiří. *Interní audit a kontrola*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2003. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-7179-805-3.
- [64] PHILLIPS, Ann W. *Interní audit ISO 9001:2008: snadno a efektivně: nástroje, metody a podrobný návod pro úspěšné interní auditu*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009. ISBN 978-80-02-02167-4.

- [65] COOPER, Martha C. et al. *Strategic planning for logistics*. Oak Brook, IL (2803 Butterfield Rd., Oak Brook 60521): Council of Logistics Management, c1992.
- [66] LAMBERT, Douglas M., ELLRAM, Lisa M. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-221-1.
- [67] MALINDŽÁK, Dušan, MARKOVÁ, Zuzana. Systém komplexného logistického auditu. *Acta Montanistica Slovaca*, ročník 15, 2010, s. 82-89. ISSN 1335-1788.
- [68] MALINDŽÁK, Dušan, TAKALA, Josu. *Projektovanie logistických systémov: Teória a prax*. Košice: Express Publicit, 2005. ISBN 88-8073-282-5.
- [69] *Komora Logistických Auditorů*. Nová metodika logistického auditu [online]. Ostrava: KLA [cit. 2018-08-20]. Dostupné z: <http://www.kla.cz/cs/metodika>
- [70] BAZALA, J. *Logistika v praxi*. Praha: Verlag Dashofer, 2003. ISSN 1801-8009.
- [71] Organization. *German Association of the Automotive Industry* [online]. VDA, 2016 [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <https://www.vda.de/en/association/organization.html>
- [72] *Audit procesu: proces vzniku hmotného produktu/sériová výroba: proces vzniku služby/poskytování služeb*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2010. Management jakosti v automobilovém průmyslu. ISBN 978-80-02-02261-9.
- [73] ŠURINOVÁ, Yulia. VDA 6.3 Based Process Audits As A Tool For Suppliers Evaluation. Proceedings of the 13rd International Conference, Bratislava, 2013, ISBN 978-80-89281-90-9.
- [74] SIPOS, Emilia, HALMI, Teodora, VANCIU, Laura. Matlab Application for Implementation of Automotive Audit Process VDA 6.3-2010. *Acta Electrotehnica*, 2016, 57(5). ISSN 2344-5637.
- [75] *Quality Management in the Automotive Industry: Process Audit Part 3* [online]. 3rd ed. Německo: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), Qualitäts Management Center (QMC), 2016 [cit. 2019-09-02]. Dostupné z: https://topqm.de/de/aktuelles/vda_6.3_yellow_print_3_3rd_completely_revised_edition_july_2016.pdf
- [76] Metodika MMOG/LE. *Minerva Česká republika, a.s* [online]. 2019 [cit. 2019-09-04]. Dostupné z: <https://www.minerva-is.eu/cz/o-mmog-le.html>
- [77] MMOG/LE. *Odette International Limited* [online]. 2019 [cit. 2019-09-10]. Dostupné z: <https://www.odette.org/mmog/information>
- [78] BUTLER, Timothy, WILLIAMS, David, YAN, Tingting. MMOG/LE: Improving supply chain delivery performance through buyer- supplier collaboration. *Journal of Transportation Management*, 2015, 25(2), 57-68. ISSN 1058-6199.
- [79] GRAEML, Alexandre Reis, PEINADO, Jurandir. Measuring Logistics Performance: the Effectiveness of Mmog/Le as Perceived by Suppliers in the Automotive Industry. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 4 (1), 1-12. ISSN 2383-1359
- [80] *Global MMOG/LE - Introduction and Instructions*. Version 4.0. ODETTE, AIAG, 2014. [cit. 2019-10-01]. Dostupné z: https://www.odette.org/mmogle/resources/0_MMOG_LE_Introduction.pdf

- [81] *CMMI® for Development, Version 1.3: CMMI-DEV, V1.3* [online]. The Software Engineering Institute, 2010 [cit. 2019-10-02]. CMU/SEI-2010-TR-033. Dostupné z: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/2010_005_001_15287.pdf
- [82] TORRECILLA-SALINAS, Carlos Joaquín et al. Web Engineering and Capability Maturity Model Integration: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 2016, 71, 92-107. ISSN 0950-5849.
- [83] KNEUPER, Ralf. *CMMI: Improving Software and Systems Development Processes Using Capability Maturity Model Integration*. Rocky Nook, 1st edition, 2008, ISBN 978-1933952284.
- [84] KIM, Dong-Young, GRANT, Gerald. E-government maturity model using the capability maturity model integration. *Journal of Systems and Information Technology*, 2010, 12(3), 230-244. ISSN 1328-7265.
- [85] GIBSON, Diane L et al. *Performance Results of CMMI® -Based Process Improvement* [online]. Pittsburgh: The Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University., 2006 [cit. 2019-10-03]. CMU/SEI-2006-TR-004. Dostupné z: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/2006_005_001_14762.pdf
- [86] Často kladené dotazy k CMMI - PDQM. *PDQM, s.r.o.* [online]. [cit. 2019-10-05]. Dostupné z: <http://www.pdqm.cz/blog/cmmi-faq>
- [87] MUTAFELIJA, Boris, STROMBERG, Harvey. *Process improvement with CMMI v1.2 and ISO standards*. Boca Raton: CRC Press, c2009. ISBN 978-1-4200-5283-1.
- [88] GREINER, Lynn. Capability Maturity Model Integration (CMMI) Definition and Solutions. CIO.com [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: http://www.cio.com/article/147100/Capability_Maturity_Model_Integration_CMMI_Definition_and_Solutions
- [89] Team CMMI Product. *Capability Maturity Model® Integration (CMMI), Version 1.1-Continuous Representation*. Software Engineering Institute, 2002.
- [90] PAULK, Mark C. et al. *Capability Maturity ModelSM for Software, Version 1.1* [online]. Version 1.1. Pittsburgh: The Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University., 82 s. [cit. 2019-10-10]. CMU/SEI-93-TR-024. Dostupné z: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1993_005_001_16211.pdf
- [91] EMAN, Khaled, MELO, Walcélio, DROUIN, Jean-Normand. *SPICE: The Theory and Practise of Software Proces Improvement and Capability Determination*. IEEE Computer Society Press, 1997. ISBN 978-0-8186-7798-4.
- [92] BRUCKNER, Tomáš. *Tvorba informačních systémů: principy, metodiky, architektury*. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4153-6.
- [93] LAMI, Giuseppe, BISCOGLIO, Isabella, FALCINI, Fabio. An empirical study on software testing practices in au-tomotive. Vol 609, *SPICE 2016*. CCIS, Springer, Cham, 2016, 301-315. ISSN 1865-0929.
- [94] BECKOVÁ, Monika. *Revize ČSN EN ISO 9001:2016: zkušenosti s aplikací normy v praxi*. Praha: Verlag Dashöfer, 2018. ISBN 978-80-87963-66-1.
- [95] AMARAL, Alfonso et al. Small Medium Enterprises And Industry 4.0: Current Models' Ineptitude And The Proposal Of A Methodology To Successfully Implement Industry 4.0 In Small Medium Enterprises. *Procedia Manufacturing* 41, 2020, 1103-1110. ISSN 2351-9789.

- [96] VIHAROS, Zsolt János et al. *Non-comparative, Industry 4.0 Readiness Evaluation for Manufacturing Enterprises*. Technical Diagnostics in Cyber-Physical Era [online]. Budapest, 2017 [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/7208/6b065f0f5bd54b21a9683694b1a8dd8a5246.pdf>
- [97] SCHUH, Guenther et al. Global Footprint Design based on genetic algorithms – An „Industry 4.0“ perspective, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 2014, 63 (1), 433–436. ISSN 0007-8506.
- [98] BASL, Josef, DOUCEK, Petr. A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. *Information*. 2019, 10. 89. ISSN 2078-2489.
- [99] BASL, Josef. Companies on the way to industry 4.0 and their readiness. *Journal of Systems Integration*, 2018, 9, 3-6. ISSN 1804-2724.
- [100] LICHTBLAU, Karl, STICH, Volker, BERTENRATH, Roman, et al. *INDUSTRIE 4.0 READINESS*. [online]. Aachen, Cologne. 2015 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8
- [101] *VDMA: Mechanical Engineering Industry* [online]. VDMA, 2018 [cit. 2019-11-27]. Dostupné z: <https://www.vdma.org/en/ueber-den-vdma#1>
- [102] LEYH, Christian et al. SIMMI 4.0: A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0. In: *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 2016, 1297-1302, ISSN 1297-1302.
- [103] GEISSBAUER, Reinhard, VEDSO, Jesper, SCHRAUF, Stefan. *PwC's 2016 Global Industry 4.0 Survey: Industry 4.0: Building the digital enterprise* [online]. 2015 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- [104] SCHUMACHER, Andreas, EROL, Selim, SIHN, Wilfried. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. In: *Procedia CIRP 52*, 2016, 161 – 166. ISSN 2212-8271.
- [105] DE CAROLIS, Anna et al. Guiding Manufacturing Companies Towards Digitalization: A methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. Milán, 2018.
- [106] GÖKALP, Ebru, SENER, Umut, EREN, P. Erhan. Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In: *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*. Springer International Publishing. 2017, 128-142. ISBN 978-3-319-67383-7.
- [107] JODLBAUER, Herbert, SCHAGERL, Michael. *Reifegradmodell Industrie 4.0 - Ein Vorgehensmodell zur Identifikation von Industrie 4.0 Potentialen*. 2016, s 1473-1487. ISSN 1297-1302.
- [108] *An Industry 4 readiness assessment tool* [online]. International Institute for Product and Service Innovation [cit. 2019-11-21]. Dostupné z: <https://www.crimsonandco.com/wp-content/uploads/2017/10/Industry-4-readiness-assessment-tool-report-Oct-2017.pdf>
- [109] WEBER, Christian, et al. M2DDM – A Maturity Model for Data-Driven Manufacturing, In: *Procedia CIRP 63*, 2017, 173-178. ISSN 2212-8271.

- [110] *The Singapore Smart Industry Readiness Index: Catalysing the transformation of manufacturing* [online]. In: Singapore: Singapore Economic Development Board, 2018 [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: https://www.gov.sg/~sgpcmedia/media_releases/edb/press_release/P-20171113-1/attachment/The%20Singapore%20Smart%20Industry%20Readiness%20Index%20-%20Whitepaper_final.pdf
- [111] *The Connected Enterprise Maturity Model* [online]. Rockwell Automation, 2014 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: https://www.gov.sg/~sgpcmedia/media_releases/edb/press_release/P-20171113-1/attachment/The%20Singapore%20Smart%20Industry%20Readiness%20Index%20-%20Whitepaper_final.pdf
- [112] *Firma4: Pracovní skupina pro implementaci Průmyslu 4.0* [online]. 2018 [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <http://firma4.cz/hodnoceni-digitalni-zralosti-firmy/>
- [113] BOGNER, Eva et al. Study Based Analysis on the Current Digitalization Degree in the Manufacturing Industry in Germany. *Procedia CIRP* 57, 2016, 14-19. ISSN 2212-8271.
- [114] BACK, Andrea, BERGHAUS, Sabine. *Digital Maturity & Transformation Studie: Über das Digital Maturity Model*. Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität St. Gallen und Crosswalk AG, 2016.
- [115] *Asset Performance Management Maturity Model: Strategic Roadmap to Digital Manufacturing* [online]. Capgemini Group, 2017 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/08/asset_performance_management_maturity_model_paper_web_version.pdf
- [116] MITTAL, Sameer et al. Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs (SM3E). In: *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, Springer. 2018, 476-487. ISBN 978-3-030-01614-2.
- [117] SJÖDIN, R. David et al. Smart Factory Implementation and Process Innovation. *Research-Technology Management*, 2018 61:5, 22-31. ISSN 1930-0166.
- [118] OLESKOW-SZLAPKA, Joanna, STACHOWIAK, Agnieszka. The framework of Logistics 4.0 Maturity Model. *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. 2019, 771-781. ISSN 2194-5357.
- [119] PACCHINI, Athos Paulo Tadeu, et al. The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*. 2019, Volume: 113. 103-125. ISSN 0166-3615.
- [120] CORALLO, Angelo et al. Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts. *Computers in Industry*. 2020, Volume: 114, 1-15. ISSN 0166-3615.
- [121] BLATZ, Franziska, et al. Study Based Analysis on the Current Digitalization Degree in the Manufacturing Industry in Germany. In: *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, 2018. ISBN 978-1-5386-1469-3.
- [122] STEFAN, Leineweber, et al. Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model. In: *Procedia CIRP* 72, Volume 72, 2018, 404-409. ISSN 2212-8271.
- [123] SCHUMACHER, Andreas, NEMETH, Tanja, SIHN, Wilfried. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. In: *Procedia CIRP* 79, 2019, Volume 79, 409-414. ISSN 2212-8271.

- [124] COLLI, Michele et al. Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine* 51, 2018, 1347-1352. ISSN 2405-8963.
- [125] HANKEL, Martin, REXROTH, Bosch. *Industrie 4.0: The Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)*. Frankfurt am Main, Germany: ZVEI-German Electrical and Electronic Manufacturers' Association. 2015.
- [126] QIN, Jian, LIU, Ying, GROSVENOR, Roger. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. In: *Procedia CIRP* 52, 2016, 173-178. ISSN 2212-8271.
- [127] ZELLER, Violetta, HOCKEN, Christian, STICH, Volker. Acatech Industrie 4.0 Maturity Index-A Multidimensional Maturity Model. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 2018, 105–113. ISBN 978-3-319-99707-0.
- [128] JUNG, Kiwook, et al. An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment. *IFIP Advances In Information and Communication Technology*, 488, 2017, 705–712. ISSN 1868-4238.
- [129] AKDIL, Karal Yagiz, et al. *Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy*. Springer Series in Advanced Manufacturing, 2017, s. 61–94. ISSN 1860-5168.
- [130] LEE, Jeongcheol et al. A Smartness Assessment Framework for Smart Factories Using Analytic Network Process. *Sustainability*, 2017, 9, 794. ISSN 2071-1050.
- [131] GANZARAIN, Jaione, ERRASTI, Nekane. Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, OmniaScience, Barcelona, 2016, Vol. 9, Iss. 5, 1119-1128. ISSN 2013-0953.
- [132] KRAJCOVIC, Martin et al. Intelligent Logistics for Intelligent Production Systems. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 2018, 20(4), s. 16-23. ISSN 1335-4205.
- [133] STERNAD, Marjan et al. Maturity Levels For Logistics 4.0 Based on Nrw's Industry 4.0 Maturity Model. In: *Proceedings of The 18th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management*, 2018, Vol. 18, 695-708. ISSN 1849-6148.
- [134] WERNER-LEWANDOWSKA, Karolina, KOSACKA-OLEJNIK, Monika. Logistics maturity of the service industry – research results. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. 2019, vol. 63, 233-248. ISSN 1899-3192.
- [135] BIBBY, Lee, DEHE, Benjamin. Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector, *Production Planning & Control*, 2018, 29:12, s. 1030-1043. ISSN 1366-5871.
- [136] FACCHINI, Francesco et al. A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research. *Sustainability*. 2020, 12, 86. ISSN 2071-1050.
- [137] ZOUBEK, Michal, POOR, Peter, ŠIMON, Michal. A Maturity Model for Evaluating and Increasing the Readiness of the Company within the Concept of Industry 4.0 with a Focus on Internal Logistics Processes. In: *The International Conference on Science, Technology, Engineering and Management*. 2020. ISBN 978-93-89732-92-4.
- [138] SCHMITT, Philipp, et al. Evaluation of proceedings for SMEs to conduct I 4.0 projects. In: *7th CIRP Global Web Conference*. 2019, Vol. 86. pp. 257-263. ISBN 9781713807605.
- [139] GESCHKA, H. et al. *Explorative Technologie-Roadmaps - Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien und Potenziale*, VDI. Springer, 2008, s. 165– 188. ISBN 978-3-662-52709-2.

