

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra materiálů a technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zhodnocení připravenosti podniku na Průmysl 4.0

Autor práce: **Jan Huček**
Vedoucí práce: **Andrea Benešová**

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan HUČEK**
Osobní číslo: **E19B0044P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Téma práce: **Zhodnocení připravenosti podniku na Průmysl 4.0**
Zadávací katedra: **Katedra materiálů a technologií**

Zásady pro vypracování

1. Seznamte se s problematikou Průmyslu 4.0.
2. Zpracujte rešerši na současně používané zralostní modely pro hodnocení připravenosti podniků na Průmysl 4.0.
3. Na základě rešerše vyberte dva zralostní modely a proveďte zhodnocení současného stavu podniku.
4. Zhodnoťte výhody a nevýhody zvolených zralostních modelů a navrhněte případné doporučení pro zlepšení.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**


Seznam doporučené literatury:

1. Tomek Gustav, Vávrová Věra: Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje
2. Alp Ustundag, Emre Cevikcan: Industry 4.0 Managing The Digital Transformation
3. Elena G. Popkova: Industry 4.0 : Industrial Revolution of the 21st Century
4. Elektronické informační zdroje

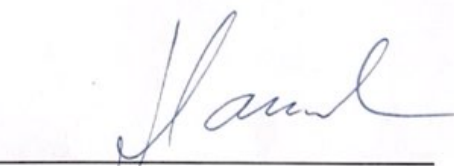
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Andrea Benešová**
Rektorát

Oponent bakalářské práce: **Ing. Martin Hirman, Ph.D.**
Katedra materiálů a technologií

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou Průmyslu 4.0 a zhodnocením připravenosti podniků na průmysl 4.0 pomocí modelů zralosti. Práce obsahuje dvě části, teoretickou část a praktickou část. V teoretické části je popsán koncept průmyslu 4.0 a jeho prvky. Dále zdůvodnění proč je důležité se zabývat na hodnocení připravenosti. Závěrem teoretické části je zpracovaná rešerše na modely zralosti včetně popisu a porovnání modelů zralosti. Praktickou část představuje uvedení společnosti IT bohemia s.r.o, výchozí stav společnosti a zhodnocení společnosti na základě vybraných dvou modelů zralosti. Závěrem práce je zhodnocení použitých modelů zralosti, kde jsou popsány jejich výhody a nevýhody.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, chytrá továrna, model zralosti, připravenost na Průmysl 4.0

Abstract

This bachelor thesis deals with Industry 4.0 and assessing the readiness of companies for Industry 4.0 using maturity models. The thesis contains two parts, a theoretical part and a practical part. The theoretical part describes the concept of Industry 4.0 and its elements. Furthermore, a justification of why it is important deal with readiness assessment. The conclusion of the theoretical part is maturity models research, including a description and comparison of models of maturity. The practical part contains an introduction of the company IT bohemia s.r.o, the default state of the company, and the evaluation of the company based on the selected two maturity models. The thesis concludes with an evaluation of the maturity models used, describing their advantages and disadvantages.

KeyWords

Industry 4.0, smart factory, maturity model, Industry 4.0 readiness

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Andree Benešové za trpělivost a pomoc při zpracování bakalářské práce. Dále panu Františku Kolodejovi za konzultace a informace při vypracování případové studie.

Obsah

Úvod	- 1-
Szenam zkratek	- 2-
	- 2-
1. Historický vývoj průmyslových revolucí	- 3-
1.2 První průmyslová revoluce	- 3-
1.3 Druhá průmyslová revoluce	- 3-
1.4 Třetí průmyslová revoluce	- 4-
1.5 Čtvrtá průmyslová revoluce	- 4-
1.6 Kondratěvovy cykly	- 4-
2 Průmysl 4.0	- 5-
2.1 Kyberneticko fyzikální systémy - CPS	- 6-
2.2 Internet věcí a internet služeb	- 8-
2.3 Senzory	- 11-
2.4 M2M komunikace	- 11-
2.5 Big Data	- 12-
2.6 Cloud Computing	- 13-
2.7 Standardizace	- 14-
2.8 Chytrá továrna	- 14-
2.8.1 Horizontální integrace	- 15-
2.8.2 End-to-end digitální integrace	- 16-
2.8.3 Vertikální integrace a síťové výrobní systémy	- 16-
2.9 Chytré město	- 16-
3. Přípravenost podniku na Průmysl 4.0	- 17-
3.1 Členění textu	- 19-
3.2 Členění textu	- 24-
4. Případová studie	- 26-
4.1 Představení společnosti	- 26-
4.2. Výchozí stav	- 26-
4.3 Vybrané modely pro hodnocení podniku	- 27-

4.3.1	Impuls - Industry 4.0 Readiness	- 27-
4.3.2	The Smart Industry Readiness Index	- 28-
4.5	Výsledky zhodnocení podniku	- 29-
4.5.1	Model SIRI	- 29-
4.5.2	Model Impuls	- 29-
5.	Zhodnocení vybraných modelů	- 34-
6.	Závěr	- 35-
	Literatura	- 37-
	Přílohy	I

Úvod

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou konceptu Průmysl 4.0, prostředky a nástroji k hodnocení připravenosti podniku v rámci Průmyslu 4.0. Práce je rozvržena do dvou částí, první obsahující teoretickou část a druhou popisující praktickou část.

V prvním úseku teoretické části je obecně popsána každá průmyslová revoluce, ve shodě s ekonomickým modelem hospodářských cyklů, tzv. Kondratěvyovy cykly. Dále je zde představen koncept Průmyslu 4.0, popsány principy a prvky tohoto konceptu. Jako jsou například kyberfyzikální systémy, internet věcí a služeb, cloud computing, analýza velkých dat, chytrá továrna nebo chytré město. Tyto prvky jsou zde podrobně popsány. Následně je v teoretické části popsáno, proč je důležité zjišťovat úroveň připravenosti podniku. V této části je také zpracovaná rešerše na modely zralosti Průmyslu 4.0, tyto modely popisují metodiky, postupy a způsoby, jakými lze podnik a jeho prostředí transformovat směrem ke konceptu Průmysl 4.0, či pomohou klasifikovat současnou úroveň zralosti podniku. Modely jsou shrnuty do přehledné tabulky, která popisuje i jejich základní atributy, na jejichž základě je bylo provedeno porovnání vybraných modelů.

Praktickou část představuje případová studie, která byla provedena ve firmě IT bohemia s.r.o.. Tato část zahrnuje představení společnosti, popisuje výchozí stav společnosti, jsou zde představeny a detailně popsány dva zralostní modely, které byly na základě rešerše vybrány k provedení zhodnocení připravenosti společnosti. Závěrem praktické části je vyhodnocení na základě dvou zmíněných modelů, toto vyhodnocení obsahuje grafické zobrazení současné úrovně podniku v rámci zralosti vůči Průmyslu 4.0, grafické porovnání podniku s ostatními podniky v rámci své srovnávací skupiny. Výsledek popisuje úroveň jednotlivých dimenzí a doporučení, jakým směrem by se společnost měla dále ubírat.

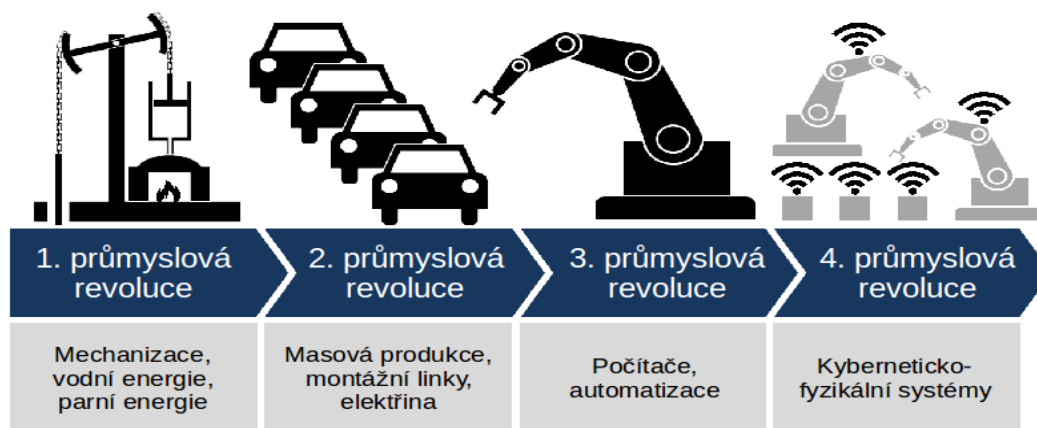
V poslední části bakalářské práce je popsáno zhodnocení vybraných dvou modelů, zmíněny jsou zde výhody a nevýhody jednotlivých modelů, stejně tak jako poznatky, které byly během zhodnocování podniků zpozorovány.

Seznam zkratek

- CPS - Kyberneticko fyzikální systém
- IoT - Internet věcí
- IoS - Internet služeb
- M2M - Komunikace mezi stroji
- RFID - Frekvenčně identifikovatelné zařízení
- ITC - Informační a komunikační technologie
- NFC - Komunikace v blízkém poli

1. Historický vývoj průmyslových revolucí

Pod pojmem průmyslová revoluce si představíme historický zlom, který vývojem nějaké nové výrobní technologie a následně její implementace zásadně proměnil oblasti průmyslu, ekonomiky, dopravy, zdravotnictví, pracovních podmínek a životního stylu lidí. [1]



Obr. 1.: Vývoj průmyslových revolucí [57]

1.1 První průmyslová revoluce

Přestože se o počátku a konci první průmyslové revoluce stále vedou mezi historiky diskuze. Podle většiny názorů začala první průmyslová revoluce v Anglii v 18. století využitím parní síly a následnou mechanizací výroby [1]. Proto jako symbol první průmyslové revoluce vnímáme parní stroj [2]. Mezi největší pokroky patří výroba nových mechanických strojů, změna v dopravě, závislost na nových zdrojích energie, jako je uhlí, rozdělení pracovních pozic a specializace pracovníků, použití a výroba nových materiálů, jako je ocel [3]. V roce 1720 se v Anglii vyrobilo 20 500 tun železa, převážně použitím dřevěného uhlí. V roce 1806 se díky použití koksu a parních dmychadel vyšplhala produkce na 250 000 tun [4].

1.2 Druhá průmyslová revoluce

Začala v 19. století po hospodářské recesi, když se zpomalilo zavádění původních inovací z první průmyslové revoluce. Je známá jako technologická revoluce. Díky objevu elektřiny a výrobě na montážních linkách došlo k zásadní změně v produkci s rychlejším výrobním procesem a nižšími náklady. Kde rychlý nástup standardizace a industrializace umožnily pokrok ve vývoji výrobních a produkčních technologií, jako jsou například rozvoj telefonů, telegrafů, elektrické osvětlení, rádio, letectví a další významné vynálezy

[1]. Mezi dva charakteristické znaky druhé průmyslové revoluce patří elektrifikace a masová výroba [3].

1.3 Třetí průmyslová revoluce

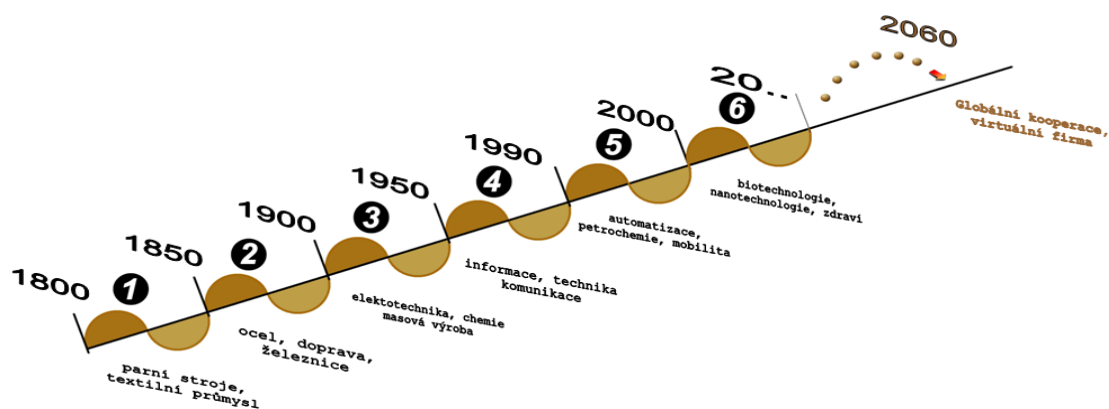
Začala několik let po skončení druhé světové války kolem 50. let 20. století. Díky rozvoji polovodičové techniky a elektroniky došlo ke vzniku zcela nových elektrických zařízení, komunikačních zařízení a digitálních technologií. Došlo k automatizaci výrobních procesů bez zásahu člověka. Známým příkladem je aplikace robotů, které provádějí naprogramované sekvence bez lidské pomoci. Vynalezení osobních počítačů, mainframe počítačů a internetu dalo vzniku zcela novému technologickému oboru, IT. [1]

1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce

Tato revoluce probíhá v současné době, odhaduje se, že bude probíhat dalších minimálně 10-30 let [2]. Nazývá se také digitalizační revoluce [5]. Je charakterizována především aplikací informačních a komunikačních technologií především do průmyslu, ale i do ostatních činností společnost [1].

1.5 Kondratěvy cykly

Kondratěvy cykly či Kondratěvy vlny, jedná se o ekonomický model hospodářských cyklů popisující vlnové kolísání každých zhruba 40-60 let, ve kterém vrchol či počátek další vlny je způsobený příchodem průkopnických vynálezů a umožní pokrok pro další technologickou evoluci. Podle obr.2., je zřejmé, že Kondratěvy cykly a průmyslové revoluce jsou totožné, dále můžeme snadno vyvodit, že naše společnost se nachází v dalším technologickém zlomu, ve kterém je příchod čtvrté průmyslové revoluce z pohledu Kondratěvových cyklů nevyhnutelný. [6]



Obr.2.: Kondratěvy cykly [6]

2. Průmysl 4.0

Koncept Průmysl 4.0 byl poprvé představen na veletrhu v německém Hannoveru v roce 2011 [6]. Jednalo se o představení národní platformy a vize "Industrie 4.0", kterou zadala německá spolková vláda k vytvoření a koordinaci ministerstvu hospodářství a ministerstvu pro výzkum, později přijatou jako část akčního plánu High-Tech strategie 2020 [7]. Ta definuje pět oblastí: klima/energie, zdraví/výživa, mobilita, bezpečnost a komunikace. Zaměřuje politiku federální vlády v oblasti výzkumu na vybrané perspektivní projekty, jejímž cílem je sledování konkrétních cílů související s vědeckým a technologickým rozvojem v horizontu deseti až patnácti let [8].

Základní pilíře Průmyslu 4.0 jsou jednotlivé nové technologie, jako jsou: Kyberneticko fyzikální systémy (CPS), Internet věcí a služeb (IoTS) a chytrá továrna (Smart factory) [7]. Implementace a využití těchto technologií, jako jsou senzory, stroje, ICT systémy, které spolu vzájemně autonomně komunikují, vyhodnocují situace a vyvolávají potřebné akce v reakci, v reálném čase, aby dokázaly předvídat chyby, poruchy a přizpůsobovat se změnám podmínek, jsou podstatou Průmyslu 4.0. [10]. Technologie jako jsou komunikace M2M, chytrý produkt, cloud computing, big data, jsou součástí konceptu Průmyslu 4.0, ale dle [7] nejsou považovány za závislé komponenty tohoto konceptu. Jedná se o podsystémy, jejímž aktivátorem jsou zmiňované základní pilíře. Je nutné ale podotknout, že všechny tyto systémy a pojmy spolu navzájem úzce souvisí.