- [140] DEUTSCH, Christophe, et al. Measuring technology readiness to improve innovation management. In: *Proceedings of The XXI ISPIM Conference*, 2010 ISBN 978-9522149268.
- [141] STOREY, Margaret-Anne. Theories, methods and tools in program comprehension: past, present and future. In: *13th International Workshop on Program Comprehension (IWPC'05)*, 2005, s. 181-191. ISBN 978-0-7695-2254-8.
- [142] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Methodology for evaluating the readiness of internal logistics processes for Industry 4.0. MMIE 2020. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 947, 2020. ISSN 1757-899X.
- [143] OCHRANA, František. *Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu*. Praha: Charles University in Prague, Karolinum Press. 2019. ISBN 978-80-246-4200-0.
- [144] CHRÁSKA, Miroslav., 2016. *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu*, Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-271-9225-0.
- [145] PAVLICA, Karel a kol. Sociální výzkum, podnik a management: průvodce manažera v oblasti výzkumu hospodářských organizací. 2000, Praha, Ekopress. ISBN 8086119254.
- [146] REICHEL, J., 2009. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3006-6.
- [147] KOTHARI, C. R., 2004. *Research Methodology: Methods and Techniques*. New Delhi: New Age International. ISBN 978-81-224-1522-3.
- [148] MOLNÁR, Zdeněk. *Pokročilé metody vědecké práce*. Profess Consulting, 2012. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3.
- [149] PRUŽINSKÝ, Michal, MIHALČOVÁ, Bohuslava, JELENOVA, Iveta. Věda, výzkum, vědecké metody a ich aplikácia. In: *Conference: Systémové přístupy '11. Systémové myšlení jako změna paradigmatu*, 2011, s. 89-97. ISBN 978-80-245-1844-2
- [150] HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Praha: Portál, 2005, s. 168 - 172. ISBN 80-7367-040-2.
- [151] WILDEMUTH, Barbara M., ZHANG, Yan. *Applications of social research methods to questions in information and library science*. Westport, CT: Libraries Unlimited, 2009. ISBN 978-1591585039.
- [152] JANOUŠEK, J. a kol. (1986). *Metody sociální psychologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství n. p.. Publikace č. 46-00-38/1.
- [153] CHURCHILL, Gilbert A. *Marketing Research: Methodological Foundations*. South-Western College Pub; 10th edition, 2009. ISBN 978-1439081013.
- [154] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Inovační aktivity podniků - 2016 až 2018* [online]. ČSÚ 2020, [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/inovacni-aktivity-podniku-20162018>

Seznam publikací autora

Publikované práce

- [1] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Metodika digitálního přístupu k tvorbě prostorového uspořádání výrobních systémů. In *Průmyslové inženýrství 2016*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. s. 206-214. ISBN 978-80-261-0629-6.
- [2] ZOUBEK, Michal. Koncept centralizovaného střediska a návrh prostorového uspořádání. In *Průmyslové inženýrství 2018*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2018. s. 134-142. ISBN 978-80-261-0802-3.
- [3] ZOUBEK, Michal, et al. A maturity model for evaluating and increasing the readiness of the company within the concept of Industry 4.0 with focus on internal logistics processes. In *Proceedings of ISER International Conference*. Moscow, Russia: Institute for Technology and Research (ITRESEARCH), 2020. s. 7-13. ISBN 978-93-89732-92-4.
- [4] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Industry 4.0: A case study of industrial company transformation into Smart Factory with an accent on internal logistics and production. In *Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference*. Seville: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020. ISBN 978-0-9998551-4-0.
- [5] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Logistics 4.0: Readiness and technology of internal logistics processes of companies and design of a maturity model for warehousing. In *Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference*. Seville: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020. s. 16380-16392. ISBN 978-0-9998551-4-0.
- [6] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Methodology for evaluating the readiness of internal logistics processes for Industry 4.0. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Tokyo: MMIE2020. IOP Publishing Ltd., 2020. ISSN 1757-8981.
- [7] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. Návrh modelu připravenosti pro hodnocení interních logistických procesů v kontextu Průmyslu 4.0. In *Průmyslové inženýrství 2020*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2020. s. 213-229. ISBN 978-80-261-0969-3.
- [8] ZOUBEK, Michal, et al. Methodology Proposal for Storage Rationalization by Implementing Principles of Industry 4.0. in a Technology-Driven Warehouse. *Transactions of FAMENA*, Vol. 44, No. 4, 2020. ISSN 1849-139.
- [9] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. A Framework for a Logistics 4.0 Maturity Model with a Specification for Internal Logistics. *MM Science Journal*, Vol. March 2021, 2021, s. 4264 – 4274, ISSN 1805-0476.
- [10] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. A New Approach for The Evaluation of Internal Logistics Processes and Their Readiness for The Industry 4.0 Concept. In *Proceedings of the 4nd International Conference on Design, Simulation and Manufacturing - DSMIE 2021*. Heidelberg: Springer, 2021, ISSN 2195-4356.

Publikované práce vztahující se přímo k tématu disertační práce

K tématu disertační práce se vztahují z výše uvedeného seznamu tyto publikace: [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] a [10].

V publikačním procesu

- [1] ZOUBEK, Michal, et al. Industry 4.0 maturity model assessing environmental attributes of manufacturing company. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*. 2021.

Výzkumné práce

- [1] ZOUBEK, Michal, ŠIMON, Michal. *Posouzení technologií a principů 4.0 v logistice*. Ověřená technologie (Ztech). Západočeská univerzita v Plzni. 2020.

Nepublikované práce

- [1] ZOUBEK, Michal. *Rešerše: Inovace ve strojírenském podniku*. Práce ke zkoušce z předmětu Inovační procesy ve strojírenském podniku (KPV/DIP). Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2017.
- [2] ZOUBEK, Michal. *Rešerše: Stanovení velikost nákupní dávky*. Práce ke zkoušce z předmětu Logistika ve výrobním podniku (KPV/DAL). Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2018.
- [3] ZOUBEK, Michal. *Rešerše: Logistické náklady*. Práce ke zkoušce z předmětu Řízení výrobních a výrobních nákladů (KPV/DRN). Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2018.
- [4] ZOUBEK, Michal. *Metodika pro zvýšení připravenosti interních logistických procesů na Průmysl 4.0*. Práce ke státní doktorské zkoušce (SDZ), Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2020.
- [5] ZOUBEK, Michal. *Logistika 4.0 – vývoj logistiky, nové výzvy a příležitosti pro logistické procesy*. Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2020.

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 – Analyzované modely připravenosti a jejich hlavní atributy

PŘÍLOHA č. 2 – Charakteristika ukazatelů pro příslušné dimenze

PŘÍLOHA č. 3 – Otázky pro strukturovaný rozhovor

PŘÍLOHA č. 4 – Seznam hodnocených podniků a jejich hlavní charakteristika

PŘÍLOHA č. 5 – Seznam podniků s bodovým hodnocením subdimenzí a dimenzí

PŘÍLOHA č. 6 – Průměrné hodnoty a celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro ukazatele za všechny podniky

PŘÍLOHA č. 7 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Automotive

PŘÍLOHA č. 8 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Strojírenství

PŘÍLOHA č. 9 – Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele – Elektrotechnika

PŘÍLOHA č. 1

Analyzované modely připravenosti a jejich hlavní atributy

Model připravenosti	Původ zdroje	Počet dimenzí	Hodnocení interní logistiky	Způsob hodnocení připravenosti	Záměr modelu	Dostupnost
MM1 – Impuls – Industrie 4.0 Readiness	Akad. Praktic. sduž.	6	B	5 úrovní od 1 (Outsider) po 5 (Top Performer)	Srovnávací Popisný Předpisující	Veřejně dostupný Online dotazník Praktická studie
MM2 – Model SIMMI 4.0	Akad.	4	C	5 úrovní od 1 (Základní digitalizace) po 5 (Optimalizovaná plná digitalizace)	Popisný Předpisující	Samohodnocení dle metodiky Výzkumný článek
MM3 – PwC Maturity Model	Porad. spol.	7	B	4 úrovně od 1 (Digitální nováček) po 4 (Digitální expert)	Popisný	Veřejně dostupný Online dotazník Praktická studie
MM4 – Industry 4.0 Readiness and Maturity	Akad.	9	C	5 úrovní	Popisný	Dotazník není veřejný Výzkumný článek
MM5 - Maturity Model for Assessing	Akad. Praktic. sduž.	5	B	5 úrovní od 1 (Počáteční) po 5 (Digitální orientovaný)	Popisný	Veřejně dostupný Online dotazník Výzkumný článek
MM6 – Industry 4.0 MM	Akad.	5	C	6 úrovní od 0 (Nekompletní) po 5 (Optimalizující)	Popisný Předpisující	Samohodnocení dle metodiky Výzkumný článek
MM7 – Model Reifegradmode II Industrie 4.0	Akad. Praktic. sduž.	3	C	Rozpad na kritéria hodnocené na stupnici 0-10.	Srovnávací Popisný Předpisující	Dotazník dostupný pro některé podniky Výzkumný článek
MM8 – An Industry 4 Readiness Assessment Tool	Akad. Porad. spol.	6	B	6 úrovní od 1 (Začátečník) po 4 (Expert)	Srovnávací Popisný Předpisující	Veřejně dostupný Online dotazník Výzkumná studie
MM9 – Maturity Model for Data-Driven Manufacturing	Akad.	6	C	6 úrovní od 0 (Neexistující IT integrace) po 5 (Samo-optimalizující továrna)	Popisný	Samohodnocení dle metodiky Výzkumný článek

Model připravenosti	Původ zdroje	Počet dimenzí	Hodnocení interní logistiky	Způsob hodnocení připravenosti	Záměr modelu	Dostupnost
MM10 – The Singapore Smart Industry Readiness Index	Praktic. sdruž.	3	B	6 úrovní od 0 po 5 (Konvergentní, adaptivní)	Popisný	Veřejně dostupná metodika hodnocení pro podniky
MM11 – The Connected Enterprise Maturity Model	Porad. spol.	4	C	Úrovně připravenosti nejsou uvedeny.	Popisný	Veřejně dostupný jako praktická studie
MM12 – Pracovní skupina sdružení firma4.cz	Praktic. sdruž.	5	C	Úrovně připravenosti nejsou uvedeny.	Popisný	Veřejně dostupný Online dotazník
MM13 – Digitalization Degree in the Manufacturing Industry	Akad.	2	C	Výsledné indexy definují 4 struktury podniků.	Srovnávací Popisný Předpisující	Dotazník není dostupný Výzkumný článek
MM14 – Digital Maturity Model	Akad. Practic. sdruž.	9	C	5 úrovní od 1 (Neplatí) po 5 (Plně platí)	Srovnávací Popisný	Veřejně dostupný Online dotazník Výzkumná studie
MM15 – Asset Performance Management Maturity Model	Porad. spol.	6	C	5 úrovní od 0 (Počáteční) po 4 (Excelentní)	Popisný	Samohodnocení dle metodiky Praktická studie
MM16 – Towards a Smart Manufacturing Maturity Model	Akad. Practic. sdruž.	5	C	5 úrovní od 1 (Nováček) po 5 (Expert)	Popisný	Výzkumný článek Dotazník není dostupný
MM17 – A Preliminary Maturity Model	Akad. Practic. sdruž. Porad. spol.	3	C	4 úrovní od 1 (Připojené technologie) po 4 (Chytrá výroba)	Srovnávací Popisný Předpisující	Výzkumná studie
MM18 – The Logistics 4.0 Maturity Model	Akad.	3	A	5 úrovní od 1 (Ignorance) po 5 (Integrace)	Popisný	Dotazník není dostupný Výzkumný článek

Model připravenosti	Původ zdroje	Počet dimenzí	Hodnocení interní logistiky	Způsob hodnocení připravenosti	Záměr modelu	Dostupnost
MM19 – The Degree of Readinnes for Industry 4.0	Akad.	8	C	6 úrovní od 1 (Základní) po 5 (Připraven)	Popisný Předpisující	Výzkumný článek s case study
MM20 – Cybersecurity in the Context of Industry 4.0	Akad.	7	C	Hodnoceny dopady. Použity 3 úrovně (tzv. Impact matrix)	Popisný	Výzkumný článek s ukázkou aplikace
MM21 – Maturity Model of Digitization for SMEs	Akad. Praktic. sdruž.	6	C	3 úrovně dle bodování	Popisný. Srovnávací.	Výzkumný článek s case study
MM22 – Concept For An Evolutionary Maturity Based Industrie 4.0 Migration Model	Akad.	3	C	Kritéria rozdělené do 3 dimenzí a hodnocené dle 7 charakteristik.	Popisný	Výzkumný článek.
MM23 – Roadmapping Towards Industrial Digitalization	Akad. Praktic. sdruž.	8	B	Hodnocení do 4 úrovní.	Popisný. Srovnávací.	Výzkumný článek.
MM24 – Contextualizin g The Outcome Of A Maturity Assessment For Industry 4.0	Akad.	5	B	6 úrovní od 1 (Bez digitalizace) po 6 (Integrace)	Popisný. Srovnávací.	Výzkumný článek s aplikací do podniků. Dotazník.
MM25 – The Reference Architectural Model Industrie 4.0	Practic. sdruž.	6	C	Hodnoceny dimenze do hierarchických 7 úrovní.	Srovnávací Popisný Předpisující	Studie pro realizaci Industry 4.0 do podniku.
MM26 – A Categorical Framework of Manufacturing	Akad.	2	C	Hodnoceno do 3 úrovní pro dimenze.	Popisný	Výzkumný článek.
MM27 – Industrie 4.0 Maturity Index	Akad. Praktic. sdruž.	4	A	6 úrovní od 1 (Počátek IT) po 6 (Adaptabilní)	Popisný.	Studie pro realizaci Industry 4.0 do podniku.