Pro Průmysl 4.0 neexistuje žádná všeobecně pevná definice pojmů [11]. Ale obecně je vnímáno, že charakteristickými rysy a vlastnosti jsou:

- Interoperabilita: schopnost CPS, lidí a všech komponent Smart Factories spolu komunikovat prostřednictvím IoT a IoS;
- Virtualizace: schopnost propojování fyzických systémů s virtuálními modely a simulačními nástroji;
- Decentralizace: rozhodování a řízení probíhá autonomně a paralelně v jednotlivých subsystémech;
- Schopnost pracovat v reálném čase: dodržení požadavku reálného času je klíčovou podmínkou pro libovolnou komunikaci, rozhodování a řízení v systémech reálného světa;

- Orientace na služby: preference výpočetní filozofie nabízení a využívání standardních služeb, to vede na architektury typu SOA (Service Oriented Architectures);
- Modularita a rekonfigurabilita: systémy Průmyslu 4.0 by měly být maximálně modulární a schopny autonomní rekonfigurace na základě automatického rozpoznání situace. [2]

Cílem konceptu Průmyslu 4.0 je dosažení chytré továrny, která umožní hromadnou výrobu chytrého produktu podle individuálního přání zákazníka, s nízkými náklady, ale ve vysoké kvalitě [6]. A bude schopna vyrábět více a čistějším způsobem s ohledem na ekologii, to díky využíváním zdrojů energie s menším dopadem na životní prostředí [9].

Čtvrtá průmyslová revoluce se však netýká pouze chytrých propojených strojů a systémů. Její záběr je mnohem širší. Souběžně probíhají vlny dalších průlomových objevů v oblastech od sekvenování genů, po nanotechnologie, od obnovitelných zdrojů energie, až po kvantovou výpočetní techniku. Právě spojení těchto technologií a jejich interakce napříč fyzikální, digitální a biologickou oblastí činí čtvrtou průmyslovou revoluci zásadně odlišnou od předchozích revolucí [5].

2.1 Kyberneticko fyzikální systémy - CPS

Kyberneticko fyzikální systémy představují propojení multifyzikálních systémů (mechanických, elektrických, hydraulických, biochemických a dalších) s výpočetními systémy (řídící systémy, zpracování signálu, logické odvozování, plánování a dalších) [12]. Podstatou je vzájemná spolupráce samostatných řídicích (výpočetních) jednotek, které dokážou řídit svěřený technologický celek, jsou schopny se autonomně rozhodovat a stát se samostatnou a plnohodnotnou součástí komplexních výrobních celků. Jako příklady takových systémů si můžeme uvést například autonomní řízení automobilů, řízení dopravy, vojenskou techniku, smart grid, aplikaci v letectví nebo automatické výrobní lince [2]. Kyberneticko fyzikální systémy dosahují dosud nevídané úrovně složitosti. Proto tyto systémy dosud neexistují žádné sjednocující teorie, metody, nástroje a techniky systematického návrhu [12].

Německý výbor expertů definuje CPS v kontextu Průmyslu 4.0 takto:

"Systémy, které přímo spojují skutečné (fyzické) objekty a procesy s objekty (virtuálními) zpracovávající informace a procesy prostřednictvím otevřených, částečně globálních a vždy propojených informačních sítí." [13]

Kyberneticko fyzikální systémy se dále dělí na:

Multiagentní systémy (MAS) - jsou to systémy samostatně se chovajících agentů [2]. Agent představuje samostatnou entitu v určeném prostředí, ve kterém může vykonávat nějakou činnost [57]. Nemusí se jednat o fyzické agenty, může jít i o výhradně softwarový systém. Jedná-li se o agenty fyzické, jde již o CPS systém. Mezi výhody multiagentních systému patří veliká proti poruchová odolnost a flexibilita. Nevýhody jsou ale časová a výpočetní náročnost a potřeba určité standardizace. [2]

Holonické systémy (HMS) - jedná se o multiagentní systémy, ve kterých části výrobního zařízení je tvořeno agenty s reaktivním řídicím prvkem a softwarovým agentem. Holonický agent má tak vlastnosti, aby dokázal činnosti plánovat, koordinovat a úspěšně provádět. Agentem v holonických systémech může být aktor, snímač, stroj, výrobní linka nebo i firma. [2]

Samostatné fyzické entity zapojené v IoT dokážou vzájemně komunikovat, není nutné mít vlastní řídicí algoritmus. Svou podstatou IoT umožňuje realizovat CPS systémy. Jednotlivý CPS systém ale může použít i jakoukoliv jinou komunikační síť. [2]

1.1.1 Určitým podsystémem CPS jsou vestavěné systémy. Jsou to takové systémy, u nichž je výpočetní jednotka včetně řídicího algoritmu vestavěna do fyzické entity. Které ale nemusí být propojená s komunikační sítí, jako běžný příklad mohou být uvedeny současné domácí spotřebiče. Pokud jsou tyto spotřebiče součástí inteligentní domácnosti, jedná se už o CPS systém [2].

Vzhledem k neustálému vývoji tohoto konceptu, nelze CPS popisovat převážně jako vestavěné systémy. Další charakteristika, která může být použita k popisu CPS a současně ukazuje různé dimenze těchto systémů, je míra decentralizace jejich struktury a jejich prostorový objem. Pomocí vyspělých mikrosystémových technologií lze CPS umístit na jeden mikročip včetně různých senzorů a mikroprocesoru pro zpracování dat. Větší CPS může být zkonstruován ve formě celých obráběcích strojů, který zase mohou být součástí ještě většího CPS - celé továrny. [7]

Kyberneticko fyzikální systémy mají různé možnosti. Jednoduše řečeno, jsou schopny plnit obecné funkce, jako je vyhledávání příslušných služeb na internetu, stejně jako aplikačně specifické funkce. Například optimalizace trasy v rámci logistické sítě [7]. Rozvoj těchto CPS systémů se bude ubírat srkz několik vývojových etap. Geisberger a Broy popsali pět základních dimenzí CPS, které na sebe vzájemně navazují směrem ke zvýšení otevřenosti, komplexnosti a chytrosti:

- 1) sloučení fyzického a virtuálního světa;
- 2) soustava systémů s dynamicky adaptivní hranicemi systémů;
- 3) kontextově adaptivní systémy s autonomními systémy; Aktivní ovládání v reálném čase;
- 4) kooperativní systémy s distribuovaným a měnícím se řízením;
- 5) rozsáhlá spolupráce člověka a systémů. [14]

V každé z těchto etap umožňuje návrh CPS vyvíjet různé aplikačně specifické funkce, které umožňují výsledným technologiím generovat nové výhody [15].

2.2 Internet věcí a služeb

Internet věcí a služeb při důkladnějším zkoumání nemůžeme považovat za technologii, ale spíše za koncept [7]. Tento koncept poprvé představil Kevin Ashton ze společnosti Auto-ID labs v roce 1999. Jeho původní myšlenka spočívala ve vývoji síťového systému, využívající RFID zařízení. Od té doby se tento koncept vyvíjel a zahrnoval spoustu nových myšlenek, architektur a možností použití [16].

IoTS představuje informační a komunikační systém (ICT), který interaguje výpočetní zařízení, senzory, algoritmy a fyzické objekty, tzv. věci, které jsou jednoznačně identifikovatelné. Tyto objekty mají schopnost shromažďovat a přenášet data prostřednictvím propojených systémů bez jakéhokoliv lidského zásahu [16]. Abychom více tomuto konceptu porozuměli, je užitečné si oddělit pojmy IoT a IoS, a dále blíže specifikovat obě definice [7].

Podle [17] si můžeme definovat IoT následovně. Jedná se o propojení fyzických objektů (věcí) s virtuální reprezentací na internetu nebo struktuře podobné internetu. Kde automatická identifikace pomocí RFID technologie je možným vyjádřením Internetu věcí, prostřednictvím senzorů a aktuátorů lze funkčnost rozšířit o provádění úkonů.

Díky rozšiřování propojených senzorů, které vytvářejí digitální svět, který je postupně kvantifikovatelnější a dostupnější, umožňují data získaná z autonomně propojených fyzických zařízení převod fyzického světa do digitálního. Prostřednictvím analýzy velkých dat (Big DATA) získaných z digitalizovaného světa bylo možné porozumět současným trendům na různých trzích a strukturách. Existují čtyři hlavní faktory, které umocnily integraci IoT v rámci současných ekonomických systémů:

- Rostoucí rozvoj internetu;
- Rostoucí osvojení mobilních zařízení;
- Nízké cenové náklady senzorů;
- Pokračování Moorova zákona. [18]

Podle společnosti Ericsson bude do roku 2022 v provozu 29 miliard zařízení [19]. Celková tržní hodnota generovaná internetem věcí je rovněž značná. McKinsey Institute odhaduje, že velikost trhu internetu věcí poroste a nabídne celkový potenciál ve výši 3,9 až 11,1 bilionu dolarů ročně do roku 2025 [20].

Způsob fungování systému IoT implementovaného do podnikového procesu si můžeme popsat pomocí čtyři fází. V první fázi jsou generovaná data snímána prostřednictvím senzorů a aktuátorů, poté se nasnímaná data shromažďují a přenášejí do nejbližší základnové stanice pro další analýzu a zpracování. Ve druhé fázi jsou data shromážděná prostřednictvím senzorů, kde se agregují a zpracovávají, data se převádějí například z analogového na digitální a naopak. Třetí fáze zahrnuje okrajové IT systémy zpracovávající data, které mohou být umístěny ve vzdálených kancelářích nebo na jiných vzdálených místech pro předběžné zpracování dat před jejich přenosem do datového centra nebo cloudové platformy. V poslední fázi se vygenerovaná data ukládají, udržují a hloubkově zpracovávají pro budoucí analýzu. [12]

Technologie RFID je stavebním kamenem konceptu IoT. Ten se ale dál rozšířil díky začlenění dalších technologií, jako jsou NFC, 2D čárové kódy, bezdrátové senzory, lokalizační technologie, komunikace 3G nebo 4G. [22]

RFID (Radio Frequency Identification) je technologie, která využívá elektromagnetické pole k automatické identifikaci předmětů a to tak, že je označí čipem, nebo dvěma anténami, tzv. "tagem". Tag vysílá jedinečný elektronický kód, který je přečten čtečkou, jenž může být umístěna kdekoliv. Tagy jsou různé a RFID lze použít k automatickému sledování objektů, včetně těch, které jsou připevněny na lidech či zvířatech. [22]

IoT využívá také lokalizační technologie. Existuje mnoho zařízení, která dokážou lokalizovat určitý objekt v určitém okamžiku, nejoblíbenější je systém GPS (Global Positioning Systems). Jedná se o systém řízený a financovaný americkým ministerstvem obrany. GPS využívá satelity ke sledování polohy (vertikálně i horizontálně), kterou uživatel zaujímá, jeho rychlost a aktuálního času v závislosti na místě, kde se nachází. Z každého místa na Zemi je viditelných 5 až 8 družic, proto jeho přesnost určení polohy je poměrně vysoká. [22]

NFC (Near Field Communication) je rádiové zařízení pracující na frekvenci 13,56 MHz, které dokáže navázat komunikace mezi dvěma objekty, které jsou v oblasti do 20cm. Rychlost výměny dat může dosáhnout maximálně 424 kbit/s a doba navázání spojení je kratší, než 1/10 sekundy. Jako možný způsob využití jsou například bezkontaktní platby. [22]

3G je označení pro třetí generaci komunikační technologie mobilních zařízení. Tato technologie slouží k přenosu zvuku a dat (včetně videa), umožňuje stahování softwaru, elektronickou poštu a službu pro okamžité zasílání zpráv. [22]

4G je kombinací technologií 3G a WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), má větší oblast pokrytí a širší pásmo než Wi-Fi. 4G kombinuje oblast velkého pokrytí 3G s rychlostí WiMaxu. Výsledkem je mobilní přístup k rychlostem Ethernetu (přibližně 10 Mb/s) a to v lokálních i velkých sítích. [22]

IoS je podle [17] popsána jako část internetu, která poskytuje služby a funkce jako komponenty ve formě granuální softwarové webové aplikace. Poskytovatel je zpřístupňuje na internetu a nabízí je na základě aktuální poptávky. Společnosti mohou jednotlivé softwarové složky komponovat do komplexních, ale přesto flexibilních řešení (založených na architekturách orientovaných na služby).

Nabízené služby v IoS plní dvojí účel. Jako technické systémy nebo koncový zákazník, obě tyto služby mohou požadovat obchodní funkce, které zajišťují partnerské společnosti. Vedle obchodovatelnosti hraje důležitou roli i náhodná kombinovatelnost, či spíše znovupoužitelnost v rámci IoS [23].

Jako příklad a aplikaci IoS si můžeme uvést inteligentní dopravní systém, který integruje informační a komunikační technologie s dopravním inženýrstvím, aby se zajistily pro stávající infrastrukturu systémy řízení dopravních a přepravních procesů, optimalizovaly se přepravní výkony a energetická náročnost, stoupl komfort cestujících a zvýšila se bezpečnost [2].

2.3 Senzory

Jedná se o měřicí zařízení, která jsou schopna monitorovat fyzikální podmínky prostředí [16]. Senzory a měřicí systémy poskytují mechatronickým systémům základní přímo měřitelné informace. Jsou tedy důležitými spojovacími prvky mezi procesy a částmi mikroelektroniky zpracovávající informace [7]. A tvoří důležitou roli při vytváření vztahu mezi virtuálním světem a parametry fyzického světa a umožňují objektům reagovat na změny z prostředí, ve kterém jsou umístěny [22].

Co se týče technologie snímání, klasické senzory slouží jako první prvek celého měřicího řetězce. Tento řetězec zahrnuje základní měřicí procesy, jako jsou např. sběr měřených veličin, předzpracování signálů, zpracování signálu a analogově-digitální převod [24]. Jednoduše řečeno klasické senzory sbírají hodnoty měřených veličin a převádějí je na elektrický signál [7].

Novější generace senzorů na bázi polovodičů, která se nazývá chytré senzory, je schopna transformovat shromážděné signály do formy digitálních dat a zpracovat je jako hodnotové informace. Jinými slovy je schopna pokrýt celý měřicí řetězec [25].

Senzory si můžeme klasifikovat podle jejich měřené veličiny. Nejdůležitějšími veličinami jsou mechanické - např. rychlost, rychlost otáček, zrychlení, vibrace, průtok; tepelné - např. povrchová teplota, vyzařovací teplota; elektrické - elektrický proud, elektrické napětí, elektrické výkony; chemické a fyzikální - délka vlny světla, intenzita osvětlení, obsahy chemických prvků [7; 24].

2.4 M2M komunikace

Machine-to-machine (M2M), neboli komunikace mezi stroji, je široké označení, které lze použít k popisu jakékoliv technologie, která umožňuje síťovým zařízením vyměňovat si informace a provádět akce bez manuální asistence člověka [27]. Bavíme-li se v kontextu kompletní digitální integrace v rámci chytré továrny, potom M2M neznamena pouze komunikaci mezi stroji, ale také mezi různými IT systémy na různých úrovních v rámci podniku [26].

Hlavním účelem technologie M2M je získat data ze senzorů a přenést je do sítě. Systémy M2M často využívají veřejné sítě a přístupové metody - například celulární sítě nebo ethernet, aby byly nákladově efektivnější.

Mezi hlavní součásti systému M2M patří senzory, RFID, Wi-Fi nebo mobilní celulární síť a autonomní výpočetní software naprogramovaný tak, aby pomohl síťovému zařízení

interpretovat data a rozhodovat se. Aplikace M2M mohou převádět data, která mohou spouštět před programované automatizované akce [27].

Vzhledem k tomu, že senzory M2M mají omezenou kapacitu paměti a energie, jejich sítě vyžadují přenos velkého množství dat v reálném čase. Tento přenos dat musí řešit otázky efektivity, bezpečnosti a zabezpečení [28]. Proto mezi klíčové vlastnosti M2M patří:

- Nízká spotřeba energie ve snaze zlepšit schopnost systému efektivně obsluhovat aplikace M2M;
- Síťový operátor, který poskytuje službu s přepojováním paketů;
- Monitorovací schopnosti, které poskytují funkce pro detekci událostí;
- Časová tolerance, což znamená, že přenosy dat mohou být zpožděny;
- Časová kontrola, což znamená, že data lze odesílat nebo přijímat pouze v určitých předem stanovených obdobích;
- Spouštěče specifické pro dané místo, které upozorní nebo probudí zařízení, když vstoupí do určitých oblastí;
- Schopnost nepřetržitě odesílat a přijímat malá množství dat. [27]

2.5 Big Data

V dnešním digitálním světě téměř neexistuje žádný aspekt podnikatelského prostředí, kterého by se digitalizace nedotkla. Zavedení nových digitálních technologií do tradičního obchodního světa vedlo k používání online kanálů a rychlých algoritmů velkým počtem organizací. Tato digitalizace v průmyslových odvětvích vede k obrovskému toku dat v systémech. Během této měnící se doby se uchovávání, zpracování a údržba dat stala hlavním problémem kvůli velkému množství generování strukturovaných a nestrukturovaných dat z různých zdrojů [12]. Podle analytiků z International Data Corporation se očekává, že objem generovaných dat v letech 2010 až 2020 vzroste čtyřicet až padesátkrát, na čtyřicet zettabytů [7].

Zdrojem velkých dat jsou data z provozu na internetu, chytré senzory a měřicí sítě, data ze senzorů sledující logistiku a výrobní procesy, CRM (Customer Relationship Management) systémy, zdravotní obrazové systémy, genové analyzátoři, bezpečnostní kamery. [10]

Koncept velkých dat je definován především pěti dimenzemi. První je objem: označuje obrovské množství generovaných dat. Druhým je Varieta: odkazuje na různé druhy

strukturovaných a nestrukturovaných dat generovaných z různých zdrojů dat. Třetí je rychlost: rychlost, kterou jsou data generována a analyzována pro další zpracování. Čtvrtá je věrohodnost: odkazuje na autenticitu dat a pátá je Hodnotnost: odkazuje na stáří generovaných dat, aby se zlepšila přesnost generovaných informací se správnou analýzou. [29]

K získávání hodnot z Velkých dat používáme metodiku data miningu s využitím cloud computingu, která obvykle vyžaduje tyto funkce:

- Detekci a získávání odlehlých hodnot a skrytých vzorů z velkých dat s vysokou rychlostí a objemem dat;
- Získávání geoprostorových a topologických sítí a jejich interakcí z dat internetu věcí;
- Rozvíjet holistický výzkum zaměřený na distribuci tradičních algoritmů získávání dat, nástrojů cloud computingových uzlů a center pro data mining velkých dat;
- Vývoj nové třídy škálovatelných metod data miningu, které využívají úložnou a zpracovatelskou kapacitu cloudových platform;
- Řešení prostorově-časových výzev data miningu velkých dat, zkoumáním toho, jak jsou stávající techniky prostorového získávání dat úspěšné, nebo neúspěšné v oblasti velkých dat;
- Poskytování nových algoritmů získávání dat, nástrojů a softwaru, jako jsou služby v systémech hybridních cloudových služeb.

[30 - 33]

2.6 Cloud Computing

Cloud computing je model umožňující všudypřítomný síťový přístup na vyžádání ke sdílenému fondu konfigurovatelných výpočetních zdrojů (např. sítí, serverů, úložišť, aplikací a služeb), který lze rychle poskytovat s minimální interakcí s poskytovatelem služeb. [34]

Cloud computing se vyznačuje škálovatelností, velkou dostupností, rychlým síťovým připojením a s tím poskytovaná funkčnost pomocí definovaného rozhraní fundamentálních technologií pro implementaci průmyslu 4.0 [35]. Jako jsou zařízení internetu věcí, připojení takovýchto zařízení umožní rychlé zpracování dat, sdílení získaných dat a poskytnutí okamžité zpětné vazby na základě provedených výpočtů [10].

Cloudové služby lze využívat na různých hardwarových a softwarových úrovních, jako je software jako služba (SaaS), platforma jako služba (PaaS) a infrastruktura jako služba (IaaS) [35]. V cloudových systémech pracují data z výrobního procesu společně na serveru, kde jsou analyzována a vráceny zpět na místo určení [7].

Jako příklad si můžeme uvést službu Apple Siri. Hlasový příkaz je nahrán přes mikrofon, zvukový soubor je odeslán na server, kde je analyzován a vyhodnocen, výsledek je potom předán jako řídicí příkaz k odesílací jednotce. [35]

2.7 Standardizace

Zavedením principů konceptu Průmysl 4.0 je zároveň i implementací multitechnologických systémů založených na komunikaci, síťových technikách, senzorových technologiích a technologiemi pro zpracování dat. Takové systémy se řídí řadou průmyslových standardů a které jsou vyvíjeny různými regulačními organizacemi a průmyslovými orgány, jako jsou IEEE, ETSI, IETF, OneM2M, NIST (National Institute of Standards and Technology), ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci). [16]

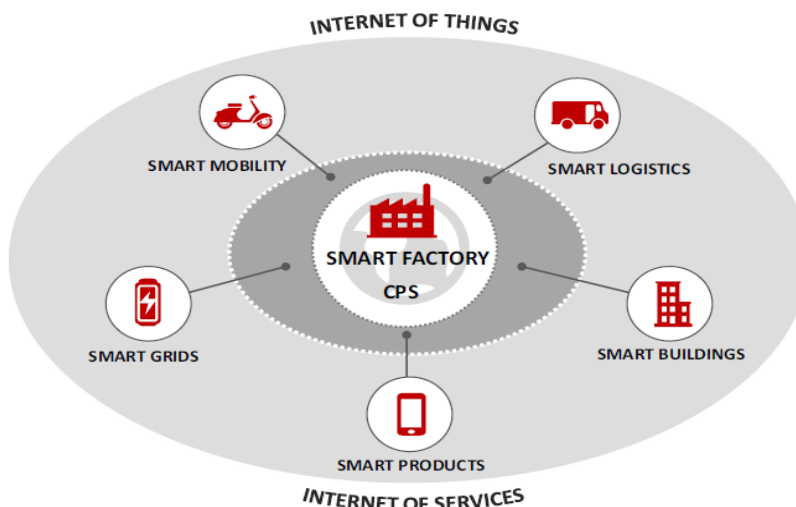
Standardizaci tedy chápeme jako soustavu pracovních a technicko-hospodářských norem, vybraných postupů, předpisů, limitů, vzorů, seznamů a dalších podkladů, které vytváří organizační jednotka pro zvýšení konkurence schopnosti vzhledem k potřebám zákazníka a pro zvýšení ekonomiky hodnotového procesu. Takto chápána soustava standardizace musí plnit následující požadavky:

- závaznost;
- exaktnost;
- komplexnost;
- optimálnost;
- zúžení možného;
- jednoduchost;
- přizpůsobivost;
- pružnost;
- sjednocení;
- zajištění kvality;
- stabilizaci. [6]

2.8 Chytrá továrna

V centru konceptu průmyslu 4.0 představuje koncept chytré továrny klíčový prvek. Podle odborníků má chytrá továrna několik nových vlastností, které společně umožňují vypořádat se s složitostí a neočekávanými poruchami stejně dobře, jako vyrábět produkty mnohem efektivněji. V chytré továrně spolu lidé, stroje a zdroje komunikují stejně přirozeně jako v sociální síti. [17]

Chytrá továrna tedy představuje koncept, ve kterém se přistupuje formou "inteligentního myšlení" ve výrobním prostředí [7]. Dochází k zvýšenému využívání automatizace s podporou umělé inteligence, analytiky, technik zpracování velkých dat, cloud computingu, chytrého produktu, chytré logistiky a internetu věcí, jenž umožňuje továrnám být mnohem flexibilnější, než běžné výrobní továrny. Aby chytrá továrna mohla plně využívat data ze chytrých zařízení, musí být schopna být škálovatelná a propojená. Tento systém by pak dokázal bezproblémově propojit fyzický a digitální svět [38].



Obr.3.: Chytrá továrna zobrazená jako střed konceptu Průmyslů 4.0 [13]

Pro implementaci a zpracování tohoto řešení průmyslu 4.0, je tedy důležité klást důraz na tři následující zastřešující vlastnosti a současně stanovit prioritní oblasti:

2.8.1 Horizontální integrace prostřednictvím hodnotových sítí

Integrace různých IT systémů používaných v různých fázích výroby a procesy obchodního plánování, které zahrnují výměnu materiálů, energie a informace v rámci společnosti (např. příchozí logistika, výroba, odchozí logistika, marketing) a mezi několika různými společnostmi (hodnotové sítě). [17]

2.8.3 End-to-end digitální integrace inženýrství napříč celým hodnotovým řetězcem

Vhodné IT systémy, které mohou poskytnout end-to-end podporu celému hodnotovému řetězci, od vývoje produktu po inženýrství výrobního systému, výrobu a služby. Vyžaduje se holistický přístup systémového inženýrství, který zahrnuje různé technické obory. [17]

2.8.3 Vertikální integrace a síťové výrobní systémy

Integrace různých IT systémů na různých hierarchických úrovních v rámci společnosti (např. aktuátory a senzory, řízení, řízení výroby, výroba a úrovně realizace a podnikového plánování), aby bylo možné dodat komplexní řešení. Objekt který toto reflektuje je právě chytrá továrna, ve které tyto systémy a technologie přicházejí do praxe a jsou aplikovány [17].

2.9 Chytré město

Chytré město představuje oblast ve které jsou komplexně aplikované principy Průmyslu 4.0 a internetu věcí [39]. Chytrá města by měly být navrženy tak, aby podporovaly rozšířené občanské zařízení na podporu kvality života, bezpečnosti a ochrany [16]. Mezi klíčové faktory chytrého města utvářející hodnotu patří: inteligentní ekonomika, inteligentní mobilita, inteligentní prostředí, inteligentní lidé, inteligentní život a inteligentní správa [11]. Vytváření hodnoty v chytrých městech lze analyzovat prakticky ze dvou různých pohledů. První z veřejného sektoru a druhý z pohledu občanů [18], v chytrém městě se občané mění z uživatelů na přímo zúčastněné strany [11].

Formováním chytrých měst může veřejný sektor sloužit svým občanům s nižšími náklady díky zvýšení efektivity služeb prostřednictvím digitalizace. Není to však jen úspora nákladů a času, na čem záleží, ale také vyšší kvalita služeb a nepřetržitý servis 24 hodin denně, 7 dní v týdnu [18]. Některé z klíčových služeb jsou: inteligentní a udržitelné energetika, energetická účinnost, řízení obnovitelných zdrojů, inteligentní doprava, inteligentní řízení parkování, inteligentního sběru odpadků, inteligentního osvětlení, monitorování a kontrola životního prostředí, větší přístup obyvatelstva ke zdrojům, bezpečnost a nižší kriminalita, školní zóny a další občanská zařízení [5, 16, 18].

Podle odhadů organizace spojených národů (OSN) bude do roku 2030 více než 60 % obyvatelstva světové populace žít v městských oblastech, především ve městech [16]. Studie McKinsey Global Institute zároveň naznačuje, že 600 nejrychleji rostoucích měst světa bude v letech 2010 až 2025 tvořit 60 % celosvětového hospodářského růstu [40]. Právě z těchto důvodů je utváření a aplikování konceptu chytrého města a využíváním nejmodernějších technologií spíše nutností než luxusem [18].

3. Přípravenost podniku na průmysl 4.0

Příchod průmyslu 4.0 a digitální transformace sebou přináší i otázky z pohledu implementace a určení zralosti v podnikovém prostředí v kontextu této problematiky. Zvyšuje se potřeba pomoci podnikům s implementací a technologickým přechodem, definováním struktury a vytvořením metodik postupů pro zavedení, či pro další postup a vývoj. Při správné implementaci nových technologií a postupů na základě empirických znalostí víme, že dochází k vyšší kvalitě, zlepšení stability procesů, lepší správě, vyšší flexibilitě a celkovému přínosu v rámci konkurenceschopnosti na trhu.

Určování současné pozice a stav podniku v kontextu průmyslu 4.0 provádíme pomocí modelů. Může se jednat o modely zralosti, modely připravenosti, rámce digitalizace, mapy dílčích kroků, index zralosti. V širším spektru je terminologie vedlejší, protože účel těchto modelů a metodik zůstává stejný. Slouží k identifikaci úrovně podniku či jako určení fáze ve které se podnik nachází. Zároveň mohou modely sloužit k vytvoření výchozího bodu a určitého základu pro implementaci. Modely a metodiky mají za úkol pomoci poskytnout určitý komplexní návod, popisnou analýzu vyspělosti, definovat problematické oblasti, zjištění slabých míst, určit strategický cíl pro další směr implementace a vývoje společnosti. Modely byly vyvinuty akademickými obcemi, firmami a technologickými sdruženími s cílem poskytnout analytické rámce, které by si firmy osvojili pro vlastní hodnocení stavu podniku.

Ve většině modelů je fáze a celková úroveň firmy či index zralosti klasifikována na základě charakteristických vlastností a úrovní ve specifických oblastech. Tyto specifické oblasti klasifikuje jako dimenze. Pro každou dimenzi hodnotíme určitou úroveň zralosti v dané oblasti. Například model Impuls [41] obsahuje šest dimenzí: Strategie a organizace, chytrá továrna, chytré operace, chytrý produkt, služby založené na datech a zaměstnanci. Tyto dimenze lze následně ještě specifikovat do tzv. poddimenzí.

Podle Schumachera et al. [42], jsou modely zralosti používány jako nástroj pro konceptualizaci a měření zralosti organizace nebo procesu s ohledem na určitý cílový stav. Synonymně jsou označovány modely připravenosti, jejichž cílem je zachytit výchozí body a umožnit inicializaci procesu vývoje. Rozdíl mezi připraveností a zralostí chápeme tak, že

hodnocení připravenosti probíhá před zahájením procesu rozvoje (zralosti), zatímco hodnocení zralosti má za cíl zachytit stav, takový jaký je, během procesu rozvoje.

Metodika vyhodnocování připravenosti je napříč všemi modely je velmi podobná. Většinou se hodnotí na základě dotazníků. Počínaje oborovou klasifikací společnosti, zjištění znalostí ohledně konceptu Průmysl 4.0, analýzy současného stavu, která probíhá souborem otázek vztahenými k jednotlivým dimenzím. Dimenze jsou specifické, hodnocení v každé dimenzi se zaobírá jednotlivými poddimenzemi a posuzováním jejich úrovní.

(2.1)

V rovnici (2.1) můžeme vidět příklad vzorce pro určení úrovně zralosti. Takové to vzorce jsou používány pro klasifikaci úrovně zralosti dané dimenze na základě úrovně specifických otázek. Kde M je úroveň zralosti, D uvažovaná dimenze, Q související otázka, W váhový faktor a N počet otázek [43].

Zjištění úrovně dimenze či poddimenze může ale být i na základě srovnávací tabulky. v té je pro každou úroveň na základě definice a charakteristického popisu vlastností každá úroveň popsána.

Výsledkem zralosti podniku bývá grafické zobrazení nebo hodnotová tabulka. Výsledek poskytuje individuální hodnocení společnosti v každé z uvažovaných dimenzí či poddimenzí. Jako grafické zobrazení se nejčastěji používá radarový graf, ve kterém jsou odstupňované a propojené jednotlivé úrovně v rámci dimenzí, ve které propojená plocha reflektuje úroveň zralosti. Celková úroveň či index zralosti lze vypočítat aritmetickým průměrem úrovní dimenzí.

De carolis [44] shrnula hlavní účely nástrojů pro hodnocení do tří kategorií:

1. popisný účel: modely zralosti s tímto účelem chtějí posoudit současnou situaci společnosti;
2. preskriptivní účel: model zaměřený na vztahy mezi domněny a výkonností, naznačuje jak přistupovat ke zlepšování vyspělosti, aby bylo možné pozitivně ovlivnit hodnotu podniku;
3. srovnávací účel: srovnávací model umožňuje porovnávání mezi společnostmi, zejména by model tohoto druhu mohl porovnávat podobné postupy v různých společnostech, aby bylo možné porovnávat vyspělost v rámci různých odvětví.