Model připravenosti	Původ zdroje	Počet dimenzí	Hodnocení interní logistiky	Způsob hodnocení připravenosti	Záměr modelu	Dostupnost
MM28 – Smart Manufacturing System Readiness Assessment	Practic. Sdruž.	4	Ne	6 úrovní od 1 (Nevyskytujících) po 6 (Optimalizujících)	Srovnávací Popisný Předpisující	Studie pro realizaci Industry 4.0 do podniku.
MM29 – Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy	Akad.	3	B	4 úrovně od 0 (Absence) po 3 (Připraven)	Srovnávací Popisný Předpisující	Studie pro realizaci Industry 4.0 do podniku. Obsahuje dotazník.
MM30 – A Smartness Assessment Framework	Akad.	4	B	5 úrovní od 1 (Kontrolující) po 5 (Autonomní)	Popisný	Výzkumný článek s case study
MM31 – Three Stage Maturity Model In SME's Toward Industry 4.0	Akad.	4	C	5 úrovní od 1 (Počáteční) po 5 (Detailní podnikový model)	Popisný	Výzkumný článek.
MM32 – Intelligent Logistics For Intelligent Production Systems	Akad.	7	A	Hodnocení do 5 úrovní (používá 0. úroveň).	Popisný Předpisující	Výzkumný článek.
MM33 – Maturity levels for Logistics 4.0	Akad.	4	A	5 úrovní od 1 (Nepřipojená výroba) po 5 (Kompletně připojená výroba)	Popisný	Výzkumný článek.
MM34 – Logistics 4.0 Maturity in Service Industry	Akad.	1	A	Hodnocení do 6 úrovní s přidělenými technologiemi.	Popisný. Srovnávací	Výzkumný článek s case study.
MM35 – Defining and assessing Industry 4.0 maturity levels	Akad.	3	C	4 úrovně od 1 (Minimální) po 4 (Exelentní)	Popisný. Srovnávací	Výzkumný článek s case study.
MM36 - A Maturity Model for Logistics 4.0	Akad.	7	A	5 úrovní od 1 (Ignorace) po 4 (Integrace)	Popisný. Srovnávací	Výzkumný článek s case study.

PŘÍLOHA č. 2

Charakteristika ukazatelů pro příslušné dimenze

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D1: DIMENZE MANIPULACE	SD1: SUBDIMENZE – Manipulační technika	U1: Stupeň automatizace	Základní manipulační technika ovládaná manuálně člověkem bez nastavených procesů.	Mechanizovaná manipulační technika ovládaná manuálně člověkem s nastaveným procesním řízením.	Manipulační technika přechází na částečně automatizovanou při standardizovaných činnostech.	Manipulační technika je více automatizovaná pro předem definované úkony s kooperací člověka.	Manipulační technika je většinou automatizována a řízena IS. Člověk se podílí na rozhodování a plní roli kontrolora.	Manipulační technika je komplexně automatizována, řízena IS. Autonomní řešení. Člověk pouze dohlíží, kontroluje.
			0 %	0 %	0 % - 25 %	25 % - 50 %	50 % - 75 %	75 % - 100 %
		U2: Environmentální aspekty	Využívání neekologických spalovacích motorů bez emisních limitů.	Implementace pohonných jednotek redukující CO ₂ , NO a polévaté částice. Pohonné jednotky na CNG, LPG.	Implementace elektrických pohonných jednotek.	Implementace elektrických pohonných jednotek s možnou recyklací.	Implementace manipulačních zařízení na elektrické pohony z obnovitelných zdrojů s částečnou recyklací.	Manipulační technika využívá obnovitelné zdroje energie. Zařízení lze kompletně recyklovat včetně baterie.
		U3: Navádění manipulační techniky	Manipulační technika není naváděna (bez jakéhokoliv systému).	Manipulační technika je naváděna standardními průmyslovými metodami (harmonogram, definované trasy).	Manipulační technika naváděna dle signalizace s digitálním záznamem.	Manipulační technika naváděna dle signalizace bezdrátové technologie s částečnou komunikací.	Manipulační technika naváděna dle IS s částečnou online komunikací.	Manipulační technika naváděna plně IS dle dostupných informací včetně online komunikace.
Příklady logistických prvků a technologií pro SD1	Ruční man. technika – vychystávací vozík, ruční paletový vozík.	Vysokozdvížené vozíky, plošinové vozíky.	Retrakové vozíky, pásové dopravníky, tahače.	Automatizované vozíky, AGV, LGV, tahače, vláčky.	Autonomní vozíky s navigací, AMR, průmysloví roboti.	Bezobslužná autonomní technika, drony, kolaborativní roboti, samonaváděné přepravné plošiny.		

Úroveň		0	1	2	3	4	5	
D1 – DIMENZE MANIPULACE	SD2 – SUBDIMENZE – Manipulační jednotky	U4: Typy manipulačních jednotek	Zboží ve spotřebitelském obalu. Nedefinované manipulační jednotky	Základní manipulační jednotky upravené daným podnikem bez dalšího sdílení.	Sdílené manipulační jednotky dle vnitropodnikové normy nebo odvětvím (normy ČSN, apod.).	Normované man. jednotky, kde z menších lze vytvořit větší dle nastavených rozměrů.	Manipulační jednotky lze seskupovat a jsou přizpůsobitelné výrobku.	Chytré manipulační jednotky se plně přizpůsobují charakteru výrobku.
		U5: Stupeň přizpůsobitelnosti jednotek k automatizaci	Nestandardní MJ bez definované manipulace – velká různorodost. <i>Nevhodná k automatizaci.</i>	MJ mají částečně definované trasy s převahou nestandardní manipulace. <i>Nevhodná k automatizaci.</i>	MJ prochází opakujícími trasami pro jeden druh zařízení. <i>Vhodná k minimální automatizaci.</i>	MJ prochází definovanými trasami v určitém sektoru pro určitý druh zařízení. <i>Vhodná k částečné automatizaci</i>	MJ sdílená v určitém sektoru podniku pro všechny manipulační zařízení. <i>Vhodná k většinové automatizaci</i>	MJ sdílená napříč podnikovými sektory pro všechny manipulační zařízení bez potřeby standardizace. <i>Vhodná k plné automatizaci</i>
		U6: Identifikace manipulačních jednotek	Manipulační jednotky nejsou identifikovatelné nebo jsou identifikovatelné vizuálně (potisk).	Manipulační jednotky lze identifikovat s využitím standardizovaného štítku.	Manipulační jednotky lze identifikovat načtením čárového kódu, QR kódu na malou vzdálenost.	Manipulační jednotky lze identifikovat pomocí technologií RFID, NFC (bezkontaktně) a jednak čárovými kódy, QR kódy – tzv. kombinace.	Manipulační jednotky lze identifikovat jen bezkontaktně pomocí vysílače, který je automaticky připojený k přijímači.	Jednotky identifikovatelné na různé vzdálenosti na principu bezkontaktní automatické identifikace s možností hromadného snímání.
		Příklady logistických prvků a technologií pro SD2	Spotřebitelský obal, ruční označení - potisk.	Interní obaly, přepravky, palety. Standardizovaný štítek.	Paleta EUR/ISO, roltejner. Čárový kód, QR kód.	Normované jednotky. Technologie RFID, NFC.	Výrobku přizpůsobitelné palety a kontejnery. Bluetooth technologie, RFID.	Modifikovatelné Smart manipulační jednotky. Wi-Fi síť, intranet.

Úrovně		0	1	2	3	4	5
D1: DIMENZE MANIPULACE SD3: SUBDIMENZE – Informační zajištění při manipulaci	U7: Zpracování dat	Data nejsou zaznamenávána a zpracovávána, případně ruční náhodné zaznamenávání dat v papírové podobě. S daty se nijak systematicky neparuje.	Neefektivní zpracování a nevyužití dat. Manuální sběr dat a následné zadávání do PC (MS Excel), sběr dat je pravidelný dle metodiky. Využití klasických nástrojů.	Periodické zpracování dat do různých interních informačních systémů, které nejsou vzájemně propojené a data nejsou strukturovaná.	Zpracování dat do informačních systémů, které jsou vzájemně propojené. Je možné lokálně automatizovat zpracování včetně automatického sběru do datových skladů.	Částečně automatizované zpracování dat v informačních systémech, které jsou sdílené napříč podnikem. Využití prediktivní analýzy k provozu.	Plně automatizované zpracování inteligentních dat napojené na cloudové úložiště a vytvoření jednotného datového modelu. Systém autonomně pracující s daty.
	U8: Komunikace a propojení techniky	Manipulační technika není propojená a žádný informační komunikační tok.	Základní offline komunikace manipulační techniky (komunikace pomocí tříděných dat).	Základní propojení manipulační techniky, zavedení systému komunikace (řízení jedním programem).	Propojení, přepravních technologií i plánovacích softwarů. Částečné automatické řízení procesů a techniky pomocí vyspělých IS.	Koordinace přepravních zařízení a autonomní synchronizace výrobních a logistických procesů dle aktuálních podmínek a požadavků.	Vzájemná komunikace přepravních zařízení a vyměňování dat v reálném čase, tzv. (M2M) komunikace na základě řídicích systémů s AI.
	U9: Správa dat manipulační techniky	Neprobíhá žádná správa dat manipulační techniky a údržba vykonána až po poruše.	Jsou stanoveny pravidelné kontroly a servis manipulační techniky (standartní plán údržby).	Hlášení poruch a servisu se provádí po vydání signálu manipulační techniky a na základě diagnostiky.	Přepravní zařízení zasílá reporty o stavu zařízení do serveru (baterie, přetížení).	Sledování zařízení na základě lokalizace v reálném čase a příjem a analýza dat s následným vyhodnocením.	Pro správu a analýzu manipulační techniky jsou využívány automatické IS včetně vzájemné komunikace.
	Příklady logistických prvků a technologií pro SD3	Papírová dokumentace.	Základní software, programy aplikace MS Excel.	Informační systémy s periodickým sběrem dat.	Informační systémy propojují všechny oblasti podniku. Datové sklady.	Cloudové technologie, informační brány. Datová jezera.	Umělá inteligence a sofistikované algoritmy.

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D2: DIMENZE SKLADOVÁNÍ	SD4: SUBDIMENZE – Skladovací technika	U10: Stupeň automatizace skladovací techniky	Skladovací technika ovládaná manuálně člověkem bez nastavených procesů.	Nastavené procesní řešení skladových operací, které jsou vykonávané manuálně pomocí skladovací techniky.	Skladovací technika přechází na částečně automatizovanou při standardních úkonech, převažuje manuálně ovládaná skladová technika.	Skladovací technika je pro dílčí oblasti automatizovaná pro předem definované úkony, interference lidského faktoru.	Eliminace lidského faktoru. Skladovací technika je většinou automatizovaná s robotickými prostředky se vzájemnou komunikací.	Bezobslužná skladovací technika je komplexně automatizovaná, s robotickými prostředky a automaticky řízenými zařízeními.
			0 %	0 %	0 % - 25 %	25 % - 50 %	50 % - 75 %	75 % - 100 %
		U11: Environmentální aspekty skladovací techniky	Využívání neekologických spalovacích motorů bez emisních limitů.	Implementace pohonných jednotek redukující CO ₂ , NO a polévaté částice. Pohonné jednotky na CNG, LPG.	Implementace elektrických pohonných jednotek.	Implementace elektrických pohonných jednotek s možnou recyklací.	Implementace skladovacích zařízení na elektrické pohony z obnovitelných zdrojů s částečnou recyklací.	Skladová technika využívá obnovitelné zdroje energie. Zařízení lze kompletně recyklovat včetně baterie.
U12: Systém uložení materiálu	Volně uložené skladové položky bez systému a řádu, nevyužita žádná skladová technologie.	Skladové položky jsou uloženy v regálových systémech s označenými lokacemi s definovanými pravidly.	Skladové položky uloženy v regálových systémech s efektivním spravováním obsazování skladových pozic.	Skladové položky v regálech, dynamických regálech a výtahových systémech s dílčí automatizací.	Automatizovatelný skladový systém pro všechny položky (vč. velikosti), s robotizovaným zaskladněním a vychystáním položek, vybaven senzory pro operační stav.	Samo-organizovatelný uzavřený skladový systém - autonomní sklad s robotizovaným zaskladněním a vychystáním položek, kompletně senzoricky vybaven pro detekci operačních a poruchových stavů.		

		<p>U13: Řízení skladové technologie</p>	<p>Základní způsob skladové technologie bez využití informační techniky a nastavených řídicích procesů. <i>Neřízený sklad.</i></p>	<p>Skladovací technologie automaticky poskytují data v dané procesní certifikaci. Částečná identifikovatelnost pohybů a úkonů. <i>Částečně řízený sklad</i></p>	<p>Skladové technologie s nástroji pro sběr dat. Rozšířené rozhraní člověk – stroj s nastaveným řízením a identifikovatelnost pohybů. <i>Řízený sklad</i></p>	<p>Skladovací technologie komplexněji napojená na IS v kombinaci s automatizovanými robotickými prostředky a zařízeními. <i>Automatizovaný sklad</i></p>	<p>Skladovací technologie jsou integrovány do informačního prostředí. Operativní řízení dle předdefinovaných pravidel a autonomních algoritmů. <i>Inteligentně řízený sklad</i></p>	<p>Skladovací technologie jsou automaticky řízeny IS. Komplexní skladový systém je řízen umělou inteligencí nebo pokročilými algoritmy, online a je plně digitalizován. <i>Autonomní sklad</i></p>
		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD4</p>	<p>Lidmi řízená manipulační technika – vozíky. Žádné vybavení skladu.</p>	<p>Vysokozdvížené vozíky, retrakové vozíky. Základní regálový systém s označením.</p>	<p>Částečně automatizované skladové prostředky, retraky. Regálový systém napojený na IS.</p>	<p>Automatizované skladové prostředky – VZV, retraky s online komunikací. Výtahové systémy, karusely.</p>	<p>Autonomní skladové prostředky a systémy, kooperativní roboti. Samostatně fungující sklad.</p>	<p>Komplexně automatizovaný sklad, automatizované vychystávací zařízení, komplexní robotická obsluha.</p>

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D2: DIMENZE SKLADOVÁNÍ	SD5: SUBDIMENZE – Informační zajištění při skladování	<p>U14: Interkonektivita skladového systému</p>	<p>Manipulační a skladový systém není propojen.</p> <p>Komunikace na základě pracovníků a jejich odpovědnosti.</p>	<p>Základní offline komunikace manipulační a skladovací techniky, využívaná komunikace operátorů a vzájemného předávání informací.</p>	<p>Propojení manipulační a skladovací techniky. Operátoři komunikují s informačním systémem díky rozhraní člověk – stroj a je zde základní propojení techniky.</p>	<p>Většinová komunikace skladovacích a manipulačních zařízení díky rozhraní a navigačním systémům. Logistické technologie postupně integrovány s informačními technologiemi.</p>	<p>Interkonektivita jednotlivých zařízení a všech objektů prostřednictvím IoT. Jednotlivá zařízení jsou koordinovány a optimálně využívány.</p>	<p>Činnost zařízení je koordinována na principu multi-agentového systému. Systémová platforma s infrastrukturou pro interakci zařízení v reálném čase. Autonomně řízené prostředí.</p>
		<p>U15: Lokalizovatelnost materiálu</p>	<p>Materiál je umístován do skladových lokací volně na základě označení druhu materiálu.</p>	<p>Lokace materiálu je zaevidována v tištěné dokumentaci nebo v základním informačním systému.</p>	<p>V průběhu vlastního uskladnění jsou načteny datové identifikátory materiálu a skladové lokace.</p>	<p>Záznamy o skladových lokacích jsou vyhotovené v reálném čase, identifikovatelné, dohledatelné, prioritizované.</p>	<p>Robotické prostředky dostávají pokyny v reálném čase, který materiál se má kam uložit dle několika kritérií.</p>	<p>Samo-organizovatelné, robotizované zařízení, které vyhodnocuje všechny soubor kritérií a ukládá materiál s optimalizací.</p>
		<p>U16: Systém vychystávání materiálu</p>	<p>Materiál není ve skladu přesně lokalizován, systém vychystání založen na informacích a zkušenostech pracovníka.</p>	<p>Systém vychystávání prováděn dle definovaných pravidel, informace o lokaci dle dokumentace nebo IS.</p>	<p>Díky rozhraní člověk – stroj základní navigační informace přímo do operačního prostoru pracovníka.</p>	<p>Personál je přesně a detailně navigován při plnění jednotlivých úloh informačním systémem s využitím navigačních a signalizačních metod.</p>	<p>Většinově automatizovaný systém vychystávání položek ve správném pořadí k pickovací stanici pro pracovníka (kolaborativního robota).</p>	<p>Komplexně automatizovaný systém vychystání v bezobslužném skladu napojen na další manipulační a skladové činnosti.</p>

		<p>U17: Sběr a zpracování dat</p>	<p>Ne úplné informační pokrytí, omezené zdroje informací, informace jsou zpracovávány manuálně. Není plán systematizace sběru informací.</p>	<p>Sběr dat může být manuální. Data jsou zpracována elektronicky v aplikacích, základních IS, rozsah a četnost sběru dat v souladu s certifikací.</p>	<p>Data z procesů jsou sbírány kontinuálně. Informace jsou zpracovávány převážně manuálně v IS. Je realizováno datové úložiště, jeho napojení na zdroje informací.</p>	<p>Kontinuální přenos informací z externích zdrojů, sdílení napříč organizací. Počátek realizace propojení s okolím. Automatické zpracování informací pomocí jednoduchých algoritmů.</p>	<p>Procesy se automaticky přizpůsobují vstupním datům na základě algoritmu nebo zásahu člověka. Komplexní napojení interních dat na externí datové zdroje s automatickým zpracováním.</p>	<p>Procesy jsou automaticky řízeny na základě dostupných dat. Proces je plně řízen na základě umělé inteligence. Doba na vyhodnocení dat je minimalizována automatickým zpracováním informací.</p>
		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD5</p>	<p>Ruční zpracování dat, papírová dokumentace.</p>	<p>Základní software, například aplikace MS Excel pro skladové položky.</p>	<p>Datové úložiště a vnitropodniková síť (metalická, optická a bezdrátová technologie). Systém pro řízení skladů (WMS).</p>	<p>Implementovaný software s podporou vyhodnocování informací s podporou algoritmů a umělé inteligence.</p>	<p>Specializovaný hardware s podporou umělé inteligence nebo pokročilých algoritmů.</p>	<p>Specializovaný hardware s podporou umělé inteligence nebo pokročilých algoritmů.</p>

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D2: DIMENZE SKLADOVÁNÍ	SD6: SUBDIMENZE – Příjem materiálu a expedice	U18: Proces příjmu a uskladnění	Nahodilý manuální proces zpracování příjmu bez standardizovaných činností a bez informačního zajištění. Papírová evidence a identifikace s neřízeným skladováním.	Proces příjmu a jeho činností prováděn celý dle nastavené metodiky vč. identifikace s manuální aktualizací zásob v IS, manuální verifikace shodnosti s neřízeným skladováním.	Standardizovaný proces příjmu s manuální identifikací (např. scanovacím zařízením) s automatickým přijetím položky do IS nebo do modulu WMS. Řízený proces uskladnění.	Rozšíření terminálů a postupná automatizace příjmu položek s minimalizací manuálních činností (jen třeba vykládka), automatické přijetí a identifikace položky do WMS.	Většinově automatizovaný proces příjmu, obsazen kolaborativní roboty s automatickým zaskladňováním položek a minimálním zásahem člověka.	Komplexně automatizovaný proces příjmu v kooperaci s roboty, kteří vykonávají všechny činnosti s následnou integrací položek do automatizovaného skladu pro všechny položky.
		U19: Proces vychystání, kompletizace a expedice	Manuální proces vychystání, kompletace (picking) expedovaných položek. Papírová evidence při zpracování.	Proces vychystání, kompletace (picking) a expedice dle nastavené metodiky s využitím IS, s manuální verifikací shodnosti položek	Standardizovaný proces vychystání a kompletace (picking) s manuální identifikací a automatickým odepsáním položek v IS.	Dynamický picking, synchronizace s WMS. Minimalizace manuálních činností. Automatická identifikace expedovaných položek.	Proces pickingu je většinově automatizován v kooperaci s kolaborativními roboty, některé činnosti příjmu jsou ve spolupráci člověka.	Plně automatizovaný proces vychystání a kompletizace položek k expedici, disponující roboti s umělou inteligencí, samo řídicí systémy.
		U20: Systémy pro evidenci zásob	Nedostatečný systém pro evidenci skladových zásob nebo absence systému (papírová evidence), neefektivní inventarizace zásob.	Evidence zásob v informačních systémech a databázích, s manuální aktualizací při příjmu a expedici zboží.	Zpracování o stavu zásob probíhá elektronicky po manuální identifikaci do firemního IS, kontrolu stavu zásob dělá personál.	Zpracování stavu zásob probíhá elektronicky po manuální identifikaci, digitální zpracování do IS se všemi atributy zásob.	Sledování stavu zásob v reálném čase automaticky - přesný stav skladových zásob s flexibilním řízením zásobování skladu (řídicí informační systém).	Zpracování stavu zásob probíhá zcela automaticky včetně kontroly.

		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD6</p>	<p>Bez technologií - papírová dokumentace.</p>	<p>Základní programy aplikace MS Excel. Elektronické zpracování.</p>	<p>Informační systém pro řízení skladů WMS (Warehouse Management System). Využití datového úložiště a vnitropodnikové sítě. Automatické odepisování v ERP. Pick by Paper (dle tzv. pick listu).</p>	<p>Implementovaný informační systém s podporou vyhodnocování informací. Propojení WMS a ERP. Inovativní systémové platformy - dig. dvojčata a AR. Pick by Voice. Pick by Light.</p>	<p>Skladovací systém je řízen pomocí sofistikovaných IS, kdy je proces aktivován na základě lidské činnosti. Dynamické naskladnění a vychystávání.</p>	<p>Systémy s umělou inteligencí, robotizované vybavení skladu.</p>
--	--	---	--	--	---	---	--	--

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D3: DIMENZE BALENÍ	SD7: SUBDIMENZE – Balící technologie	U21: Stupeň automatizace	Proces balení není procesně nastaven a balení probíhá manuální způsobem a nestandardně.	Proces balení je nastaven a probíhá manuálně dle určité metodiky s využitím mechanických nástrojů.	Pro standardizované základní činnosti je balení automatizováno s obsluhou člověka (například paletizace).	Proces balení je poloautomatizován s následnou paletizací a základní robotizací definovaných činností.	Automatizovaný kompaktní proces balení s kolaborativními roboty, řízen pomocí IS a vykonáván v kooperaci s člověkem.	Plně autonomní balící proces, který je komplexně automatizován a vybaven kolaborativními roboty s AI a vzájemnou komunikací.
			0 %	0 %	0 % - 25 %	25 % - 50 %	50 % - 75 %	75 % - 100 %
		U22: Přizpůsobitelnost balící technologie k produktu	Není stanovena balící technologie a ani systém balení. Přizpůsobitelnost žádná.	Standardizovaný balící proces pro konkrétní produkty, změna produktu mění nastavení celého procesu (vč. zařízení a nástrojů).	Proces balení je možné přizpůsobit podobnému charakteru výrobků s přestavbou a novým nastavením automatizovaných procesů.	Proces balení je možné přizpůsobit určité skupině výrobků s větší variabilitou pouze s manuální rekonfigurací balení.	Automatizovaná balící linka s variabilní přizpůsobitelností produktu v kombinaci s částečným manuálním nastavením.	Komplexně automatizovaná balící linka (automat), která se automaticky přizpůsobí jakémukoliv výrobku.
		U23: Rozšířená funkčnost balení	Balící technologie nedisponuje rozšířenými funkcemi. Nedostatečné základní funkce.	Základní funkce balení produktu – ochranná a manipulační dle nastavených procesů balení.	Základní funkce + rozšířené funkce kompletního balícího procesu s následnou paletizací.	Pokročilejší rozšířené funkce balícího procesu včetně označení druhu produktu.	Rozšířené funkce balícího procesu s kontrolou kvality a označením produktu a online komunikací.	Komunikační schopnost balící linky s automaty, roboty s AI, všechny rozšířené funkce.
Příklady logistických prvků a technologií pro SD7	Základní vybavení pro manuální způsob balení.	Ruční odvíječ na pásy nebo ruční páskovací nástroj, manuální ovinovací nástroj.	Vertikální balička, páskovací stroj, smršťovací stroj, etiketovací stroj.	Poloautomatický ovinovací stroj, nehnaný válečkový dopravník.	Balící linky. Kolaborativní robot.	Autonomní balící linky.		

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D3: DIMENZE BALENÍ	SD8: SUBDIMENZE – Druhy obalů a obalový materiál	U24: Standardizace obalů	Základní obalový materiál, který není standardizovaný, spotřebitelský obal.	Obaly nastavené dle politiky podniku, jsou standardizované podnikem.	Standardizované obaly sdílené mezi podniky. Optimalizované obaly v parametrech - materiál, hmotnost, velikost.	Standardizované obaly je možné seskupovat a vytvářet tzv. obalový systém. Vhodnější použití materiálů obalů.	Standardizovaný obal, který je modifikovatelný (redukce objemu při zpětném transportu), vhodný pro automatizaci.	Rozměrově modifikovatelný inteligentní obal pro komplexní automatizaci, který je navíc s funkcí lokalizovatelnosti.
		U25: Identifikace obalů	Obaly nejsou označeny, pokud jsou, je to na základě manuálního označení nebo vizuální identifikace – potisk.	Obal je označen standardizovaným štítkem.	Obal je označen čárovým kódem, nebo QR kódem pro automatickou identifikaci.	Obal je označen kombinací čárových kódů, QR kódů a RFID čipů, NFC technologie.	Obaly jsou označeny RFID čipy a čipy s technologií Bluetooth pro komplexní bezkontaktní automatickou identifikaci.	Obaly jsou díky čipu připojeny k intranetu (přes Wi-Fi). Není potřeba žádného dalšího zařízení
		U26: Další funkčnost obalů	Základní obalový materiál bez dalších funkcí.	Základní funkce obalového materiálu dle certifikace – ochrana produktu, skladovatelnost, možná manipulace.	Obaly obsahující funkce senzory pro základní automatizaci (naplnění regálů). Informační funkce, další zacházení s obalem.	Obaly obsahující indikátory pro rozšířené funkce (kontrola výrobků, měření teploty, vlhkosti, detekce, Crash testy).	"Smart" obaly se sledováním, indikátory a monitoringem produktů s bezkontaktním čtením. Vícefunkční obaly.	"Smart" obaly se smart labely, všechny rozšířené funkce, podporující vzájemnou komunikaci.
		Příklady logistických prvků a technologií pro SD8	Žádné chytré ani konektivní prvky obalu. Základní typy obalů.	Standardizovaný štítek pro přenos informací, bez technologie automatické identifikace.	Laserová čtečka QR kódů. Europaleta/KLT, přepravy/gitterbox . Čárové kódy, laserová čtečka, plastové přepravy.	NFC skener, KLT/europaleta s NFC čipem, beacon tagy, ohradové palety, GLT boxy. Smart labely (chytré etikety).	Plastová paleta s bluetooth čipem. Automatizované bluetooth zařízení detekující obaly. Smart labely (chytré etikety).	XL Motion přepravy, odlehčená skládací paleta z tvrdého plastu, lehké a odolné obaly.

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D3: DIMENZE BALENÍ	SD9: SUBDIMENZE – Environment a obalové hospodářství	U27: Postoj podniku k obalovému hospodářství	Podnik se nezabývá obalovým hospodářstvím, neřídí se právními předpisy a environmentálními aspekty.	Podnik se řídí právními předpisy obalového hospodářství částečně – všeobecně (zákon o odpadech, vnitropodnikový proces).	Podnik třídí odpad a má specialistu na ekologii, který se zabývá obaly a jejich životním cyklem. Řídí se právními předpisy a je stanovený program.	Podnik využívá služeb externího specialisty na ekologii v rámci obalového hospodářství. Vedení evidence obalů (Vyhláška č. 400/2017 Sb.).	Podnik má tým specialistů, kteří se zaměřují na ekologii a obal. hospodářství. Podnik musí splňovat veškeré požadavky legislativy, etické principy. Implementování ISO 14001:2011.	Podnik má vlastní útvar pro ekologii a obaly, který se zabývá kompletním životním cyklem obalů a provádí výzkum a vývoj nových typů environmentálních obalů.
		U28: Opakovatelnost obalů	Obaly, které se budou používat jednorázově a není možné je recyklovat nebo znovu použít.	Jednorázové obaly, které jsou tříděny nebo v rámci obalového hospodářství dále přeprodávány k jinému využití.	Znovu použitelný obal (do 20 oběhů), který je následně recyklován.	Opakovaně použitelný obal (20-50 oběhů), který je následně recyklován.	Vícenásobně použitelný obal (nad 50 oběhů), který je následně recyklován nebo biodegradabilní obal.	Podnik používá výhradně obaly k opakovanému používání, recyklovatelné. Smlouva s odběrateli.
		U29: Environmentální aspekty obalů	Vznik odpadu z obalu. Odpad není nijak zpracováván.	Sběr obalů a skladování obalů.	Sběr obalů a jejich třídění dle vyhlášky č. 93/2016 Sb.	Obaly jsou recyklovány nebo odesílány k recyklaci.	Zhodnocování obalů (zahrnuto v ceně produktu zneškodnění obalu Zákon č. 477/2001 Sb.).	Opakovatelnost využívání obalů – zpětný odběr obalů (zálohové obaly)
		Příklady logistických prvků a technologií pro SD9	Nerecyklovatelný, neekologický obal.	Nerecyklovatelný obal.	Recyklovatelný obal s nízkou využitelností.	Recyklovatelný obal s vysokou využitelností.	Recyklovatelný obal, biodegradabilní obal.	Recyklovatelný obal, kompostovatelné folie.