3.1 Modely zralosti

tab1. Vybrané modely zralosti

Model	Název	Autor	Dimenze	Úrovně	Účel
MM-1	Industry 4.0 Readiness [41]	Lichtblau et al. (2015)	6 dimenzí	6 úrovní	Popisný Předpisový Srovnávací
MM-2	SIMMI 4.0 [45]	Leyh et al. (2016)	3 dimenze	5 úrovní	Popisný
MM-3	Industry 4.0 Maturity Model [46]	K. Y. Akdil t al. (2018)	3 dimenze	4 úrovně	Popisný Předpisový Srovnávací
MM-4	Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises [42]	Schumacher et al. (2016)	9 dimenzí	5 úrovní	Popisný Srovnávací
MM-5	The Connected Enterprise Maturity Model [47]	Rockwell Automation (2016)	4 dimenze	5 úrovní	Popisný Předpisový
MM-6	Industry 4.0 Readiness Assessment Method Based on RAMI 4.0 Standards [9]	Bastos et al. (2021)	1) osa hierarchie 7 dimenzí, 2) osa životního cyklu 4 dimenze, 3) vrstevní osa 6 dimenzí	5 úrovní	Popisný

MM-7	Company Compass 2.0 [48]	Nick et al. (2021)	7 dimenzí	5 úrovní	Popisný
MM-8	Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises [49]	Schumacher et al. (2019)	8 dimenzí	4 úrovně	Popisný Předpisový
MM-9	Industry 4.0 maturity model for machine tool companies [50]	Rafael et al. (2020)	6 dimenzí	6 úrovní	Popisný
MM-10	The smart Industry readiness index [51]	EDB Singapore (2020)	16 dimenzí	6 úrovní	Popisný Předpisový
MM-11	Industry 4.0 - Maturity Model [52]	Gökalp et al. (2017)	5 dimenzí	6 úrovní	Popisný
MM-12	A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies [44]	De Carolis et al. (2017)	4 dimenze	5 úrovní	Popisný
MM-13	Acatech Industrie 4.0 Maturity Index [53]	Schuh et al. (2017)	4 dimenze	6 úrovní	Popisný

MM-14	Maturity Model for Digitalization within the Manufacturing Industry's Supply Chain [54]	Klötzer et. al (2017)	9 dimenzí	5 úrovní	Popisný
MM-15	An Industry 4 readiness assessment tool [55]	WMG University of Warwick (2019)	6 dimenzí	4 úrovně	Popisný

MM-1 - Tento model je podrobněji popsán v další části této práce.

MM-2 - Model zralosti pro klasifikaci celopodnikového IT prostředí a softwaru se zaměřením na Průmysl 4.0, definuje 5 úrovní od 1 (základní úroveň digitalizace) po 5 (kompletní optimalizovaná digitalizace) se zaměřením na tři dimenze: vertikální integraci, horizontální integraci a digitální produkt.

MM-3 - Model používá k identifikaci zralosti 4 úrovně, se zaměřením na 13 oblastí, které jsou seskupeny do tří dimenzí. Nejvyšší úroveň "vyspělost" definuje společnost, ve které jsou produkty inteligentní a na datech řízené služby poskytované na vysoké úrovni.

MM-4 - Tento empiricky podložený model je zaměřen na výrobní podniky, využívá k zjištění úrovně zralosti dotazníkové hodnocení 62 předmětů hodnocení. 5 úrovnový systém definující úroveň v 9 dimenzích.

MM-5 - Model vyvinutý společností Rockwell Automation ve spolupráci s firmami Microsoft, Cisco a Panduit. Model definuje 5 úrovní a popisuje vlastnosti v každé konkrétní úrovni. V rámci úrovní jsou posuzovány 4 dimenze. Cílem modelu je zvýšení produktivity.

MM-6 - Hodnocení tohoto modelu je založené na standardech RAMI 4.0, model RAMI 4.0 popisuje v trojrozměrném prostoru základní aspekty Průmyslu 4.0. Dimenze jsou tedy hodnoceny ve třech osách. V hierarchické ose hodnotíme 7 dimenzí, v ose životního cyklu a hodnotového řetězce 4 dimenze a ve vrstevní ose 6 dimenzí.

MM-7 - Model přistupuje k hodnocení podniku holistickým přístupem. Přínosem modelu je kromě zhodnocení i schopnost upozornit na nedostatky a mezery úrovně

přípravenost podniku na Průmysl 4.0. Je zde definováno 7 dimenzí, ve kterých hodnocení probíhá v 5 úroňové stupnici.

MM-8 - Model zaměřující se na průmyslovou digitalizaci založený na předchozím modelu svého autora. Výsledek zralosti vychází z hodnocení 65 kritických faktorů úspěchu v Průmyslu 4.0 a jejich posloupnosti. Definováno 8 dimenzí ve 4 úroňové stupnici.

MM-9 - Model navrhnutý pro hodnocení podniků zabývajících se výrobou obráběcích strojů. Hodnotí ve 6 dimenzích 6 úrovní od 0 úrovně (outsider), ve které společnost nesplňuje žádnou z podmínek požadavků na Průmysl 4.0, po 5 úroveň (Top performer), kde strategie podniku Průmysl 4.0 již implementovala a pravidelně monitoruje stav implementace dalších projektů.

MM-10 - Model je podrobněji popsán v další části práce.

MM-11 - Model je zaměřen na hodnocení ve výrobních podnicích. Hodnotí se 5 dimenzích v 6 úrovních, od 0 úrovně (neúplná), kde základní postupy nejsou zavedeny nebo jsou částečně dosaženy, po 5 úroveň (optimalizující), kde je dosaženo integrace směrem k výrobnímu cyklu výrobku, sdílení znalostí a synchronizace mezi prostředími.

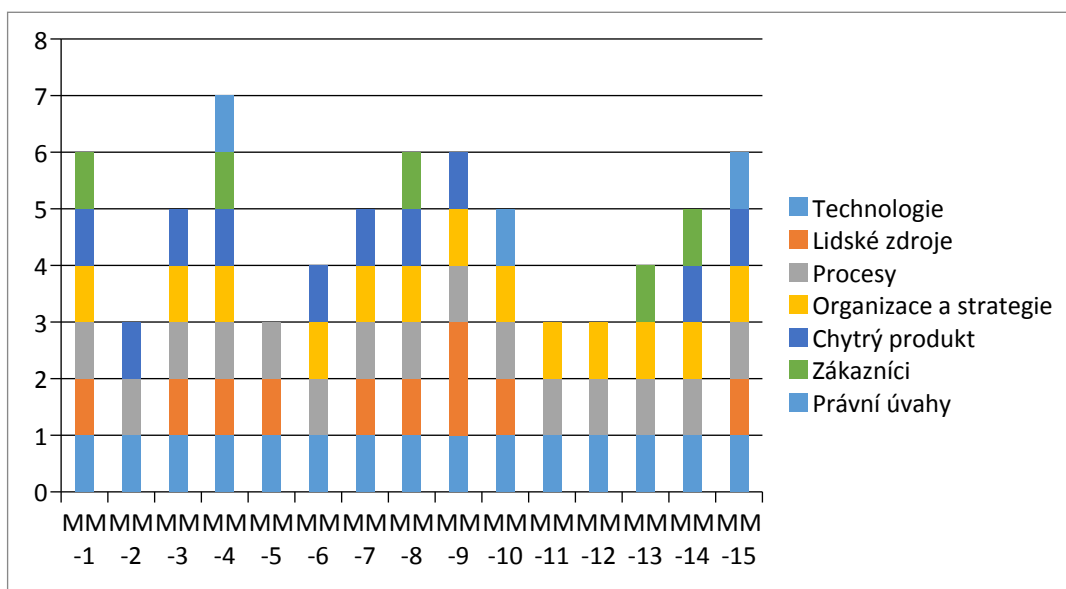
MM-12 - Model zralosti se zaměřuje na určení úrovně digitálních procesů v podnicích. Je definováno 5 úrovní, od 1 úrovně (počáteční) po 5 úroveň (digitálně orientovanou) hodnotících ve 4 dimenzích.

MM-13 - Model vyvinutý společností Acatech, který zjišťuje index zralosti podniku. Hodnotí se 4 dimenze ve 6 úroňové stupnici a jejich vzájemná propojenost.

MM-14 - Model zralosti digitalizace v rámci dodavatelského řetězce ve výrobním průmyslu. Hodnotí 9 dimenzí ve 5 úroňové stupnici pro realizaci chytrého produktu a aplikaci chytrého produktu.

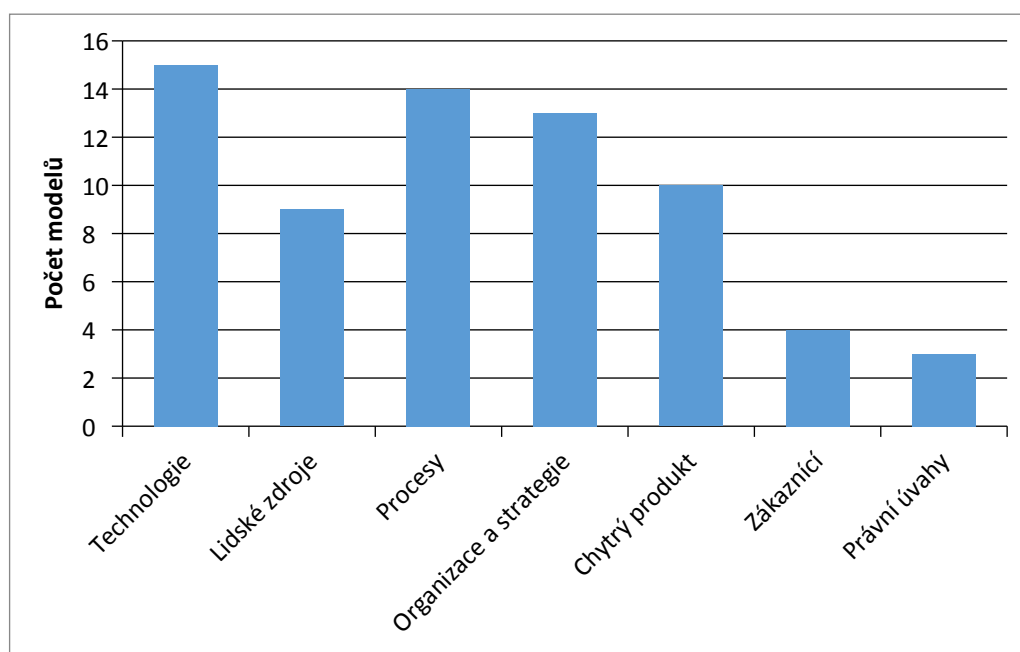
MM-15 - Model představuje nástroj pro hodnocení připravenosti podniku, byl vyvinutý univerzitou ve Warwicku ve spolupráci s Pinsent Masons a Crimcon & Co. Má úroňový hodnotící systém, který hodnotí 6 dimenzí. Lze provést detailní zhodnocení pro každou dimenzi v rámci zhodnocení poddimenzí.

3.2 Porovnání modelů



Graf 1.: Porovnání modelů z pohledu oblastí zaměření

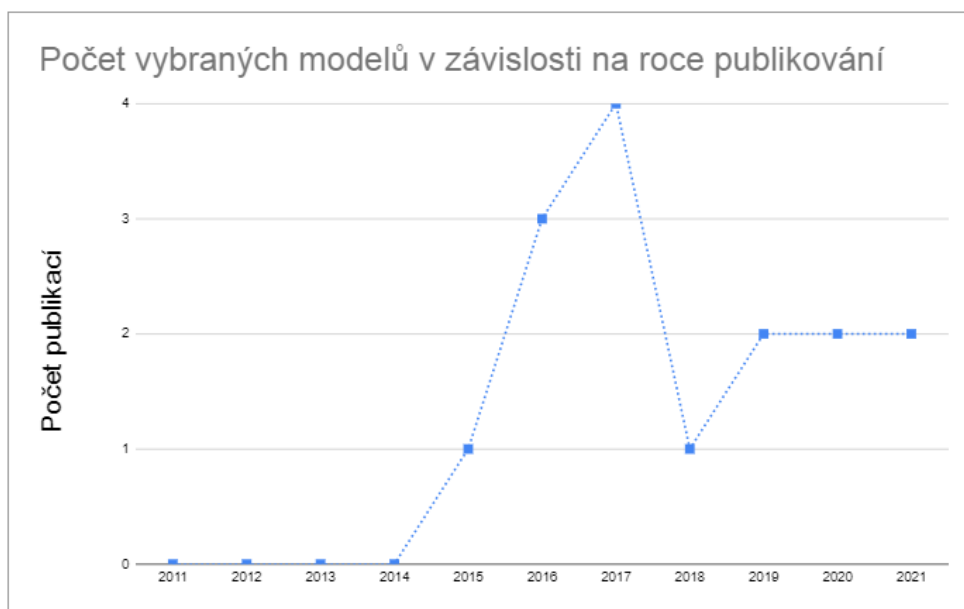
Z grafu 1. můžeme vidět porovnání všech vybraných modelů zralosti v komparaci se specifickými oblastmi. Jak můžeme vidět, některé modely představují komplexní pohled na koncept Průmysl 4.0, kdežto jiné se více specializují na konkrétní oblasti a nepokrývají pohled na celkovou problematiku .



Graf 2.: Počet modelů vztážený k oblastem zaměření

Z grafu 2. můžeme vyčíst, že úplně veškeré vybrané modely zralosti jsou zaměřeny na implementaci a aplikaci moderních technologií. Téměř všechny modely zralosti řeší

problematiku procesního inženýrství, organizace a strategie podniku. Pouze několik modelů zohledňuje oblasti zákazníků a právní úvahy.



Graf 3.: zobrazení počtu vybraných publikací v časové ose

1.2

Graf 3. zobrazuje počet vybraných publikací v časovém horizontu. Přesto stále vznikají nové modely, které vycházejí ze základů předešlých. Nejvíce modelů bylo publikováno v Německu.

V rámci vytvoření přehledu vybraných modelů v tabulce 1., způsobu metodiky porovnávání modelů mezi sebou a použití seznamu modelů pro jejich vyhledání na internetu, byly použity publikace od Angerani et al. [36] a Zoubek, Šimon [21].

4. Případová studie

V této části je zpracovaná případová studie, která byla provedena ve společnosti IT Bohemia, s.r.o.. Nejdříve je představena společnost, poté je ve stručnosti popsán výchozí stav společnosti. Následně představení a podrobné popsání dvou vybraných modelů zralosti, které byly použity pro zhodnocení stavu zralosti společnosti. Závěrem je zhodnocení výsledků na základě vybraných modelů a následné doporučení.

4.1 Představení společnosti

Společnost IT Bohemia, s.r.o. byla založena v roce 1996 se specializací na velkoobchod s ocelovými plechy. V současné době je hlavním předmětem podnikání obchod s hutními materiály všeho druhu a navazující výroba přesných výpalků. Společnost disponuje dvěma skladovými areály v Plzni a Mělníku, díky kterým může svým zákazníkům nabídnout široký sortiment hutního materiálu a poskytnout komplexní dělicí služby. V rámci kompletního dodavatelského servisu zajišťuje společnost přepravu materiálu a výrobků na místo určení a poskytuje certifikáty k destruktivním či nedestruktivním zkouškám přímo od výrobců či nezávislých certifikačních autorit [56].

4.2 Výchozí stav

Výchozí stav společnosti byl definován na základě konzultace s vedoucím výroby panem Františkem Kolodejem. Společnost je obeznámena s pojmem Průmysl 4.0. Ve společnosti proběhla v minulých letech velká investice v podobě nákupu nových strojů a implementace nového informačního systému. V současnosti je výrobní proces prováděn převážně pomocí zařízení, strojů a počítačových systémů. Ve společnosti je implementován komunikační systém pro komunikaci mezi stroji, zařízeními a sběrem dat. Podnik se hodlá ubírat směrem k postupné digitalizaci. V rámci digitalizace již byla provedena digitalizace skladu materiálu a plánování výroby.



Obr. 4.: Sídlo společnosti v Plzni

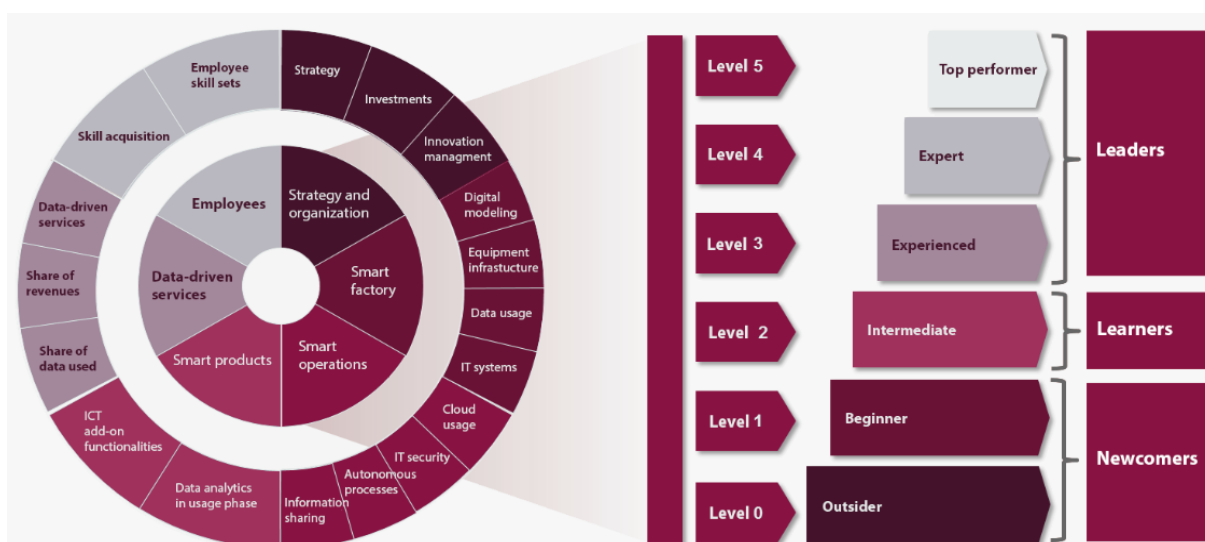
4.3 Vybrané modely pro hodnocení podniku

4.3.1 Impuls - Industry 4.0 Readiness [41]

Impuls - Industry 4.0 Readiness Online Self-Check for Businesses, představuje model připravenosti podniku na Průmysl 4.0. Model byl vytvořen na základě podnětu nadace IMPULS, patřící pod německé strojírenské sdružení VDMA. Studie byla vytvořena Kolínským institutem pro ekonomický výzkum IW Consult a institutem pro průmyslový management na RWTH Aachen University. Model je zpracován ve formě sebe hodnocení a je volně dostupný v rámci webové aplikace na internetu. Klasifikování úrovně probíhá na principu dotazníkového hodnocení, aplikace je dynamická s ohledem na klasifikaci podniku. V rámci hodnocení společnosti jsme zodpovídali 30 otázek, které jsou přiloženy v příloze A. Otázky hodnocení jsou vztaženy ke šesti dimenzím, tyto dimenze lze ještě specifikovat do šestnácti poddimenzí. Výstupem je Celkové hodnocení popisující celkovou úroveň připravenosti, podrobnější hodnocení v jednotlivých dimenzích. Srovnání s ostatními podniky a doporučení dalšího postupu v rámci připravenosti Průmyslu 4.0.

Tento model obsahuje šest úrovní připravenosti:

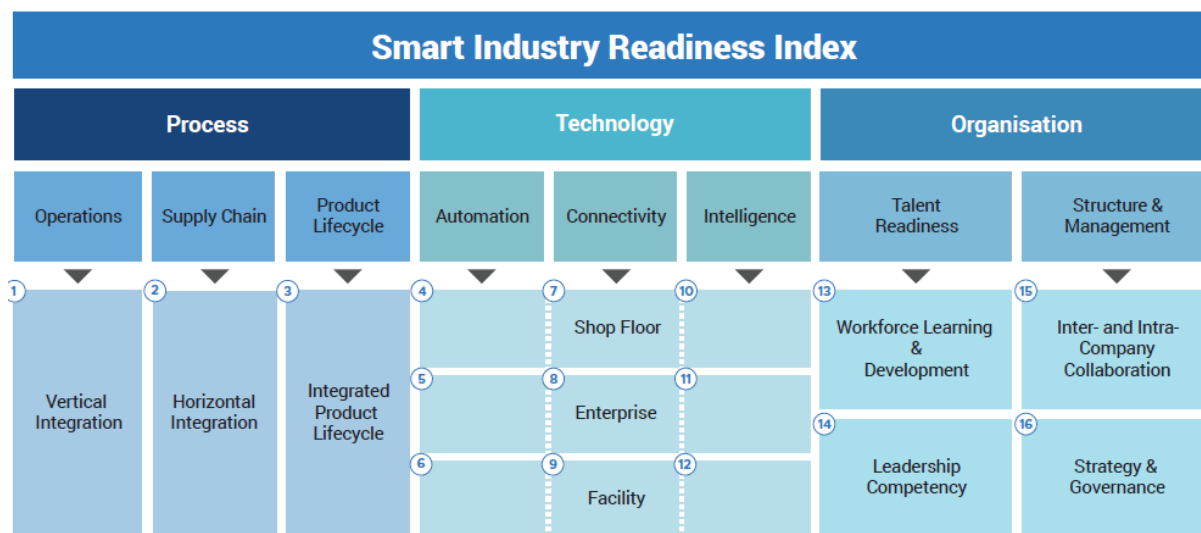
- Úroveň 0 - Outsider;
- Úroveň 1 - Beginner;
- Úroveň 2 - Intermediate;
- Úroveň 3 - Experienced;
- Úroveň 4 - Expert;
- Úroveň 5 - Top Performer.



Obr. 5.: Model Impuls [41]

4.3.2 The Smart Industry Readiness Index [51]

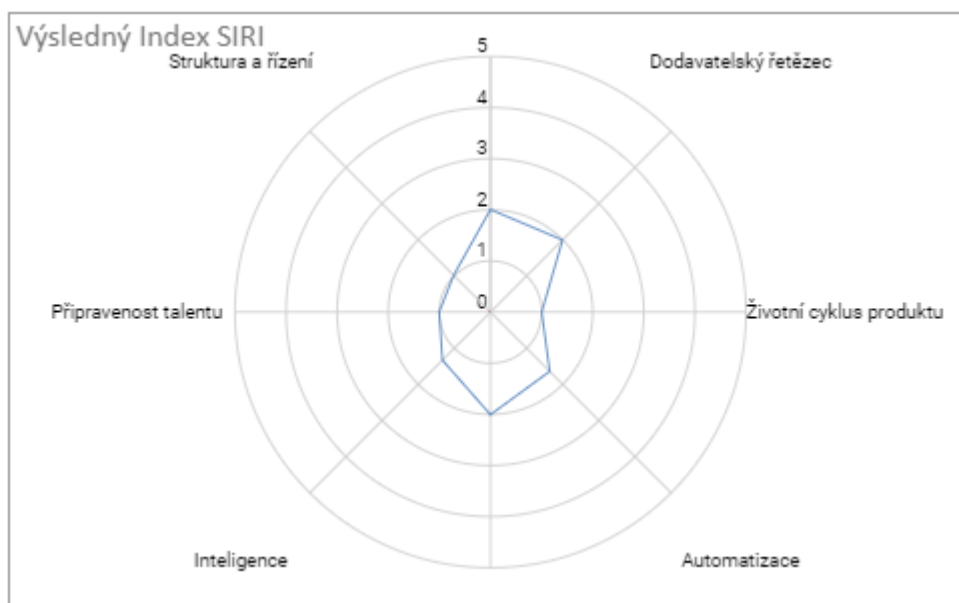
Tento index připravenosti byl vyvinut vládní agenturou Singapore Economic Development Board, spadající pod ministerstvo obchodu a průmyslu. Index připravenosti se snaží poskytnout společný rámec pro všechny společnosti, které se zapojily do transformace Průmyslu 4.0 a pomohl jim určit, jak zahájit, škálovat a udržet transformaci Průmyslu 4.0. Rámec SIRI se skládá ze tří vrstev. Nejvyšší vrstvu tvoří tři základní stavební kameny Průmyslu 4.0: Proces, Technologie a Organizace. Základními stavebními kameny je osm pilířů, které představují kritické aspekty, na které se společnosti musí zaměřit, aby se staly společnostmi připravenými na budoucnost. Třetí a poslední vrstva obsahuje 16 dimenzí, na které by se společnosti měly vztahovat při hodnocení aktuální úrovně vyspělosti svých zařízení. Úroveň je klasifikována na základě hodnotící matice. Hodnotící matice je samodiagnostikovatelný nástroj pro určení připravenosti na Průmysl 4.0, který lze aplikovat na společnosti bez ohledu na velikost a odvětví. Hodnotí se 16 dimenzí hodnotové matice pomocí srovnávacího rámce. V hodnotícím rámci je definováno celkem 6 úrovní, od úrovně 0, po úroveň 5. Každá úroveň je specificky popsána pro konkrétní pilíř.



Obr. 6.: Hodnotící matice [51]

5.3 Výsledky zhodnocení podniku

5.3.1 Model SIRI



Graf 4.: Úroveň pilířů hodnotící matice

V grafu 4. vidíme výsledné zhodnocení indexu vyspělosti SIRI. Podnik se nachází v počáteční fázi, ve které některé prvky jsou již implementovány, ale další fáze jednotlivých dimenzí určují směr dalšího vývoje, kterým by měl podnik postupovat. Kromě toho je v publikaci popsán i rámec LEAD, který popisuje ve čtyřech krocích, jakým způsobem postupovat v transformaci Průmyslu 4.0. Dále je popsána komplexní transformační strategie ARCHITECT, ve které je dána metodika, jakou se ubírat k implementacím Průmyslu 4.0 [51]. Rámcový přehled hodnotící matice je přiložen v příloze B.

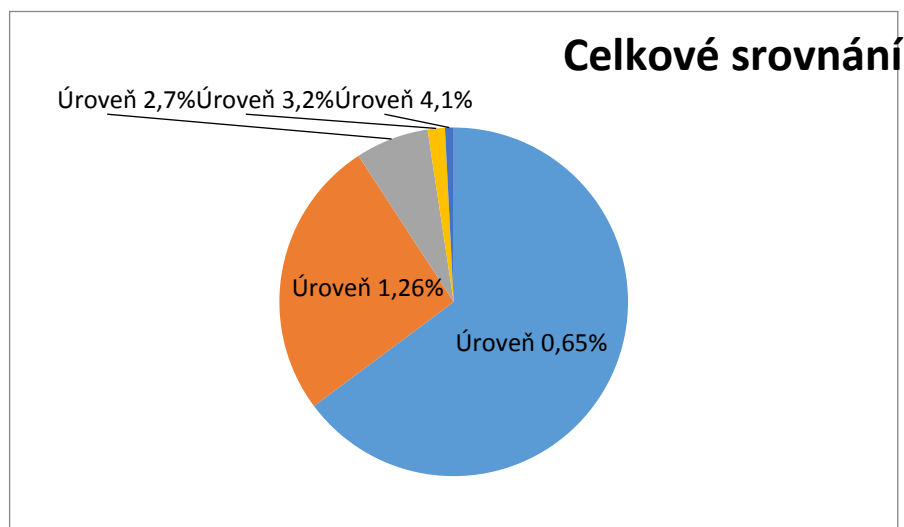
5.3.2 Model Impuls

V celkovém hodnocení v rámci modelu Impuls se společnost umístila na úrovni 2. Výsledky připravenosti v jednotlivých dimenzích jsou následující:

- Strategie a organizace: Úroveň 2;
- Chytrá továrna: Úroveň 2;
- Chytré operace: Úroveň 2;
- Chytré produkty: Úroveň 1;
- Služby založené na datech: Úroveň 3;
- Zaměstnanci: Úroveň 2.

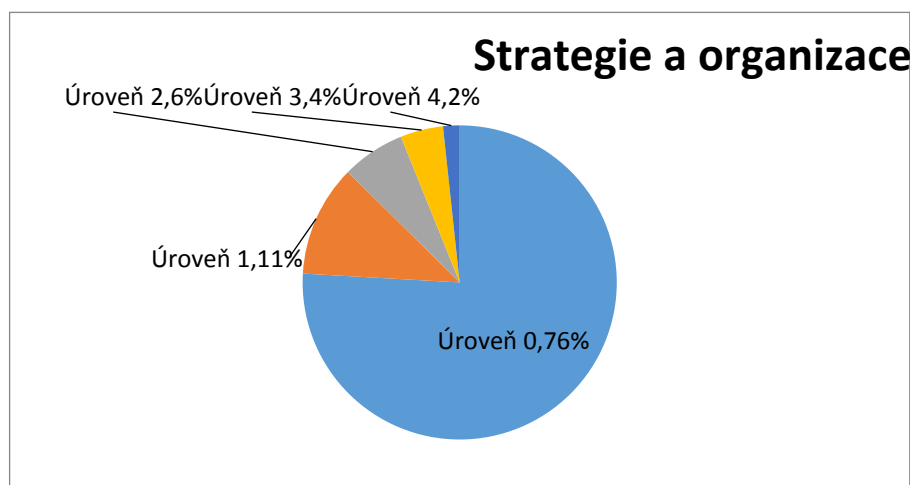
Číselné hodnocení dimenzí má následující váhu: Strategie a organizace: 0,254; Chytrá továrna: 0,143; Chytré operace: 0,102; Chytré produkty: 0,185; Služby založené na datech: 0,138; Zaměstnanci: 0,179

Celkové srovnání, společnost byla srovnávána s ostatními výrobními podniky do 99 zaměstnanců. Jak je vidět na grafu 5. této úrovně dosáhlo také 6,8% společností.



Graf 5.: Celkové srovnání

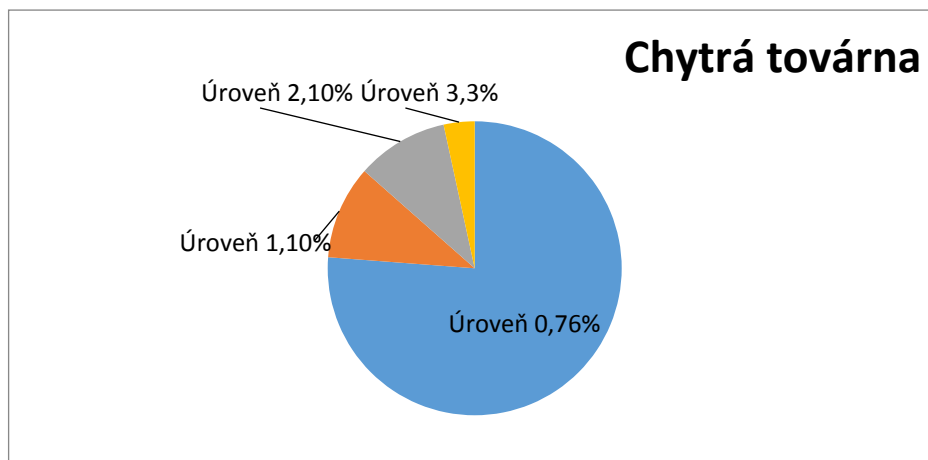
Strategie a organizace, v této dimenzi společnost dosáhla úrovně 2. V rámci srovnávací skupiny, jak můžeme vidět v grafu 6. dosáhlo stejné úrovně 6,5% společností.



Graf 6.: Strategie a organizace

Hodnocení Impuls konstatuje, že v jedné oblasti má podnik implementovaný systém řízení technologií a inovací. Navrhuje, aby byl systém zaveden i v dalších oblastech s cílem integrovat všechny oblasti. Dále doporučuje vypracování strategie iniciativ jednotlivých oblastí podniku při zavádění Průmyslu 4.0. Dále poukazuje, že firma nemá zavedené žádné ukazatele pro měření stavu implementace Průmyslu 4.0 a navrhuje připravit investiční rozpočet pro investici nejméně v pěti oblastech, to ale není z pohledu aktuálních potřeb podniku výhodné.

Chytrá továrna, v této dimenzi společnost dosáhla úrovně 2, stejně jako dalších 10,1% v rámci naší srovnávací skupiny (viz. graf 7.).