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D4: DIMENZE ZÁSOBOVÁNÍ	SD10: SUBDIMENZE – Zásobovací technika	U30: Stupeň automatizace	Základní zásobovací technika ovládaná manuálně člověkem bez standardizace procesů. Technika není mechanizována.	Základní zásobovací technika ovládaná manuálně člověkem s procesním řízením a formalizací. Mechanizované zásobování.	Zásobovací technika přechází na částečně automatizovanou při standardních úkonech, jinak manuální ovládání s formalizací a harmonogramem.	Zásobovací technika je více automatizovatelná pro předem definované úkony na uzavřených trasách se zásobovacím plánem, jinak manuální ovládání techniky se spoluprací operátora a IS.	Zásobovací technika je většinou automatizovatelná a dynamicky řízena IS. Člověk se podílí na rozhodování a pokrývá zbylé činnosti manuálním ovládním techniky.	Zásobovací technika kompletně automatizovaná ve formě autonomních dopravních systémů bez činností vykonávaných člověkem.
			0 %	0 %	0 % - 25 %	25 % - 50 %	50 % - 75 %	75 % - 100 %
		U31: Environmentální aspekty	Využívání neekologických spalovacích motorů bez emisních limitů.	Implementace pohonných jednotek redukující CO ₂ , NO a polévaté částice. Pohonné jednotky na CNG, LPG.	Implementace elektrických pohonných jednotek.	Implementace elektrických pohonných jednotek s možnou recyklací.	Implementace manipulačních zařízení na elektrické pohony z obnovitelných zdrojů s částečnou recyklací.	Manipulační technika využívá obnovitelné zdroje energie. Zařízení lze recyklovat kompletně včetně baterie.
	U32: Navádění zásobovací techniky	Technika pro zásobování není naváděna (neexistuje systém navádění) a operátor vykonává činnosti chaoticky a na základě zkušeností.	Technika pro zásobování je naváděna průmyslovými metodami (harmonogram, definované trasy), které operátoři využívají včetně znalostí.	Technika pro zásobování je částečně naváděna dle signalizace s digitálním záznamem, který dostávají operátoři obsluhující techniku.	Technika pro zásobování je naváděna dle signalizace bezdrátové technologie s komunikací operátor – IS. Základní senzorické vybavení pro automatizovanou techniku.	Samonaváděcí technika pro automatizované zásobování, naváděna dle IS s částečnou online komunikací, senzorické vybavení pro operační stav.	Samonaváděcí technika pro komplexně automatizované zásobování, obsluhující systém kompletně obsazen senzoricky a roboticky vybaven.	

		<p>U33: Řízení zásobovací techniky</p>	<p>Základní způsob řízení zásobovací techniky bez využití informační techniky, navádění a nastavených procesů. <i>Neřízené zásobování</i></p>	<p>Řízení zásobovací techniky dle určité nastavené metodiky a standardizace s minimálním využitím informační techniky. <i>Standardizované zásobování</i></p>	<p>Standardizované a formalizované řízení zásobovací techniky s vazbou na informační systémy, které ale ještě neplní primárně řídicí funkci. Počátek rozšířeného rozhraní člověk – stroj. <i>Formalizované částečně řízené zásobování</i></p>	<p>Řízení zásobovací techniky na základě integrovaných informačních řídicích systémů, rozšířené rozhraní člověk – stroj s přiřazováním úkolů a monitoringem pro minimalizaci prostojů. <i>Řízené zásobování</i></p>	<p>Řídicí dynamický systém procesu zásobování, které je integrován do informačního prostředí a řídí operativní zásobovací úlohy, decentralizovaně. Pružné procesy díky optimalizaci toků. <i>Dynamicky řízené zásobování</i></p>	<p>Zásobovací proces řídí inteligentní řídicí systémy s umělou inteligencí, které generují úkoly, uplatňující predikční a preskriptivní modely řízení z aktuálního sběru a vyhodnocení dat. <i>Autonomní zásobování</i></p>
		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD10</p>	<p>Základní technika – vychystávací vozík, ruční paletový vozík.</p>	<p>Mechanizovaná technika – vysokozdvížné vozíky.</p>	<p>Vysokozdvížné vozíky, pásové dopravníky, tahače.</p>	<p>Kombinace mechanizované techniky s řízenými automatizovanými vozíky, tahači, vláčky.</p>	<p>Automaticky řízené dopravní zařízení (AGV).</p>	<p>Autonomní dopravní systémy (AGV, samonaváděné přepravné plošiny nebo drony).</p>

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D4: DIMENZE ZÁSBOVÁNÍ	SD11: SUBDIMENZE – Technologie zásobování	U34: Systém zásobování pracovišť	Není stanovený systém zásobování pracovišť, zásobování prováděno pracovníky na pokyn odpovědné osoby dle vizuální kontroly stavu zásob nebo od operátorů pracovišť.	Procesně nastavený systém zásobování, kde operátoři obsluhující techniku jsou naváděni průmyslovými metodami, stav zásob je zajišťování vizuální kontrolou, nebo požadavkem z výroby.	Procesně nastavený systém zásobování, který je řízen aktuální spotřebou materiálu na pracovišti a dle této signalizace je provedeno formalizované zásobování operátory obsluhující techniku se záznamem dat.	Nastavený systém zásobování podle pevně stanoveného zásobovacího plánu a harmonogramu, elektronická signalizace aktuální potřeby materiálu ve výrobě.	Dynamický zásobovací systém, na základě přístupu k datům z výroby a disponibilnímu množství (autonomní synchronizace).	Autonomní systém zásobování, kde obsluhování výroby probíhá formou decentralizovaného řízení dle aktuální potřeby, situace a vlastní sady dat komunikujících systémů.
	U35: Řízení zásob	Základní řízení zásob, které je nevhodné a neefektivní bez využití informační techniky a absence využití modelů řízení, neprovádí se žádné analýzy a predikce.	Nastavené řízení zásob dle interní metodiky, které využívá základní informační techniku a klasické modely řízení zásob, včetně základních analýz zásob s predikcemi.	Adaptibilní řízení zásob, které pružně reaguje na jakékoliv změny, využívá podnikové informační systémy a integruje do nich data, včetně podrobnějších analýz zásob a jejich vhodných kritérií, s následnou klasifikací.	Řízení zásob na základě optimalizačního přístupu (spotřeba, predikce), s využitím detailní segmentace, analýz klíčových kritérií s využitím informačních systémů, které umožňují automatické řízení zásob.	Efektivní řízení zásob na základě dynamického optimalizačního přístupu, integrující data získána v reálném čase do informačního systému. Detailní klasifikace všech zásob a minimalizace nákladů v nich obsažených.	Autonomní zásobování s inteligentními řídicími systémy zásob, které uplatňují predikční a preskriptivní modely na výsledky analýz velkých dat s optimalizací stavu zásob, jsou samostatně řízené.	

		<p>U36: Systém vyžádání materiálu</p>	<p>Nejsou zpracovány data pro odvolávky materiálu a není stanoven systém vyžádání, řešení ad hoc. <i>Vizuální kontrola, telefon.</i></p>	<p>Odvolávky materiálu jsou zpracovávány manuálně a poté zaznamenávány, zaveden základní systém pro vyžádání. <i>Vizuální kontrola, pokyn dispečera.</i></p>	<p>Odvolávky materiálu jsou zpracovány manuálně s digitálním záznamem. <i>Fyzická signalizace potřeby.</i></p>	<p>Odvolávky materiálu zpracovány elektronicky, digitálním záznamem, který propojuje výrobu se skladem. <i>Elek. signalizace potřeby.</i></p>	<p>Poloautomatické zpracování odvolávek materiálu (elektronické zpracování a vyhodnocení) s kontrolou a potvrzením operátora.</p>	<p>Plně automatické zpracování odvolávek všech materiálů (zpracování, vyhodnocení, optimalizace). Kontrola operátora.</p>
		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD11</p>	<p>Základní zásobovací systém ad hoc, bez technologií pro zásobování.</p>	<p>Pěvně stanovený zásobovací plán, předepsaný harmonogram.</p>	<p>Just-in-Time metody. Tahový princip - Kanban (kanbanové karty).</p>	<p>Elektronický kanban - automatické a dynamické stanovení priorit kanbanových objednávek.</p>	<p>Dynamická podoba – Milk Run 4.0., autonomní synchronizace pro zásobování výroby s rozhodnutím zaměstnance.</p>	<p>Kompletní autonomnost systému zásobování.</p>

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D4: DIMENZE ZÁSOBOVÁNÍ	SD12: SUBDIMENZE – Informační zajištění odvolávek materiálu	U37: Evidence dat o zásobách	Data jsou neefektivně zaznamenávána a zpracovávána, manuální zaznamenávání, papírová evidence dat. S daty se nijak systematicky neparuje.	Základní zaznamenání a zpracování dat. Pravidelný manuální sběr dat a zadávání do PC, základní nebo zastaralé a nepropojené IS, MS Excel.	Elektronické zpracování dat do interního informačního systému (manuální identifikace), data nejsou strukturovaná.	Elektronické zpracování dat do informačních systémů, které jsou vzájemně propojené. Digitální zpracování dat. Pokročilá prediktivní analýza.	Zpracování dat probíhá částečně automaticky, případně elektronické zpracování dat v IT systémech sdílených napříč podnikem. Integrovaný systém pokrývá všechny aktuální potřeby.	Zpracování inteligentních dat probíhá automaticky, napojené cloudové úložiště a pokročilé technologie. Vyhodnocování dat v reálném čase.
		U38: Komunikace se sektorem výroby	Systém zásobování s oblastí výroby není propojen. Komunikace na základě pracovníků a jejich odpovědnosti.	Nastavená základní offline komunikace systému zásobování s oblastí výroby, s komunikací operátorů a předávání informací. Stroje nejsou zapojeny do logistických operací.	Základní propojení systému zásobování a oblastí výroby, zavedení systému komunikace (řízení jedním programem) a pilotní projekty digitalizace.	Komunikace systému zásobování a oblastí výroby na základě dat, které jsou integrovány do informačního systému, který částečně řídí proces zásobování. Operační technologie postupně integrovány s informačními technologiemi.	Komunikace systému zásobování a oblastí výroby s autonomní synchronizací těch procesů na základě řídicího informačního systému a reálných dat. Operační technologie kompatibilní s digitálním operačním prostředím.	Vzájemná komunikace výrobních a zásobovacích zařízení, vyměňování dat v reálném čase tzv. machine-to-machine (M2M) komunikace. Digitální operační prostředí integruje všechny operativní aktiva.

		<p>U39: Odvolávky - Zákaznické objednávky</p>	<p>Systém objednávek materiálu není nastaven a k objednávkám dochází nahodile formou telefonického objednání, emailu, ad hoc.</p>	<p>Standardizovaný proces objednávek materiálu na základě stanoveného zásobovacího plánu – následné elektronické zpracování dat.</p>	<p>Manuální zpracování objednávek, využití informačního systému s automatickým načítáním formulářů. Standardní systémy jako ERP, PLM, MES.</p>	<p>Informační zajištění objednávek materiálu, hlídá se hladina zásob a reaguje na potřebu automatickým zasláním požadavku s potvrzením personálu.</p>	<p>Modulový dodavatele online komunikují, sdílí data a reagují na aktuální potřebu materiálu pro dodání, přímá komunikace se zákazníkem (EDI), s nahlížením do skladových zásob.</p>	<p>Komunikační platforma celého dodavatelského řetězce s řízením, sledováním objednávek, online komunikací, propojené systémy (nahlížení dodavatele).</p>
		<p>Příklady logistických prvků a technologií pro SD12</p>	<p>Papírová evidence dat, systémy ad hoc bez systému zásobování.</p>	<p>Jednoduché nepropojené informační systémy. Základní aplikace a nesdílené soubory. Zásobovací plán.</p>	<p>Infomační systémy. Standardní systémy jako ERP, PLM, MES.</p>	<p>Integrace řídicího systému s podnikovým ERP. Pružné zásobování.</p>	<p>Autonomní synchronizace výrobních a logistických procesů.</p>	<p>Řídicí systémy s AI, uplatňují predikční a preskriptivní modely na výsledku analýz velkých dat.</p>

Úrovně		0	1	2	3	4	5	
D5: DIMENZE IDENTIFIKACE MATERIÁLU	SD13: SUBDIMENZE – Způsob identifikace	U40: Stupeň automatické identifikace materiálu	Nestandardní způsob identifikace – prováděna pouze manuálně.	Nastavena základní identifikace materiálu – procesně nastavená identifikace vykonávaná člověkem.	Identifikace u některých materiálů probíhá automaticky, nicméně v kombinaci s manuální identifikací.	Většinový podíl automatické identifikace materiálu. U některých materiálů probíhá manuální identifikace s elektronickým zpracováním dat.	Implementovaný proces automatické identifikace, který probíhá s automatickou evidencí a zpracováním dat. Komunikaci mezi jednotlivými komponentami na základě senzorických dat.	Plně automatická identifikace materiálu kompatibilního s autonomními zařízeními, automatická evidence, vyhodnocení dat. Digitální operační prostředí.
			0%	0%	0% - 50%	50% - 100%	100%	100%
		U41: Způsob identifikace materiálu	Proces identifikace není definovaný. Identifikace je manuální. Pracovník musí označit, přečíst informace a převést do fyzické evidence (papírová evidence).	Je definován základní systém identifikace s využitím standardizovaného štítku. Identifikace je manuální. Pracovník musí přečíst informace a ručně je zadat do PC.	Standardizovaný proces kontaktní identifikace materiálu. Optická identifikace. Manuální čtení pomocí snímače čárových kódů – specializované čtečky.	Kombinace identifikace materiálu na principu bezkontaktní automatické identifikace jednotlivého zboží v kombinaci s kontaktní identifikací.	Identifikace materiálu. na různé vzdálenosti na principu bezkontaktní automatické identifikace se snímáním jednotlivých materiálů.	Identifikace materiálu. na různé vzdálenosti na principu bezkontaktní automatické identifikace se snímáním jednotlivých materiálů nebo hromadného snímání.
		U42: Značení materiálu	Získání dat vizuálně na ručně označeném štítku.	Využití standardizovaného štítku.	Čárový kód na materiálu. Lacerová víceřádková čtečka.	Kombinace čárového kódu a RFID čipů.	RFID technologie s průmyslovými čtečkami.	Zpracovávané materiály nesou transpondéry RFID/NFC.
	Příklady logistických prvků a technologií pro SD13	Nedefinované štítkové označení.	Standardizovaný štítek.	Čárové kódy.	RFID čipy, čárové kódy.	RFID čipy, průmyslová čtečka.	RFID, NFC, mobilní koncový přístroj.	