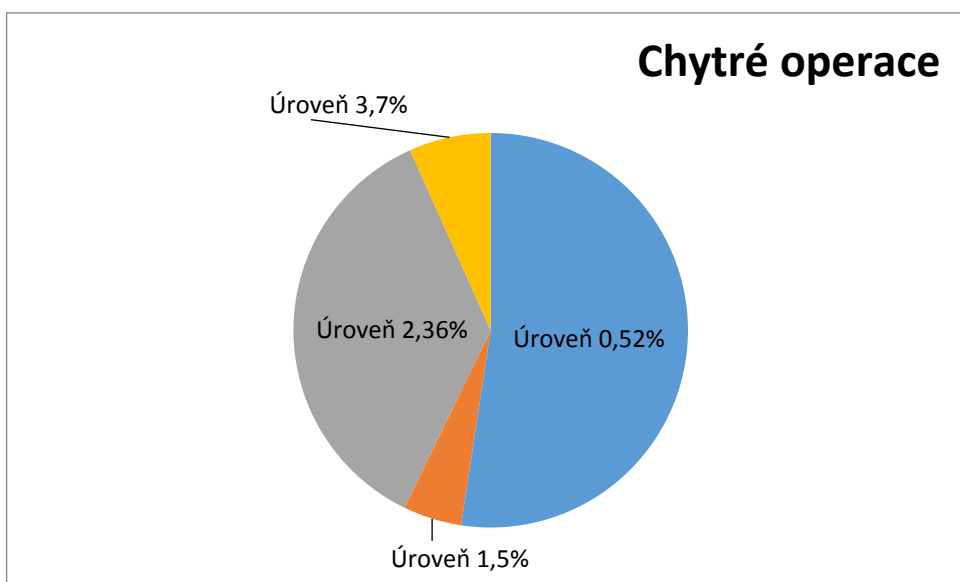


Graf 7.: Chytrá továrna

Výsledek modelu navrhuje zvážení pořízení nového IT systému, či možností upgradovat stávajícího. kvalifikováním přínosu sběru dat, jakým způsobem je dále vyhodnocovat a automatizovat sběr dat, do jaké míry lze již shromážděné údaje propojit, aby bylo možné získat nové informace ze vzájemných interakcí. Dále doporučuje zhodnotit rozhraní a systémy, které mohou optimalizovat zpracování objednávek propojením systémů.

Chytré operace, v této dimenzi dosáhla společnost úrovně 2. Ve srovnávací skupině dosáhlo této úrovně také 36,1% (viz. graf 8.).

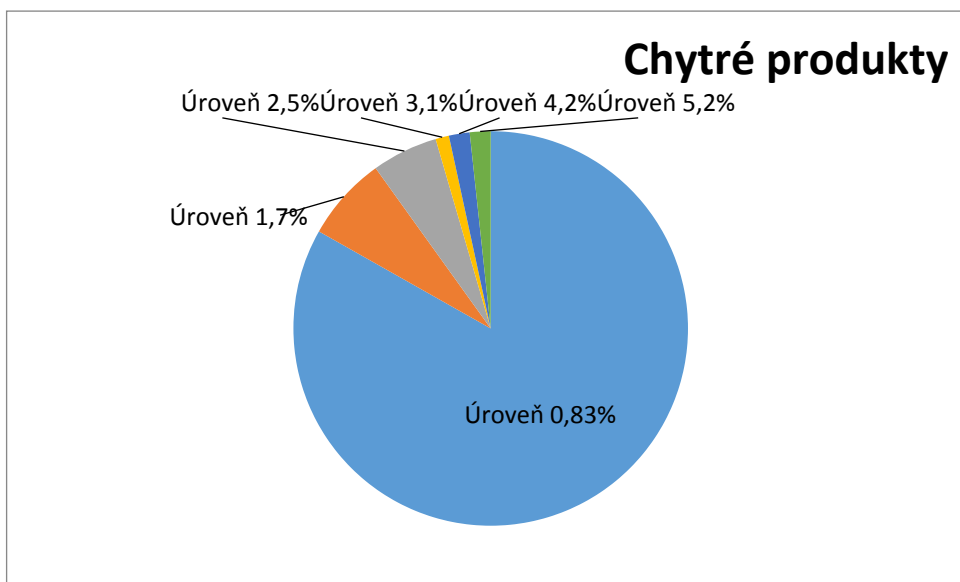
Ve společnosti je sdílení informací omezenou pouze na několik oddělení. Výsledek modelu navrhuje zjistit, kde existují místa mezi systémy a kde lze využít potenciál integrací sdílení informací do systému. Dále navrhuje zjistit místo výroby, ve které má smysl zavést autonomní řízení, stejně jako zavedení systému, aby procesy reagovaly na změny autonomně. Závěrem zhodnocení této dimenze navrhuje využívání potenciálu cloudových technologií.



Graf 8.: Chytré operace

Chytrý produkt, společnost dosáhla v této dimenzi úrovně 1. V naší srovnávací skupině dosáhlo stejné úrovně 6,9% společností (viz. graf 9.).

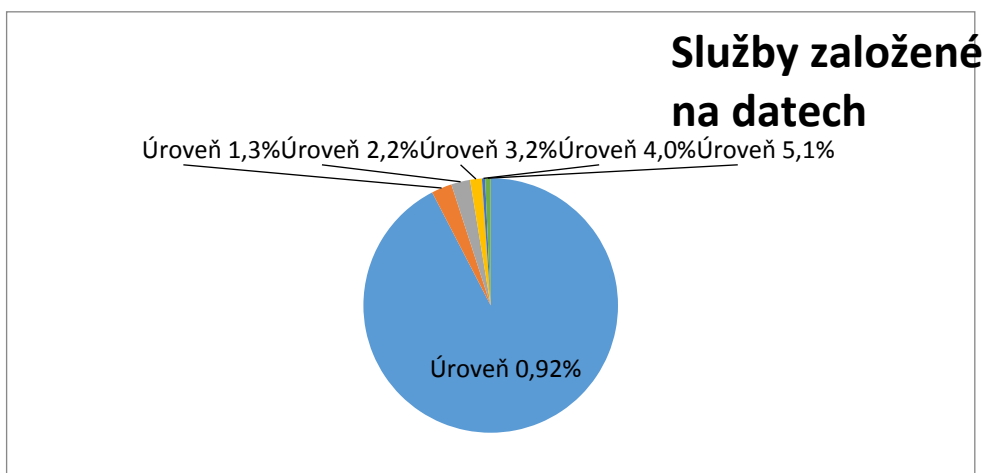
Produkty ve firmě obsahují popisné informace a jsou identifikovány pomocí čárkových kódů. Doplnkové funkce které model doporučuje jsou vzhledem k produkčnímu zaměření firmy irelevantní.



Graf 9.: Chytré produkty

Služby založené na datech, v této dimenzi dosáhla společnost úrovně 3. V rámci srovnávací skupiny dosáhlo stejné úrovně také 1,5% společností (viz. graf 10.)

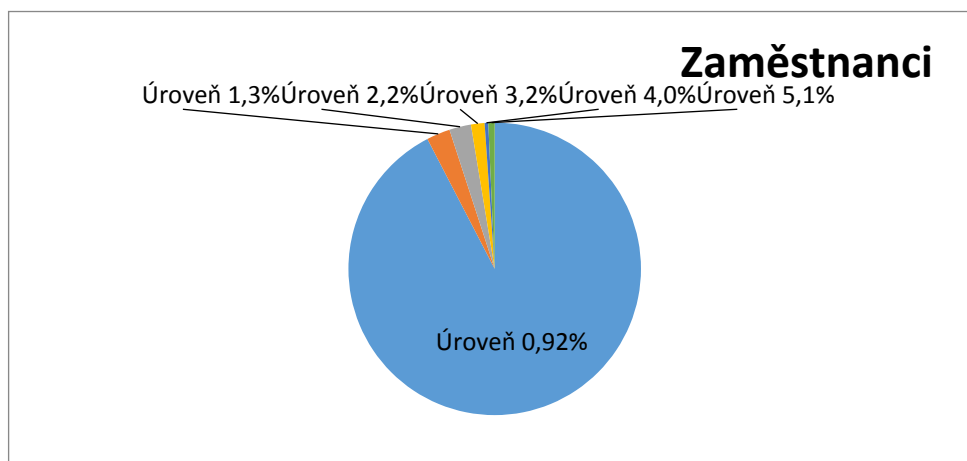
Model popisuje, že společnost již nabízí služby založené na datech. To může být pouze špatně vyhodnocený výsledek čtyř otázek zabývajících se touto dimenzí. Ve které bylo zodpovězeno, že firma sbírá data z předchozích procesů a částečně analyzuje.



Graf 10.: Služby založené na datech

Zaměstnanci, společnost dosáhla v této dimenzi úrovně 2. Stejně úrovně dosáhlo v naší srovnávací skupině také 10,5% společností (viz. graf 11.).

Výsledek modelu konstatuje, že zaměstnanci společnosti mají dovednosti potřebné k úspěšné implementaci Průmyslu 4.0 jen v několika málo oblastech. Proto je důležité rozšiřovat a zlepšovat dovednosti v dalších oblastech (např. IT infrastruktura, automatizační technologie, analýza dat, bezpečnost dat a komunikace, vývoj a aplikace asistenčních systémů).



Graf 11.: Zaměstnanci

5. Zhodnocení vybraných modelů

Jako společné výhody vybraných modelů lze konstatovat jejich dostupnost, účel, úplnost, přehlednost a jednoduchost. Naopak oba dva vybrané modely nezohledňují právní a legislativní úvahy, na rozdíl od jiných modelů, což je vzhledem ke komplexnosti obou modelů aspekt ke zlepšení.

Mezi kladné stránky a výhody modelu SIRI bych rád zmínil, jeho veřejnou dostupnost na internetu. Byl vytvořen formou srovnávacího rámce pro sebehodnocení, který je zcela přehledný a popisný. V rámci publikace byla vymezená pasáž nad samotnou hodnoticí maticí, která obsahuje popis a vlastnosti příslušné dimenze. To znamená, že v situaci kdy hodnotící subjekt nebude tolik obeznámen s nějakým pojmem Průmyslu 4.0, jako jsou například "Vertikální integrace" a "Horizontální integrace", tak ve zmíněné pasáži jsou tyto pojmy na základě hodnocení konkrétní dimenze popsány. Jako nevýhodu modelu můžeme zmínit, že model nenabízí žádnou srovnávací perspektivu, účelem modelu je poskytnout pouze popisný a předpisový účel. Hodnocený objekt tedy nedostává žádný pohled, zdali ve své oblasti působení vyniká, je průměrný či zaostává.

Výhodou modelu IMPULS je, že představuje jednoduchý komplexní nástroj k sebehodnocení podniku, který je každému volně přístupný prostřednictvím webové aplikace. Další výhodou je, že kromě popisného a předpisového účelu, nabízí i účel srovnávací v rámci srovnávací skupiny, která je definovaná zaměřením podniku a počtem zaměstnanců. Kvitují i styl pokládání souboru hodnotících otázek. Ve kterém před začátkem souboru otázek ke konkrétní dimenzi, se objeví informační stránka, ve které je popsáno, že následující sada otázek bude zaměřena na konkrétní dimenzi a popis dané dimenze. Ocenil bych i způsob, jakým je vyhodnocení samotného předloženo. To je předloženo ve formě celkového hodnocení a hodnocení pro jednotlivé dimenze. Toto hodnocení si každý subjekt, který zhodnocení provedl může ve formě pdf souboru stáhnout. V hodnocení je zpracovaný graf pro každou dimenzi i celkové hodnocení, zobrazující procentuální srovnání v rámci srovnávací skupiny. V hodnocení každé dimenze je kromě výsledku úrovně, srovnání i doporučení, které popisuje, co by měla společnost udělat, aby došlo ke zlepšení konkrétní dimenze.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsání problematiky Průmyslu 4.0, zpracování rešerše na současné používané zralostní modely, vytvoření případové studie ohledně zhodnocení připravenosti podniku a zhodnocení výhod a nevýhod použitých modelů zralosti.

V teoretické části bylo provedeno detailní popsání jednotlivých prvků konceptu Průmyslu 4.0 a samotný koncept. Ve zpracované rešerši bylo zodpovězeno, proč je důležité se zabývat otázkou připravenosti podniků na Průmysl 4.0, jaký je účel modelů zralosti, nebo jak vypadá metodika hodnocení a vyhodnocení úrovně zralosti. V další pasáži této rešerše byla zpracována přehledná tabulka modelů zralosti včetně jejich vlastností, kde tabulku doplňuje obecný popis každého modelu.

V praktické části byla představena společnost IT bohemia s.r.o., ve které se zjišťovala současná úroveň zralosti podniku vůči Průmyslu 4.0. Výchozí stav podniku byl vyhodnocen na základě konzultace s vedoucím výroby panem Františkem Kolodejem. Podle vlastností modelů ze zpracované rešerše, byly pro zjištění úrovně zralosti vybrány dva modely. Nutno podotknout, že rozhodujícím faktorem výběru byla úplnost zralostních

modelů. Protože většina publikovaných modelů zralosti sice obsahovala popis modelu, počet úrovní a dimenzí, metodiku hodnocení. Málo publikací ale obsahovalo samotné otázky hodnotícího dotazníku či jen seznam témat, většina spíše popsala pouze počet otázek. Dále jsou popsány výsledky hodnocení včetně doporučení na základě vybraných dvou modelů zralosti. V závěru této praktické části jsou zhodnoceny výhody a nevýhody zvolených modelů zralosti.

Na základě vědomostí získaných studiem problematiky konceptu Průmysl 4.0, zpracováním rešerše o hodnocení připravenosti podniku na Průmysl 4.0, zkušeností s vyhodnocováním úrovně zralosti podniku a aplikováním vybraných modelů, bych doporučil pro lepší přehled o stavu podniku, použít ke zhodnocení podniku více modelů, nežli pouze jeden model zralosti. Vhodné by bylo i použití specializovaných modelů připravenosti, jako je například model zralosti ECO [59], který se zaměřuje na pracovní prostředí a využití pracovní síly v rámci Průmyslu 4.0.

2 Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] GROUMPOS, Peter P. A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2021, **54**(13), 464-471 [cit. 2022-05-26]. ISSN 24058963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2021.10.492

[2] Průmysl 4.0, Vzdělávání 4.0, Práce 4.0 a Společnost 4.0: učební text. Praha: Sondy, 2017. ISBN 978-80-86809-23-6.

[3] The Evolution of Industry 1.0 to 4.0. Momentum [online]. 2019 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.seekmomentum.com/the-evolution-of-industry-from-1-to-4/>

[4] ŠTĚPÁNKOVÁ, Vladimíra. Historie technologie výroby železa a oceli. LOMY a TĚŽBA [online]. 2020 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.lomyatezba.cz/2020/2020-4/item/1085-historie-technologie-vyroby-zeleza-a-oceli>

[5] SCHWAB, Klaus. Fourth Industrial Revolution. United States: Random House USA, 2017. ISBN 9781524758868.

[6] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje. Průhonice: Professional Publishing, 2017. ISBN 978-80-906594-4-5.

[7] BARTODZIEJ, Christoph Jan. The Concept Industry 4.0 [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-658-16501-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-658-16502-4

[8] LYDON, Bill. Industry 4.0 - Only One-Tenth of Germany's High-Tech Strategy. Automation.com [online]. 2014, 4 april 2014 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.automation.com/en-us/articles/2014-1/industry-40-only-one-tenth-of-germanys-high-tech-s>

[9] BASTOS, Alan, Mauren Louise SGUÁRIO COELHO DE ANDRADE, Rui Tadashi YOSHINO a Max Mauro Dias SANTOS. Industry 4.0 Readiness Assessment Method Based on RAMI 4.0 Standards. IEEE Access [online]. 2021, 9, 119778-119799 [cit. 2022-05-26]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2021.3105456

[10] INICIATIVA PRŮMYSL 4.0 [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

[11] LU, Yang. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration [online]. 2017, 6, 1-10 [cit. 2022-05-26]. ISSN 2452414X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jii.2017.04.005

[12] PATNAIK, Srikanta, ed. New Paradigm of Industry 4.0 [online]. Cham: Springer International Publishing, 2020 [cit. 2022-05-26]. Studies in Big Data. ISBN 978-3-030-25777-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-25778-1

[13] Wegener, Dieter. DIN and DKE ROADMAP German Standardization Roadmap Industrie 4.0 [online]. [cit.2022-05-24]. Dostupné z: <http://www.din.de/resource/blob/65354/1bed7e8d800cd4712d7d1786584a7a3/roadmap-i4-0-e-data.pdf>

[14] GEISBERGER, Eva a Manfred BROY. Living in a networked world Integrated research agenda Cyber-Physical Systems. München: Deutsche Nationalbibliothek, 2015. ISBN 978-3-8316-4449-0.

[15] BAUERNHANSL, Thomas. Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. BAUERNHANSL, Thomas, Michael TEN HOMPEL a Birgit VOGEL-HEUSER, ed. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014, 2014-4-23, s. 5-35 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-658-04681-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-658-04682-8_1

[16] KHAN, Jamil Y. a Mehmet R. YUCE. Internet of Things (IoT) Systems and Applications. Singapore. Singapore: Deutsche Nationalbibliothek, 2019. ISBN 978-981-4800-29-7.