		Úrovně	0	1	2	3	4	5
D5: DIMENZE IDENTIFIKACE MATERIÁLU	SD14: SUBDIMENZE – Informační zajištění	U43: Informační technologie	Podnik není informačně zajištěn, data jsou zpracovávány manuálně a nedostatečné informační pokrytí logistické oblasti podniku.	Data jsou zpracována elektronicky v aplikacích, základní informační zajištění, různé vzájemně nepropojené informační systémy, většinou asi zastaralé. Využíván především MS Excel.	Interní informační systémy, které nejsou vzájemně propojené, jsou ale konkrétně profilované, mají základní funkcionality dle dílčí oblasti interní logistiky a data v nich nejsou strukturovaná. Standardní systémy jako ERP, PLM, MES.	Informační systémy, které sdílejí zpracovávaná data, mají integrační kompatibilitu na další systémy interních logistických procesů s částečnou kombinací. Integrovaný systém pokrývá všechny aktuální potřeby logistiky.	Informační systémy, které mají kompatibilitu a možnosti funkční integrace na další systémy a vytváří vhodnou kombinaci pro řízení logistické části podniku. Integrovaný systém pokrývá všechny aktuální potřeby.	Automatické informační systémy, které jsou plně propojené, kompatibilní, propojené s výrobními systémy a řídicí celou logistickou část podniku. Pokročilé technologie založené na umělé inteligenci a strojovém učení.
		U44: Lokalizační technologie	Materiál není možné lokalizovat – pouze personální dohledávání.	Materiál není možné přesně lokalizovat – pokyn dispečera nebo odpovědné osoby s předpokladem lokalizace materiálu.	Materiál je možné lokalizovat na základě kontaktní identifikace – známe prostor, ale neznáme detailní polohu.	Některé materiály je možné automaticky lokalizovat s přesností na základě RTLS systémů. Integrace s informačními technologiemi, vybavení senzory a zapojení do systému.	Materiál je možné lokalizovat na základě senzorů s dobrou přesností, využita širokopásmové technologie. Digitální prostředí.	Materiál je možné lokalizovat na základě širokopásmové technologie s detailní přesností, materiály najednou se správou dat a optimalizací v reálném čase.

		U45: Síťová infrastruktura	Podnik není vybaven žádnými průmyslovými sítěmi.	Počítačová síť. Průmyslový telefon, kabelové síť.	Standartní průmyslová drátová síť. Částečné pokrytí.	Standartní průmyslová drátová síť. Kompletní pokrytí.	Kombinace bezdrátové sítě (elektromagnetické vlny) s drátovou sítí.	Komplexní pokrytí podniku pomocí bezdrátové technologie (optické vlákno), nízkoeenergetická technologie. Kontextuální a mobilní technologie ve formě IoT komponent a rozšířené reality.
		U46: Datové technologie	S daty se nijak systematicky nepracuje a nejsou využívány žádné datové technologie.	Jednoduché aplikace a soubory na různých počítačích. Aplikace programu MS Excel.	Relační databáze a souborový systém částečně, jinak využívány klasické nástroje a data jsou sbírána a vyhodnocována.	Na základě obslužně-datové mapy integrovány velká data. Využívány datové sklady.	Datové jezero s nástroji strojového učení umožňující integraci strukturovaných a nestrukturovaných dat. Zpracování dat ze všech oblastí. Využití pokročilé prediktivní analýzy.	Integrované datové algoritmy řízené prostředím autonomně pracující s daty v reálném čase. Datové kontinuum umožňující propojování interních dat s externími daty.
		Příklady logistických prvků a technologií pro SD14	Nedefinované štítkové označení. Bez technologií - papírová dokumentace.	Základní software, programy aplikace MS Excel, jednoduché aplikace.	Standardní systémy jako ERP, PLM, MES.	Informační systémy, které propojují všechny oblasti podniku. Datové sklady.	Cloudové technologie, informační brány. Datová jezera.	Cloudové technologie. RFID, NFC, mobilní koncový přístroj.

PŘÍLOHA č. 3

Otázky pro strukturovaný rozhovor

D1: MANIPULACE
SD1: Manipulační technika
U1: STUPEŇ AUTOMATIZACE
Otázka: Jak je ovládaná manipulační technika v podniku, případně jaký podíl v procentech zahrnuje její automatizace?
U2: ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY
Otázka: Jaké druhy pohonných jednotek využívá manipulační technika?
U3: NAVÁDĚNÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY
Otázka: Jakým způsobem je manipulační technika naváděna?
SD2: Manipulační jednotky
U4: TYPY MANIPULAČNÍCH JEDNOTEK
Otázka: Jaké typy manipulačních jednotek využíváte?
U5: STUPEŇ PŘÍZPŮSOBITELNOSTI JEDNOTEK K AUTOMATIZACI
Otázka: Jak je v podniku manipulováno s man. jednotkami a jsou vhodné k automatizaci?
U6: IDENTIFIKACE MANIPULAČNÍCH JEDNOTEK
Otázka: Pomocí jakého způsobu jsou manipulační jednotky identifikovatelné?
SD3: Informační zajištění při manipulaci
U7: ZPRACOVÁNÍ DAT
Otázka: Jak jsou v podniku zaznamenávána a zpracovávána data při procesu manipulace?
U8: KOMUNIKACE A PROPOJENÍ TECHNIKY
Otázka: Jakým způsobem je propojena manipulační technika a informační systém?
U9: SPRÁVA DAT MANIPULAČNÍ TECHNIKY
Otázka: Jsou spravována data o stavu manipulační techniky? Pokud ano, vyberte jak.

D2: SKLADOVÁNÍ
SD4: Skladovací technika
U10: STUPEŇ AUTOMATIZACE SKLADOVACÍ TECHNIKY
Otázka: Jak je ovládaná skladovací technika, případně jaký podíl v procentech zahrnuje její automatizace?
U11: ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY SKLADOVACÍ TECHNIKY
Otázka: Jaké druhy pohonných jednotek využívá skladovací technika?
U12: SYSTÉM ULOŽENÍ MATERIÁLU
Otázka: Jakým způsobem je skladován materiál? Je při skladování zaveden nějaký systém?
U13: ŘÍZENÍ SKLADOVÉ TECHNOLOGIE
Otázka: Jak jsou řízeny skladové technologie a do které z těchto kategorií byste zařadili sklad v podniku?
SD5: Informační zajištění při skladování
U14: INTERKONEKTIVITA SKLADOVÉHO SYSTÉMU
Otázka: Jakým způsobem je zajištěna komunikace mezi manipulačními zařízeními a skladovým systémem?
U15: LOKALIZOVATELNOST MATERIÁLU
Otázka: Jaká je lokalizovatelnost materiálu ve skladovém prostoru?
U16: SYSTÉM VYCHYSTÁVÁNÍ MATERIÁLU
Otázka: Jak funguje systém vychystávání materiálu ve skladu?
U17: SBĚR A ZPRACOVÁNÍ DAT
Otázka: Uveďte způsob sběru dat a jak jsou následně zpracovávány?
SD6: Příjem materiálu a expedice
U18: PROCES PŘÍJMU A USKLADNĚNÍ
Otázka: Jaký systém příjmu a uskladnění položek v podniku funguje?
U19: PROCES VYCHYSTÁVÁNÍ, KOMPLETACE A EXPEDICE
Otázka: Jakým způsobem jsou vychystávány a kompletovány položky pro expedici?

U20: SYSTÉMY PRO EVIDENCI ZÁSOB
Otázka: Uveďte, jak evidujete a zpracováváte stav zásob ve skladu?
D3: Balení
SD7: Balící technologie
U21: STUPEŇ AUTOMATIZACE
Otázka: Charakterizujte proces balení v podniku v oblasti expedice. Jsou činnosti balícího procesu automatizované, případně v jakém rozsahu?
U22: PŘIZPŮSOBITELNOST BALÍCÍ TECHNOLOGIE K PRODUKTU
Otázka: Jak v podniku probíhá proces balení a je možné jej přizpůsobit charakteru výrobku?
U23: ROZŠÍŘENÁ FUNKČNOST BALENÍ
Otázka: Je v podniku balící proces rozšířen o další funkce? Pokud ano, uveďte jej.
SD8: Druhy obalů a obalový materiál
U24: STANDARDIZACE OBALŮ
Otázka: Jaké druhy obalů z hlediska standardizace v podniku využíváte?
U25: IDENTIFIKACE OBALŮ
Otázka: Pomocí jakých technologií lze identifikovat obaly s produkty v podniku? Uveďte používanou identifikaci.
U26: DALŠÍ FUNKČNOST OBALŮ
Otázka: Disponují obaly kromě základních funkcí dalšími rozšířenými funkcemi?
SD9: Environment a obalové hospodářství
U27: POSTOJ PODNIKU K OBALOVÉMU HOSPODÁŘSTVÍ
Otázka: Jak se zabývá Váš podnik obalovým hospodářstvím a environmentálními aspekty?
U28: OPAKOVATELNOST OBALŮ
Otázka: Je možnost Vaše obaly používat jednorázově nebo opakovatelně? Pokud je možnost opakovatelného použití, specifikujte počet cyklů a případnou recyklaci.
U29: ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY OBALŮ
Otázka: Jak je zpracován odpad z obalů a jsou obaly recyklovatelné?

D4: Zásobování
SD10: Zásobovací technika
U30: STUPEŇ AUTOMATIZACE
Otázka: Jak je ovládaná zásobovací technika, případně jaký podíl v procentech zahrnuje její automatizace?
U31: ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY
Otázka: Jaké druhy pohonných jednotek využívá zásobovací technika?
U32: NAVÁDĚNÍ ZÁSOBOVACÍ TECHNIKY
Otázka: Jakým způsobem je zásobovací technika v podniku naváděna?
U33: ŘÍZENÍ ZÁSOBOVACÍ TECHNIKY
Otázka: Jaké principy řízení využívá zásobovací technika?
SD11: Technologie zásobování
U34: SYSTÉM ZÁSOBOVÁNÍ PRACOVIŠŤ
Otázka: Je v podniku stanoven systém zásobování pracovišť? Pokud ano, vyberte jaký.
U35: ŘÍZENÍ ZÁSOB
Otázka: Uveďte, jakým způsobem jsou řízeny zásoby v podniku.
U36: SYSTÉM VYŽÁDÁNÍ MATERIÁLU
Otázka: Vyberte způsob zpracování dat pro odvolávky materiálu, který je v podniku používán.
SD12: Informační zajištění odvolávek materiálu
U37: EVIDENCE DAT O ZÁSOBÁCH
Otázka: Jak probíhá zpracování a jaká je evidence dat o stavu zásob?
U38: KOMUNIKACE SE SEKTOREM VÝROBY
Otázka: Jakým způsobem je zajištěna komunikace se sektorem výroby?
U39: ODVOLÁVKY - ZÁKAZNICKÉ OBJEDNÁVKY
Otázka: Jak funguje systém objednávek materiálu s dodavateli?

D5: Identifikace materiálu
SD13: Způsob identifikace
U40: STUPEŇ AUTOMATICKÉ IDENTIFIKACE MATERIÁLU
Otázka: Jakým způsobem je identifikován materiál, případně jaký je podíl automatické identifikace?
U41: ZPŮSOB IDENTIFIKACE MATERIÁLU
Otázka: Do které z těchto úrovní byste zařadili podnik dle způsobu identifikace materiálu?
U42: ZNAČENÍ MATERIÁLU
Otázka: Pomocí jakých prvků je označován materiál pro identifikaci?
SD14: Informační zajištění
U43: INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE
Otázka: Uveďte, jak je podnik informačně zajištěn a jak probíhá zpracování dat.
U44: LOKALIZAČNÍ TECHNOLOGIE
Otázka: Je možné lokalizovat materiál v podniku? Pokud ano, charakterizujte způsob.
U45: SÍŤOVÁ INFRASTRUKTURA
Otázka: Jaké síťové technologie v podniku využíváte?
U46: DATOVÉ TECHNOLOGIE
Otázka: Jaké technologie k práci s daty v podniku jsou používány?

PŘÍLOHA č. 4

Seznam hodnocených podniků a jejich hlavní charakteristika

Označení podniku pro disertační práci	Odvětví průmyslu	Velikost podniku	Počet zaměstnanců	Typ výroby dle opakovatelnosti	Charakter výroby	Firemní strategie k Průmyslu 4.0	Integrace Průmyslu 4.0 do interní logistiky	Počet směn
Podnik 1	Elektrotechnický	Velký	1250	Velkosériová	Elektronické konstrukční díly	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ne	3
Podnik 2	Strojírenství	Střední	65	Kusová/Malosériová	Výroba kovových součástek - spojky	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3
Podnik 3	Automotive	Velký	1000	Sériová	Montáž automobilových sedadel	Ano	Ano	3
Podnik 4	Strojírenství	Malý	49	Kusová/Malosériová	Výroba svařenců, ostatní kovovýroba	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	2
Podnik 5	Automotive	Velký	600	Sériová	Dveřní panely a interiéry automobilů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 6	Automotive	Velký	1900	Sériová	Zamykací systémy automobilů	Ano	Ano	3-4
Podnik 7	Automotive	Velký	650	Sériová	Podvozkové díly	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ne	3-4
Podnik 8	Automotive	Velký	400	Velkosériová	Výroba ocelových nárazníků	Ano	Ano	3
Podnik 9	Elektrotechnický	Velký	1050	Velkosériová	Pokojoyá tepelná čerpadla	Ano	Ano	3
Podnik 10	Automotive	Velký	500	Sériová	Komponenty pro fluidní systémy a sedadla automobilů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ne	2
Podnik 11	Strojírenství	Velký	1120	Kusová/Malosériová	Letecký průmysl - montáž	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ano	3
Podnik 12	Strojírenství	Střední	230	Sériová	Pohonných a řídicích systémů pro VZV	Ano	Ano	3
Podnik 13	Automotive	Velký	1100	Sériová	Automobilové sedačky a elektrické systémy	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 14	Automotive	Velký	1650	Sériová	Hlavové opěrky a rámy sedaček	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 15	Elektrotechnický	Velký	1200	Velkosériová	Konektory pro desky plošných spojů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 16	Strojírenství	Velký	480	Sériová	Výroba mycích zařízení	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3-4
Podnik 17	Automotive	Velký	850	Sériová	Výroba karoserií autobusů	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3
Podnik 18	Elektrotechnický	Velký	1200	Velkosériová	Výrobce OLED a LCD televizorů	Ano	Ano	3
Podnik 19	Automotive	Velký	1300	Sériová	Klimatizační jednotky	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ano	3
Podnik 20	Strojírenství	Malý	50	Kusová/Malosériová	Pálení, lisování, obrábění kovových dílů	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	2
Podnik 21	Strojírenství	Střední	220	Kusová/Malosériová	Svařované díly, ostatní kovovýroba	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3
Podnik 22	Strojírenství	Střední	240	Kusová/Malosériová	Svařované díly, ostatní kovovýroba, montáž	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3
Podnik 23	Automotive	Velký	1400	Sériová	Textilní prvky obložení automobilů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 24	Automotive	Velký	900	Sériová	Výroba systémů řízení automobilů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Ano	3
Podnik 25	Strojírenství	Velký	670	Kusová/Malosériová	Ventilátory, přepravňky, klapky a uzávěry	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3
Podnik 26	Automotive	Velký	3100	Velkosériová	Sedadlové struktury, zámky dveří	Ano	Ano	3
Podnik 27	Strojírenství	Malý	50	Kusová/Malosériová	Výroba nástrojů	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	2
Podnik 28	Strojírenství	Velký	400	Sériová	Výroba řezných nástrojů	Částečně - Projekty do konceptu Průmyslu 4.0 zapadají	Částečně	3
Podnik 29	Elektrotechnický	Střední	250	Velkosériová	Elektronické konstrukční díly	Ne - Projekty se konceptu Průmyslu 4.0 netýkají	Ne	3