[17] KAGERMANN, Henning. UMSETZUNGSEMPFEHLUNGEN für das ZUKUNFTSPROJEKT INDUSTRIE 4.0 [online]. [cit.2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/>

[18] USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. Industry 4.0: managing the digital transformation. Cham: Springer International Publishing, [2018]. Series in advanced manufacturing (Springer). ISBN 978-3-319-57869-9.

[19] THE INTERNET ENGINEERING TASK FORCE (IETF). [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://www.ietf.org>

[20] European Telecommunications Standards Institute (ETSI). [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://www.etsi.org>

[21] ZOUBEK, Michal a Michal ŠIMON. Návrh modelu připravenosti pro hodnocení interních logistických procesů v kontextu Průmyslu 4.0. In: Průmyslové inženýrství 2020: Mezinárodní studentská vědecká konference: sborník příspěvků [online]. Západočeská

univerzita, 2020, 2020, s. 213-229 [cit. 2022-05-26]. ISBN 9788026109693. Dostupné z: doi:10.24132/PI.2020.09693.213-229

[22] POPESCU, Daniela. [online]. [cit. 2022-05-19]. INTERNET OF THINGS – SOME ETHICAL ISSUES. Dostupné z: <https://www.studocu.com/en-gb/document/university-of-the-west-of-england/introduction-to-artificial-intelligence/internet-of-things-some-ethical-issues-d-popescul-m-georgescu/3386451>

[23] Intelligente Objekte — Klein, Vernetzt, Sensitiv [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-642-02217-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-02218-0

[24] Mechatronische Systeme [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-540-32336-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-32512-3

[25] HESSE, Stefan a Gerhard SCHNELL. Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-658-05866-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-658-05867-8

[26] The FUTURE of M2M & IoT IN M2M Alliance. [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://m2m-alliance.com/>

[27] SHARON SHEA MACHINE-TO-MACHINE (M2M). [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/machine-to-machine-M2M>

[28] SUCIU, George, Alexandru VULPE, Alexandru MARTIAN, Simona HALUNGA a Dragos Nicolae VIZIREANU. Big Data Processing for Renewable Energy Telemetry Using a Decentralized Cloud M2M System. Wireless Personal Communications [online]. 2016, 87(3), 1113-1128 [cit. 2022-05-26]. ISSN 0929-6212. Dostupné z: doi:10.1007/s11277-015-2527-7

[29] MOHANTA, Bhagyashree, Sritam PATNAIK a Srikanta PATNAIK. Big Data for Modelling Interactive Systems in IoT. In: 2018 2nd International Conference on Data Science and Business Analytics (ICDSBA) [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 105-110 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-1-5386-8431-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICDSBA.2018.00026

[30] RASHID, Md. Mamunur, Iqbal GONDAL a Joarder KAMRUZZAMAN. Dependable large scale behavioral patterns mining from sensor data using Hadoop platform. Information Sciences [online]. 2017, 379, 128-145 [cit. 2022-05-26]. ISSN 00200255. Dostupné z: doi:10.1016/j.ins.2016.06.036

[31] TRIGUERO, Isaac, Daniel PERALTA, Jaume BACARDIT, Salvador GARCÍA a Francisco HERRERA. MRPR: A MapReduce solution for prototype reduction in big data classification. *Neurocomputing* [online]. 2015, 150, 331-345 [cit. 2022-05-26]. ISSN 09252312. Dostupné z: doi:10.1016/j.neucom.2014.04.078

[32] YANG, Chi, Chang LIU, Xuyun ZHANG, Surya NEPAL a Jinjun CHEN. A Time Efficient Approach for Detecting Errors in Big Sensor Data on Cloud. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* [online]. 2015, 26(2), 329-339 [cit. 2022-05-26]. ISSN 1045-9219. Dostupné z: doi:10.1109/TPDS.2013.2295810

[33] ZHANG, Qingchen, CHEN Zhikui, LENG, Yonglin. Distributed fuzzy c-means algorithms for big sensor data based on cloud computing. *Int. J. Sens. Netw.*, 18(1–2), pp. 32–39 [cit. 2022-05-26]. ISSN 1748-1279

[34] MELL, Peter, GRANCE Timothy. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology [online]. 2011. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>

[35] BAUERNHANSL, Thomas, Michael TEN HOMPEL a Birgit VOGEL-HEUSER, ed. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-3-658-04681-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-658-04682-8

[36] ANGREANI, Linda Salma, Annas VIJAYA a Hendro WICAKSONO. Systematic Literature Review of Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing and Logistics Sectors. *Procedia Manufacturing* [online]. 2020, 52, 337-343 [cit. 2022-05-26]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2020.11.056

[37] BRETZ, Lucas, Fabian KLINKNER, Magnus KANDLER, Yang SHUN a Gisela LANZA. The ECO Maturity Model – A human-centered Industry 4.0 maturity model. *Procedia CIRP* [online]. 2022, 106, 90-95 [cit. 2022-05-26]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2022.02.160

[38] TORO, Carlos, Wei WANG a Humza AKHTAR, ed. *Implementing Industry 4.0* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021 [cit. 2022-05-26]. *Intelligent Systems Reference Library*. ISBN 978-3-030-67269-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-67270-6 [39] Mohanty, S. P., Choppali, U. and Kougiannos, E. (2016). Everything you wanted to know about smart cities. *IEEE Consum. Electron. Mag.*, 5(3), pp. 60–70.

[40] MAPPING THE ECONOMIC POWER OF CITIES. McKinsey Global Institute [online]. 2011. [cit.2022-05-18] Dostupné z: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Urbanization/Urban%20world/MGI_urban_world_mapping_economic_power_of_cities_exec_summary.pdf

[41] IMPULS, Industrie 4.0 Readiness [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://www.industrie40-readiness.de/>

[42] SCHUMACHER, Andreas, Selim EROL a Wilfried SIHN. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP* [online]. 2016, 52, 161-166 [cit. 2022-05-26]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2016.07.040

[43] CANETTA, Luca, Andrea BARNI a Elias MONTINI. Development of a Digitalization Maturity Model for the Manufacturing Sector. In: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 1-7 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-1-5386-1469-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICE.2018.8436292

[44] DE CAROLIS, Anna, Marco MACCHI, Elisa NEGRI a Sergio TERZI. A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. LÖDDING, Hermann, Ralph RIEDEL, Klaus-Dieter THOBEN, Gregor VON CIEMINSKI a Dimitris KIRITSIS, ed. *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, 2017-08-31, s. 13-20 [cit. 2022-05-26]. IFIP Advances in Information and Communication Technology. ISBN 978-3-319-66922-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-66923-6_2

[45] LEYH, Christian, Thomas SCHÄFFER, Katja BLEY a Sven FORSTENHÄUSLER. SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0 [online]. In: . 2016-10-2, s. 1297-1302 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: doi:10.15439/2016F478

[46] USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer International Publishing, [2018]. Series in advanced manufacturing (Springer). ISBN 978-3-319-57869-9.

[47] THE CONNECTED ENTERPRISE MATURITY MODEL [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupný z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf

[48] NICK, Gábor, Tibor KOVÁCS, Andrea KŐ a Botond KÁDÁR. Industry 4.0 readiness in manufacturing: Company Compass 2.0, a renewed framework and solution for Industry 4.0 maturity assessment. *Procedia Manufacturing* [online]. 2021, 54, 39-44 [cit. 2022-05-26]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2021.07.007

[49] SCHUMACHER, Andreas, Tanja NEMETH a Wilfried SIHN. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* [online]. 2019, 79, 409-414 [cit. 2022-05-26]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2019.02.110

[50] RAFAEL, Lizarralde Dorronsoro, Ganzarain Epelde JAIONE, López CRISTINA a Serrano Lasa IBON. An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. *Technological Forecasting and Social Change* [online]. 2020, 159 [cit. 2022-05-26]. ISSN 00401625. Dostupné z: doi:10.1016/j.techfore.2020.120203

[51] THE SMART INDUSTRY READINESS INDEX [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.edb.gov.sg/en/our-industries/advanced-manufacturing.html>

[52] GÖKALP, Ebru, Umut ŞENER a P. Erhan EREN. Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. MAS, Antonia, Antoni MESQUIDA, Rory V. O'CONNOR, Terry ROUT a Alec DORLING, ed. *Software Process Improvement and Capability Determination* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, 2017-09-09, s. 128-142 [cit. 2022-05-26]. *Communications in Computer and Information Science*. ISBN 978-3-319-67382-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-67383-7_10

[53] INDUSTRIE 4.0 Maturity Index [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: www.acatech.de/publikationen.

[54] KLÖTZER, Christoph a Alexander PFLAUM. Toward the Development of a Maturity Model for Digitalization within the Manufacturing Industry's Supply Chain [online]. In: . 2017, s. - [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: doi:10.24251/HICSS.2017.509

[55] An INDUSTRY 4 READINESS ASSESSMENT TOOL [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z:

https://warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/research/scip/reports/final_version_of_i4_report_for_use_on_websites.pdf [56] O společnosti; IT Bohemia; dostupné z:

<https://www.itbohemia.cz/o-spolecnosti/> [online]

[57] PRŮMYSL 4.0 [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0

[58] RACIONÁLNÍ AGENT [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Racion%C3%A1ln%C3%AD_agent

[1] Karban.

Přílohy

Příloha A - otázky modelu IMPULS

General questions about your company

Which category best describes your company?

- Mechanical engineering
- Manufacturing

Please estimate the size of your company's domestic workforce.

- Up to 19 employees
- 20 to 99 employees
- 100 to 249 employees
- 250 to 499 employees
- 500 or more employees

Please estimate your 2014 revenues.

- Under 1 million euros
- 1 million to under 10 million euros
- 10 million to under 50 million euros
- 50 million to under 100 million euros
- 100 million to under 250 million euros
- 250 million to under 500 million euros
- 500 million euros or
- Not specified

Strategy and organization

How would you describe the implementation status of your Industry 4.0 strategy?

- No strategy exists
- Pilot initiatives launched
- Strategy in development
- Strategy formulated
- Strategy in implementation
- Strategy implemented

Do you use indicators to track the implementation status of your Industry 4.0 strategy?

- Yes, we have a system of indicators that we consider appropriate
- Yes, we have a system of indicators that gives us some orientation
- No, our approach is not yet that clearly defined

Which technologies do you use in your company?

- Sensor technology
- Mobile end devices
- RFID
- Realtime location systems
- Big data to store and evaluate real-time data
- Cloud technologies as scalable IT infrastructure
- Embedded IT systems
- M2M communications

In which parts of your company have you invested in the implementation of Industry 4.0 in the past two years, and what are your plans for the future?

	Investments in the past 2 years				Investments in the next 5 years			
	Large	Medium	Small	None	Large	Medium	Small	None
Research and development	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Production/manufacturing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Purchasing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logistics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Service	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

In which areas does your company have systematic technology and innovation management?

- IT
- Production technology
- Product development
- Services
- Centralized, in integrative management
- Do not have

Smart factory

How would you evaluate your equipment infrastructure when it comes to the following functionalities?

	No, not available	Yes, to some extent	Yes, completely
Machines/systems can be controlled through IT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
M2M: machine-to-machine communications	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interoperability: integration and collaboration with other machines/systems possible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

How would you evaluate the adaptability of your equipment infrastructure when it comes to the following functionalities?

	Not relevant	Relevant, but not upgradable	Upgradable	High, because functionality already available
M2M: machine-to-machine communications	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interoperability: integration and collaboration with other machines/systems possible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

The digitization of factories makes it possible to create a digital model of the factory. Are you already collecting machine and process data during production?

- Yes, all
- Yes, some
- No

Which data about your machinery, processes, and products as well as malfunctions and their causes is collected during production, and how is it collected?

	Yes, manually	Yes, automatically	No
Inventory data	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manufacturing throughput times	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipment capacity utilization	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Production residues	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Error quota	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Employee utilization	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Positioning data	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data on remaining processing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transition times	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Overall equipment effectiveness (OEE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

How is the data you collect used?

- Predictive maintenance
- Optimization of logistics and production processes
- Creation of transparency across production process
- Quality management
- Automatic production control through use of real-time data
- Optimization of resource consumption (material, energy)
- Other: _____

Which of the following systems do you use? Does the system have an interface to the leading system?

	In use		Interface to leading system	
	Yes	No	Yes	No
MES – manufacturing execution system	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ERP – enterprise resource planning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PLM – product lifecycle management	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PDM – product data management	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PPS – production planning system	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PDA – production data acquisition	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MDC – machine data collection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CAD – computer-aided design	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SCM – supply chain management	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Smart operations

Where have you integrated cross-departmental information sharing into your system?
Distinguish between enterprise-wide (internal) and cross-enterprise (external) information sharing.

	Internally between departments		Externally with customers and/or suppliers	
	Yes	No	Yes	No
Research and development	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Production/manufacturing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Purchasing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logistics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Finance/accounting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Service	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nowhere	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

The vision of Industry 4.0 is a workpiece that guides itself autonomously through production. Does your company already have use cases in which the workpiece guides itself autonomously through production?

- Yes, cross-enterprise
- Yes, but only in selected areas
- Yes, but only in the test and pilot phase
- No

Does your company have production processes that respond autonomously/automatically in real time to changes in production conditions?

- Yes, cross-enterprise
- Yes, but only in selected areas
- Yes, but only in the test and pilot phase
- No

How is your IT organized?

- No in-house IT department (service provider used)
- Central IT department
- Local IT departments in each area (production, product development, etc.)
- IT experts attached to each department

How far along are you with your IT security solutions?

	Solution implemented	Solution in progress	Solution planned	Not relevant for us
Security in internal data storage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Security of data through cloud services	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Security of communications for in-house data exchange	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Security of communications for data exchange with business partners	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Are you already using cloud services?

	Yes	No, but we're planning to	No
Cloud-based software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
For data analysis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
For data storage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Smart products

Does your company offer products equipped with the following add-on functionalities based on information and communications technology?

	Yes	No
Product memory	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Self-reporting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integration	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Localization	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Assistance systems	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monitoring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Object information	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automatic identification	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

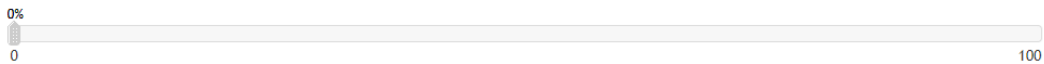
Data-driven services

The process data gathered in production and in the usage phase enable new services. Do you offer such services?

- Yes, and we are integrated with our customers
- Yes, but without integration with our customers
- No

What share of your revenues come from these new data-driven services??

Share of revenue (in percent)



Often, data that is collected is just stored and then not used any further. What share of the data you collect are you already using?

- 0%
- 0% to 20%
- 21% to 50%
- Over 50%

Do you analyze the data you collect from the usage phase?

- Yes
- No – we collect the data but do not analyze it
- No – we do not collect data in the usage phase

Employees

How do you assess the skills of your employees when it comes to the future requirements under Industry 4.0?

	Not relevant	Non-existent	Existent, but inadequate	Adequate
IT infrastructure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automation technology	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data analytics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data security / communications security	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Development or application of assistance systems	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Collaboration software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Non-technical skills such as systems thinking and process understanding	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Are you making efforts to acquire the skills that are lacking?

Through special training seminars, knowledge transfer systems, coaching, etc.

- Yes
- No

Comparison groups

Now choose your comparison group.

Mechanical engineering

Manufacturing


Size category:

Up to 99 employees

100 to 499 employees

500 or more employees

Please indicate how you would classify your company by economic sector so that it is possible later on to further differentiate the results.

Please choose... 

What is the country of your company headquarters?

What is the postal code of your company headquarters? Please indicate the first two digits.

In which business or industry associations is your company a member?