PŘÍLOHA č. 5

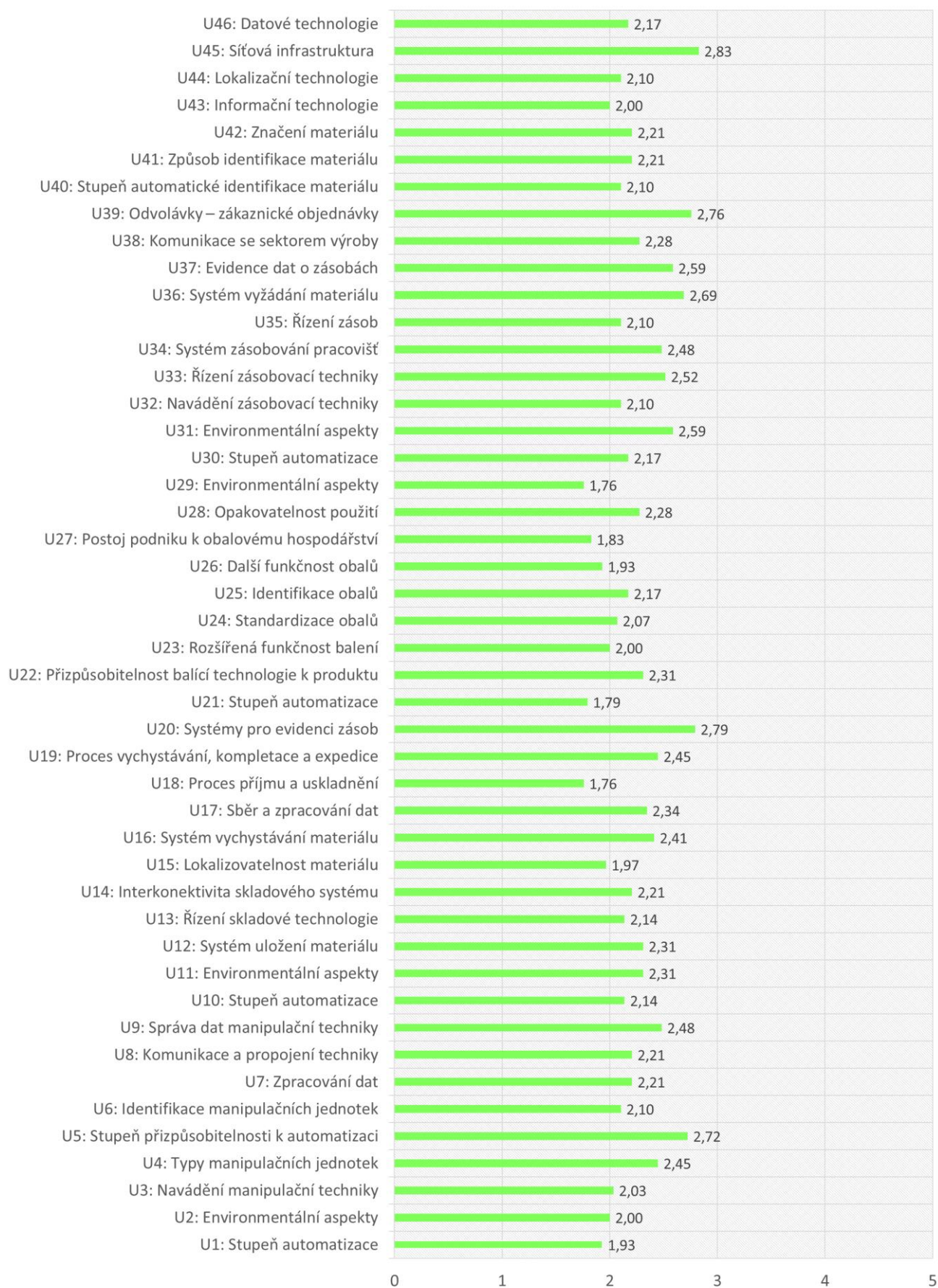
Seznam podniků s bodovým hodnocením subdimenzí a dimenzí

Označení podniku pro disertační práci	Subdimenze														Dimenze					Celková hodnota interní logistiky
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6	SD7	SD8	SD9	SD10	SD11	SD12	SD13	SD14	D1	D2	D3	D4	D5	
Podnik 1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1
Podnik 2	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Podnik 3	3	3	3	1	1	2	4	3	3	3	3	2	3	3	3	1	3	2	3	3
Podnik 4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Podnik 5	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2
Podnik 6	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3
Podnik 7	0	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Podnik 8	3	3	3	1	2	3	1	2	2	4	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
Podnik 9	4	3	3	2	2	2	3	3	1	4	3	3	3	4	4	2	2	4	3	3
Podnik 10	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2
Podnik 11	1	3	2	3	3	3	2	2	1	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
Podnik 12	3	3	3	3	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
Podnik 13	2	2	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2
Podnik 14	1	2	1	3	2	1	2	2	2	4	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2
Podnik 15	0	2	2	3	2	3	1	1	2	2	2	2	1	2	1	3	2	2	2	2
Podnik 16	2	1	1	4	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	1	2	1	2
Podnik 17	0	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Podnik 18	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	4	3	2	3	2	3	3
Podnik 19	2	3	3	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3
Podnik 20	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Podnik 21	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
Podnik 22	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Podnik 23	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Podnik 24	3	2	2	3	3	3	2	1	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2
Podnik 25	0	1	1	2	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Podnik 26	3	3	4	5	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4
Podnik 27	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
Podnik 28	2	2	3	2	2	3	0	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2
Podnik 29	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	2	3	1	2	2	1	1	2	2	1

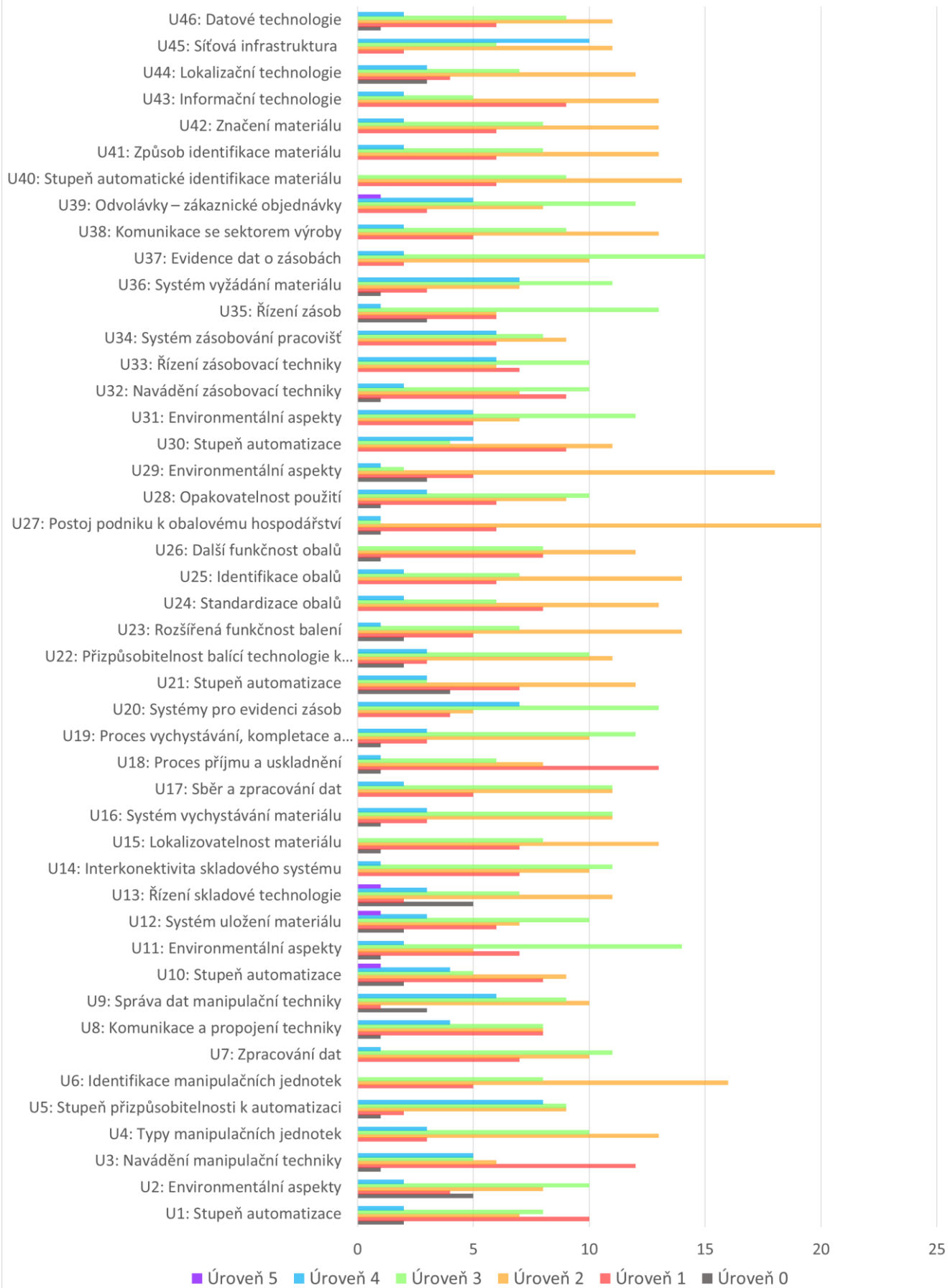
PŘÍLOHA č. 6

**Průměrné hodnoty a celkový počet výskytů hodnoty úrovní pro ukazatele za
všechny podniky**

Průměrné hodnoty úrovní ukazatelů



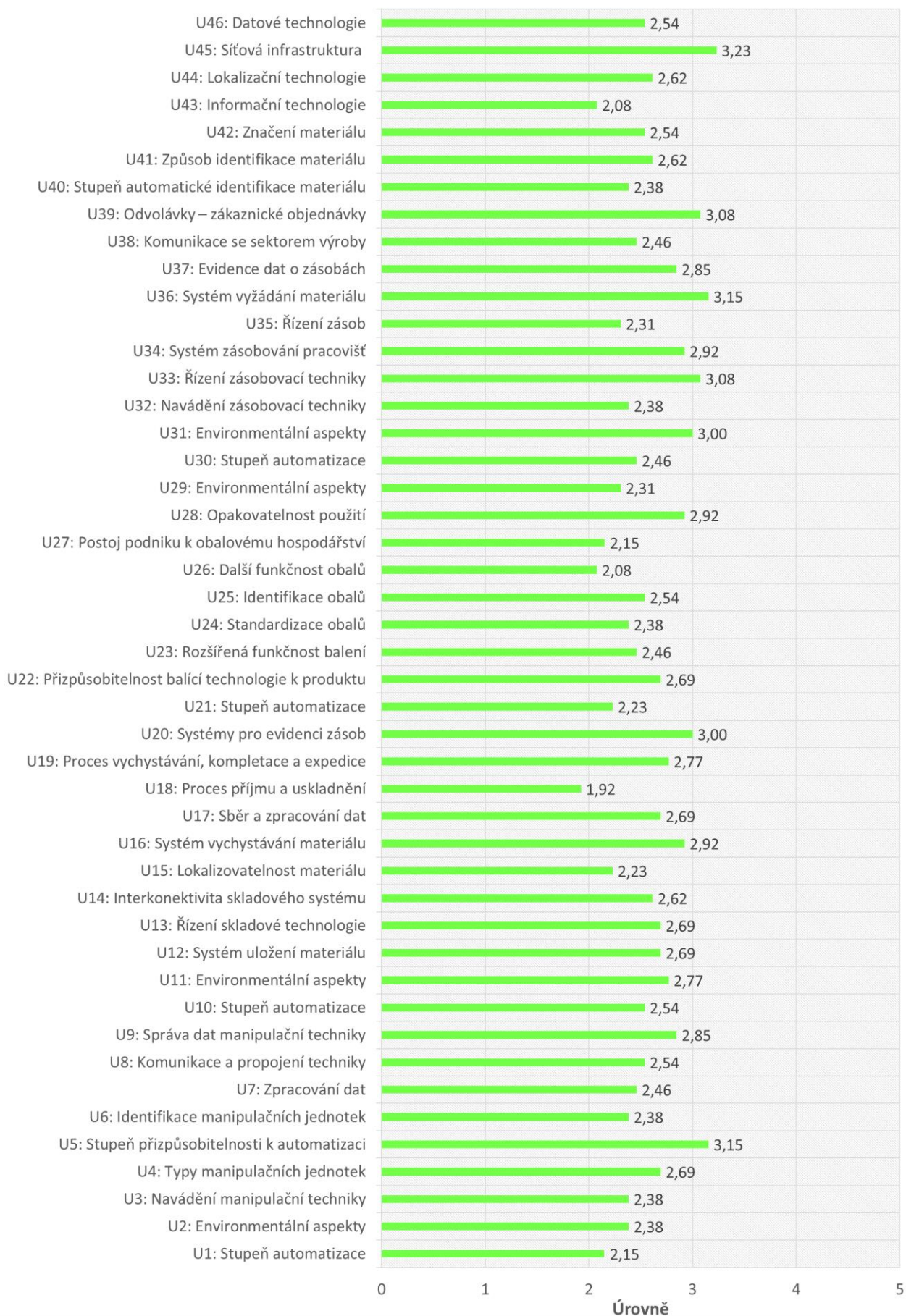
Celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele



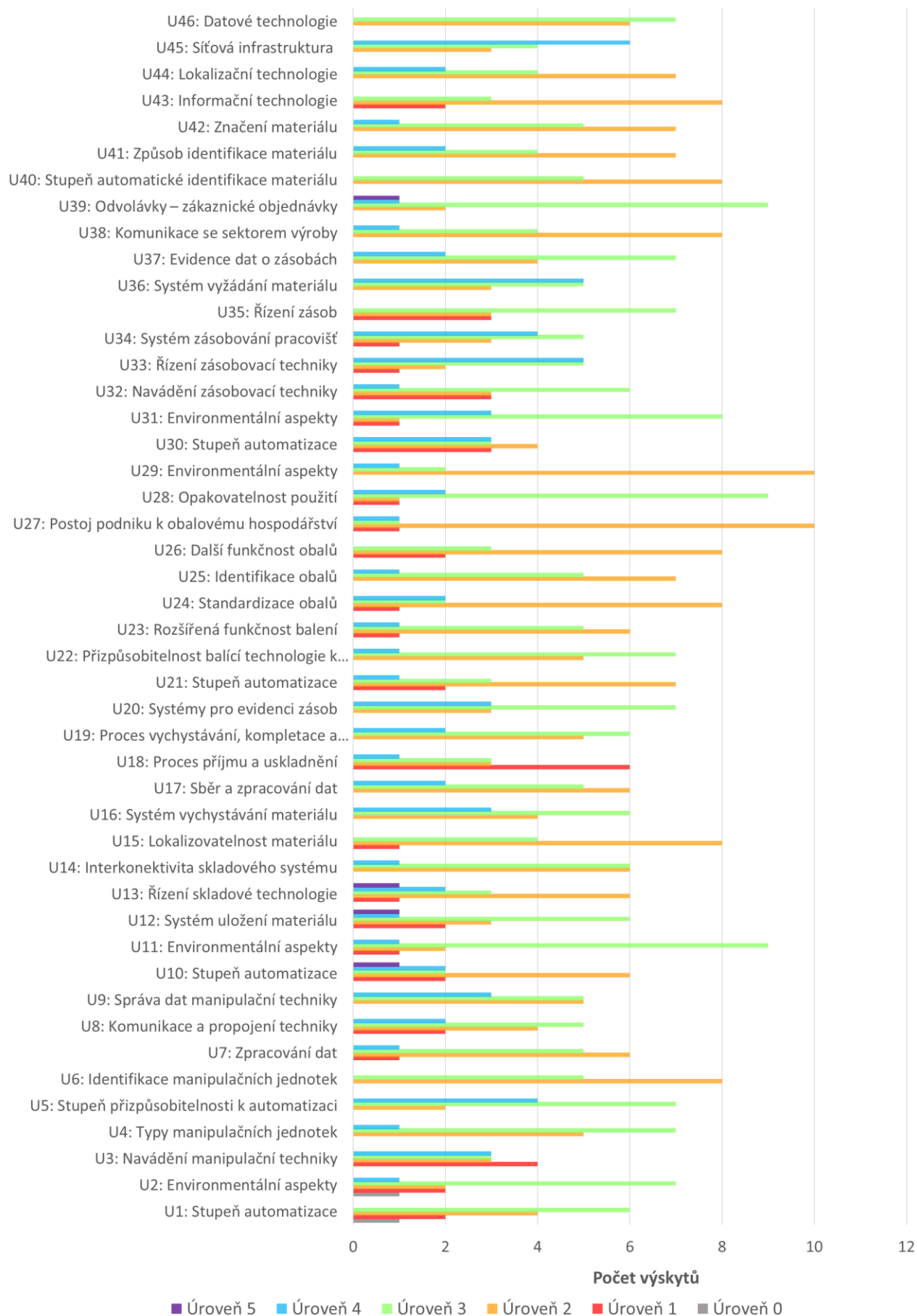
PŘÍLOHA č. 7

**Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty
pro ukazatele – Automotive**

Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů - Automotive



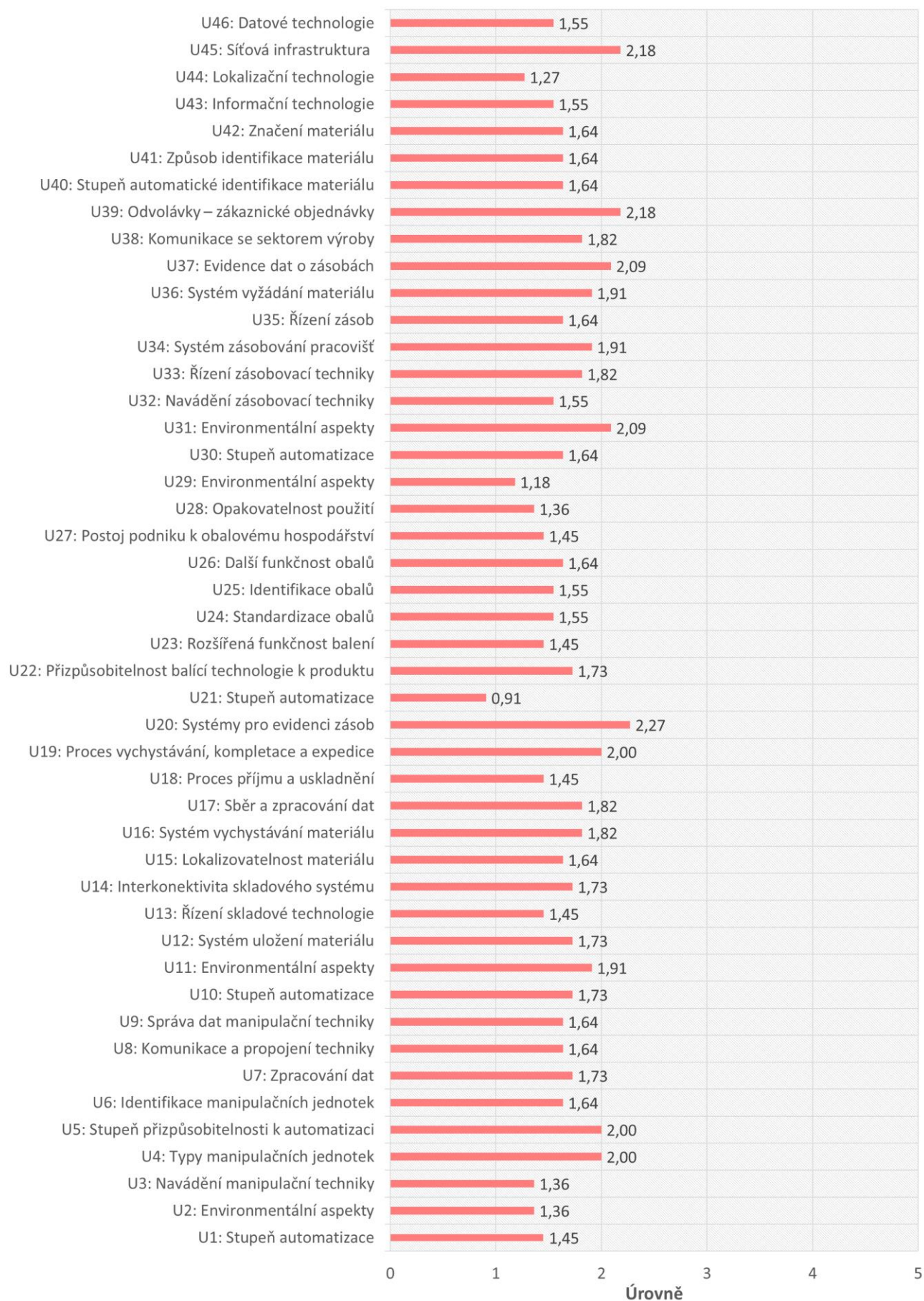
Celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele - Automotive



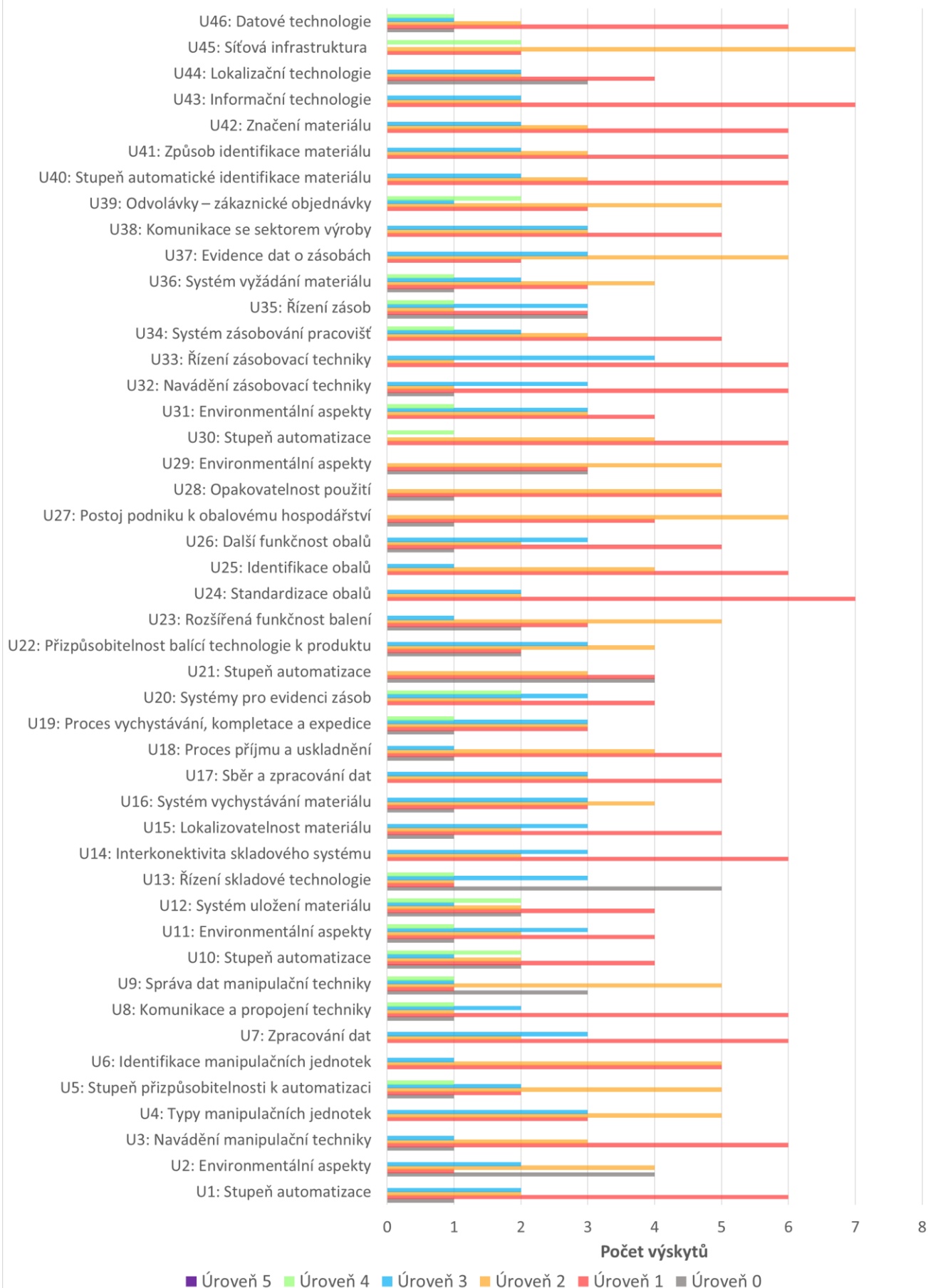
PŘÍLOHA č. 8

**Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty
pro ukazatele – Strojírenství**

Průměrné hodnoty úrovně jednotlivých ukazatelů - Strojírenství



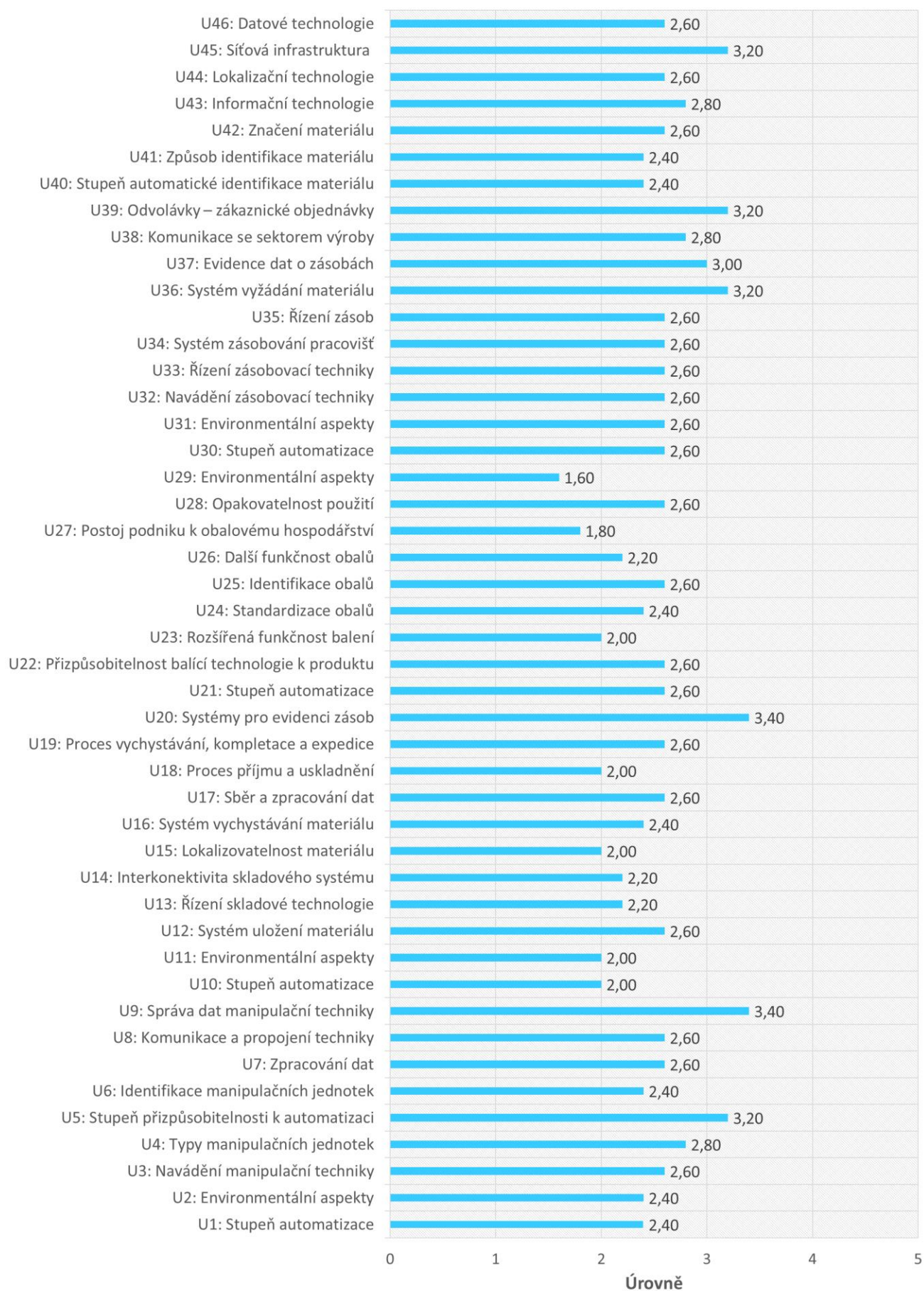
Celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele - Strojírenství



PŘÍLOHA č. 9

**Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů a celkový počet výskytů hodnoty
pro ukazatele – Elektrotechnika**

Průměrné hodnoty úrovní jednotlivých ukazatelů - Elektrotechnika



Celkový počet výskytů hodnoty pro ukazatele - Elektrotechnika