Příloha B - hodnoticí matice SIRI

Assessment Matrix: The 16 Dimensions

Process Building Block Operations Pillar Vertical Integration Dimension			
Vertical Integration is the integration of processes and systems across all hierarchical levels of the automation pyramid within a facility to establish a connected, end-to-end data thread.			
Band		Definition	Description
0	Undefined	Vertical processes are not explicitly defined.	Resource planning and technical production processes are managed and executed in silos, based on informal or ad-hoc methods.
1	Defined	Vertical processes are defined and executed by humans, with the support of analogue tools. ¹	Resource planning and technical production processes are managed and executed in silos, based on a set of formally defined instructions.
2	Digital	Defined vertical processes are completed by humans with the support of digital tools.	Resource planning and technical production processes are managed and executed in silos, by Operations Technology (OT) and Information Technology (IT) systems.
3	Integrated	Digitised vertical processes and systems are securely integrated across all hierarchical levels of the automation pyramid. ²	OT and IT systems managing resource planning and technical production processes are formally linked; however, the exchange of data and information across different functions is predominantly managed by humans.
4	Automated	Integrated vertical processes and systems are automated, with limited human intervention.	OT and IT systems managing the resource planning and technical production processes are formally linked, with the exchange of data and information across different functions predominantly executed by equipment, machinery and computer-based systems.
5	Intelligent	Automated vertical processes and systems are actively analysing and reacting to data.	OT and IT systems are integrated from end to end, with processes being optimised through insights generated from analysis of data.

Process Building Block Supply Chain Pillar Horizontal Integration Dimension			
Horizontal Integration is the integration of enterprise processes across the organisation and with stakeholders along the value chain.			
Band		Definition	Description
0	Undefined	Supply chain processes ³ are not explicitly defined.	Enterprise processes are managed and executed in silos, based on informal or ad-hoc methods.
1	Defined	Supply chain processes are defined and executed by humans, with the support of analogue tools.	Enterprise processes are managed and executed in silos, based on a set of formally defined instructions.
2	Digital	Defined supply chain processes are completed by humans with the support of digital tools.	Enterprise processes are managed and executed in silos by IT systems.
3	Integrated	Digitised supply chain processes and systems are securely integrated across business partners and clients along the value chain.	IT systems managing enterprise processes are formally linked; however, the exchange of data and information across different functions is predominantly managed by humans.
4	Automated	Integrated supply chain processes and systems are automated, with limited human intervention.	IT systems managing enterprise processes are formally linked, with the exchange of data and information across different functions being predominantly executed by computer-based systems.
5	Intelligent	Automated supply chain processes and systems are actively analysing and reacting to data.	IT systems are integrated from end to end, with processes being optimised through insights generated from analysis of data.

Process Building Block Product Lifecycle Pillar Integrated Product Lifecycle Dimension			
Integrated Product Cycle is the integration of people, processes and systems along the entire product lifecycle, encompassing the stages of design and development, engineering, production, customer use, service, and disposal.			
Band		Definition	Description
0	Undefined	Product lifecycle ⁴ processes are not explicitly defined.	Processes along the product lifecycle are managed and executed in silos, based on informal or ad-hoc methods.
1	Defined	Product lifecycle processes are defined and executed by humans, with the support of analogue tools.	Processes along the product lifecycle are managed and executed in silos, based on a set of formally defined instructions.
2	Digital	Defined product lifecycle processes are completed by humans, with the support of digital tools.	Processes along the product lifecycle are managed and executed in silos, by digital tools.
3	Integrated	Digitised product lifecycle processes and systems are securely integrated across all stages of the product lifecycle.	Digital tools and systems that manage the product lifecycle are formally linked with each other; however, the exchange of information along the product lifecycle is predominantly managed by humans.
4	Automated	Integrated product lifecycle processes are automated, with limited human intervention.	Digital tools and systems that manage the product lifecycle are formally linked with each other, and the exchange of information along the product lifecycle is predominantly executed by computer-based systems.
5	Intelligent	Automated product lifecycle processes are actively analysing and reacting to data.	Digital tools and systems deployed for the management of the product lifecycle are integrated from end to end, with the processes being optimised through insights generated from analysis of data.

Technology Building Block Automation Pillar Shop Floor Automation Dimension			
Shop Floor Automation is the application of technology to monitor, control and execute the production and delivery of products and services, within the location where the production and management of goods is carried out.			
Band		Definition	Description
0	None	Repetitive production ⁵ and support processes ⁶ are not automated.	Production processes are executed by humans.
1	Basic	Repetitive production processes are partially automated, with significant human intervention. Repetitive support processes are not automated.	Production processes are executed by humans with the assistance of equipment, machinery and computer-based systems.
2	Advanced	Repetitive production processes are automated, with minimal human intervention. Repetitive support processes are not automated.	Production processes are predominantly executed by equipment, machinery and computer-based systems. Human intervention is required to initiate and conclude each process.
3	Full	Repetitive production processes are fully automated, with no human intervention. Repetitive support processes are partially automated, with limited human intervention.	Production processes are fully automated through the use of equipment, machinery and computer-based systems. Human intervention is required for unplanned events.
4	Flexible	Automated production processes are reconfigurable through plug-and-play automation. Repetitive support processes are partially automated, with limited human intervention.	Equipment, machinery and computer-based systems can be modified, reconfigured, and re-tasked quickly and easily when needed. Limited human intervention is required for unplanned events.
5	Converged	Flexible production and support processes are converged with enterprise and facility automation platforms to form highly autonomous networks.	Equipment, machinery, and computer-based systems are flexible and formally integrated with enterprise and facility systems, to allow for dynamic, cross-domain interactions.

Technology Building Block Automation Pillar Enterprise Automation Dimension			
Enterprise Automation is the application of technology to monitor, control and execute processes, within the location where the administrative work is carried out. These processes include, but are not limited to, sales and marketing, demand planning, procurement, and human resource management and planning.			
Band		Definition	Description
0	None	Enterprise processes are not automated.	Enterprise processes are executed by humans.
1	Basic	Enterprise processes are partially automated, with significant human intervention.	Enterprise processes are executed by humans with the assistance of computer-based systems.
2	Advanced	Enterprise processes are automated, with minimal human intervention.	Enterprise processes are predominantly executed by computer-based systems. Human intervention is required to initiate and conclude each process.
3	Full	Enterprise processes are fully automated, with no human intervention.	Enterprise processes are fully automated through the use of computer-based systems. Human intervention is required for unplanned events.
4	Flexible	Automated enterprise processes are adaptable.	Computer-based systems can be modified, reconfigured, and re-tasked quickly and easily when needed. Limited human intervention is required for unplanned events.
5	Converged	Flexible enterprise processes are converged with shop floor and facility automation platforms to form highly autonomous networks.	Computer-based systems are flexible and formally integrated with those of shop floor and facility systems to allow for dynamic, cross-domain interactions.

Technology Building Block Automation Pillar Facility Automation Dimension			
Facility Automation is the application of technology to monitor, control and execute processes within the physical building and/or premises where the production area is located. These processes include but are not limited to the management of HVAC, chiller, security, and lighting systems.			
Band		Definition	Description
0	None	Facility processes are not automated.	Facility processes are executed by humans.
1	Basic	Facility processes are partially automated, with significant human intervention.	Facility processes are executed by humans, with the assistance of equipment, machinery and computer-based systems.
2	Advanced	Facility processes are automated, with minimal human intervention.	Facility processes are predominantly executed by equipment, machinery and computer-based systems. Human intervention is required to initiate and conclude each process.
3	Full	Facility processes are fully automated, with no human intervention.	Facility processes are fully automated through the utilisation of equipment, machinery and computer-based systems. Human intervention is required for unplanned events.
4	Flexible	Automated facility processes are adaptable.	Equipment, machinery and computer-based systems can be modified, reconfigured, and re-tasked quickly and easily when needed. Limited human intervention is required for unplanned events.
5	Converged	Flexible facility processes are converged with shop floor and enterprise automation platforms to form highly autonomous networks.	Equipment, machinery and computer-based systems are flexible and formally integrated with those of shop floor and enterprise systems to allow for dynamic, cross-domain interactions.

Technology Building Block Connectivity Pillar Shop Floor Connectivity Dimension			
Shop Floor connectivity is the interconnection of equipment, machines and computer-based systems, to enable communication and seamless data exchange, within the location where the production and management of goods is carried out.			
Band		Definition	Description
0	None	Production assets and systems are not connected.	Equipment, machinery and computer-based systems are not able to interact or exchange information.
1	Connected	Production assets and systems are connected via multiple communication technologies and protocols.	There are formal network links that will enable equipment, machinery and computer-based systems to interact or exchange information.
2	Interoperable	Connected production assets and systems are interoperable across multiple communication technologies and protocols.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to interact and exchange information without significant restrictions.
3	Interoperable And Secure	Interoperable production assets and systems are secure.	There is a vigilant and resilient security framework to protect the network of interoperable equipment, machinery, and computer-based systems from undesired access and/or disruption.
4	Real-Time	Interoperable production assets and systems are secure and capable of real-time communication.	Interoperable and secure network links across different equipment, machinery and computer-based systems are able to interact or exchange information as the information is generated without delay.
5	Scalable	Interoperable production assets and systems are secure, capable of real-time communication, and scalable.	Existing networks can be configured quickly and easily to accommodate any modifications made to the existing composition of equipment, machinery and computer-based systems.

Technology Building Block Connectivity Pillar Enterprise Connectivity Dimension			
Enterprise Connectivity is the interconnection of equipment, machines and computer-based systems, to enable communication and seamless data exchange, within the location where the administrative work is carried out.			
Band		Definition	Description
0	None	Enterprise IT systems are not connected.	Computer-based systems are not able to interact or exchange information.
1	Connected	Enterprise IT systems are connected via multiple communication technologies and protocols.	There are formal network links that will enable computer-based systems to interact or exchange information.
2	Interoperable	Enterprise IT systems are interoperable across multiple communication technologies and protocols.	Computer-based systems are able to interact and exchange information without significant restriction.
3	Interoperable And Secure	Interoperable Enterprise IT systems are secure.	There is a vigilant and resilient security framework to protect the network of interoperable computer-based systems from undesired access and/or disruption.
4	Real-Time	Interoperable Enterprise IT systems are secure and capable of real-time communication.	Interoperable and secure network links across the different computer-based systems are able to interact or exchange information as the information is generated, without delay.
5	Scalable	Interoperable Enterprise IT systems are secure, capable of real-time communication, and scalable.	Existing networks can be configured quickly and easily to accommodate any modifications made to the existing composition of computer-based systems.

Technology Building Block Connectivity Pillar Facility Connectivity Dimension			
Facility Connectivity is the interconnection of equipment, machines and computer-based systems, to enable communication and seamless data exchange, within the physical building and/or land plot where the production area is located.			
Band		Definition	Description
0	None	Facility assets and systems are not connected.	Equipment, machinery and systems are not able to interact or exchange information.
1	Connected	Facility assets and systems are connected via multiple communication technologies and protocols.	There are formal network links that will enable equipment, machinery and computer-based systems to interact or exchange information.
2	Interoperable	Facility assets and systems are interoperable across multiple communication technologies and protocols.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to interact and exchange information without significant restrictions.
3	Interoperable And Secure	Interoperable facility assets and systems are secure.	There is a vigilant and resilient security framework to protect the network of interoperable equipment, machinery, and computer-based systems from undesired access and/or disruption.
4	Real-Time	Interoperable facility assets and systems are secure and capable of real-time communication.	Interoperable and secure network links across different equipment, machinery and computer-based systems are able to interact or exchange information as the information is generated with delay.
5	Scalable	Interoperable facility assets and systems are secure, capable of real-time communication, and scalable.	Existing networks can be configured quickly and easily to accommodate any modifications made to the existing composition of equipment, machinery and computer-based systems.

Technology Building Block Intelligence Pillar Shop Floor Intelligence Dimension			
Shop Floor Intelligence is the processing and analysis of data to optimise existing processes and create new applications, products, and services, within the location where the production and management of goods is carried out.			
Band		Definition	Description
0	None	OT and IT systems are not in use.	No electronic or digital devices are used.
1	Computerised	OT and IT systems execute pre-programmed tasks and processes.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to perform tasks based on pre-programmed logic.
2	Visible	Computerised OT and IT systems are able to identify deviations.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to notify operators of deviations from predefined parameters.
3	Diagnostic	Computerised OT and IT systems are able to identify deviations and diagnose potential causes.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to notify operators of deviations, and provide information on the possible causes.
4	Predictive	Computerised OT and IT systems are able to diagnose problems and predict future states of assets and systems.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to predict and notify operators of potential deviations, and provide information on the possible causes.
5	Adaptive	Computerised OT and IT systems are able to diagnose problems, predict future states and autonomously execute decisions to adapt to changes.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to predict and diagnose potential deviations, and independently execute decisions to optimise performance and resource efficiency.

Technology Building Block Intelligence Pillar Enterprise Intelligence Dimension			
Enterprise Intelligence is the processing and analysis of data to optimise existing administrative processes and create new applications, products and services.			
Band		Definition	Description
0	None	Enterprise systems are not in use.	No electronic or digital devices are used.
1	Computerised	Enterprise IT systems execute pre-programmed tasks and processes.	Enterprise computer-based systems perform tasks based on pre-programmed logic.
2	Visible	Enterprise IT systems are able to identify deviations.	Enterprise computer-based systems are able to notify relevant personnel of deviations from predefined parameters.
3	Diagnostic	Enterprise IT systems are able to identify deviations and diagnose potential causes.	Enterprise computer-based systems are able to notify relevant personnel of deviations, and provide information on the possible causes.
4	Predictive	Enterprise IT systems are able to diagnose problems and predict future states of assets and systems.	Enterprise computer-based systems are able to predict and notify relevant personnel of potential deviations, and provide information on the possible causes.
5	Adaptive	Enterprise IT systems are able to diagnose problems, predict future states, and autonomously execute decisions to adapt to changes.	Enterprise computer-based systems are able to predict and diagnose potential deviations, and independently execute decisions to optimise performance and resource efficiency.

Technology Building Block Intelligence Pillar Facility Intelligence Dimension			
Facility Intelligence is the processing and analysis of data to optimise existing processes and create new applications, products and services, within the physical building and premises where the production area is located.			
Band		Definition	Description
0	None	OT and IT systems are not in use.	No electronic or digital devices are used.
1	Computerised	OT and IT systems execute pre-programmed tasks and processes.	Equipment, machinery and computer-based systems perform tasks based on pre-programmed logic.
2	Visible	Computerised OT and IT systems are able to identify deviations.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to notify relevant personnel of deviations from predefined parameters.
3	Diagnostic	Computerised OT and IT systems are able to identify deviations and diagnose potential causes.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to notify relevant personnel of deviations, and provide information on possible causes.
4	Predictive	Computerised OT and IT systems are able to diagnose problems and predict future states of assets and systems.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to predict and notify relevant personnel of potential deviations, and provide information on the possible causes.
5	Adaptive	Computerised OT and IT systems are able to diagnose problems, predict future states, and autonomously execute decisions to adapt to changes.	Equipment, machinery and computer-based systems are able to predict and diagnose potential deviations, and independently execute decisions to optimise performance and resource efficiency.

Organisation Building Block Talent Readiness Pillar Workforce Learning & Development Dimension			
Workforce Learning & Development ("L&D") is a system of processes and programmes that aims to develop the workforce's capabilities, skills and competencies to achieve organisational excellence.			
Band		Definition	Description
0	Informal	Informal mentorship and apprenticeship are the predominant modes of workforce L&D.	There is no formal L&D curriculum to on-board and train the workforce.
1	Structured	Formally designed training curriculum for skills acquisition is the predominant mode of workforce L&D.	There is a formal L&D curriculum with clear commencement and conclusion points. The scope of L&D is limited to skills acquisition.
2	Continuous	Structured L&D programmes are designed to run on an ongoing basis, to enable the ongoing enhancement and/or expansion of employees' skillsets.	There is a structured L&D curriculum that adopts an approach of continuous learning, to enable the constant learning, re-learning, and improvement of new and existing skills.
3	Integrated	Continuous L&D programmes are formally aligned with the organisation's business needs and human resources (HR) functions.	There is a continuous L&D curriculum that is integrated with organisational objectives, talent attraction, and career development pathways.
4	Adaptive	Integrated L&D programmes are actively developed, refreshed and customised based on insights provided by key stakeholders through feedback loops.	Formal feedback channels are in place to allow integrated L&D programmes to be jointly curated and updated by employees, HR, and business teams.
5	Forward-looking	Active efforts are made to identify and incorporate innovative L&D practices and training for future skillsets into the adaptive L&D programmes.	There are proactive steps to incorporate requirements for future skillsets and novel L&D methodologies into existing L&D programmes.

Organisation Building Block Talent Readiness Pillar Leadership Competency Dimension			
Leadership Competency refers to the readiness of the management core to leverage the latest trends and technologies for the continued relevance and competitiveness of the organisation.			
Band		Definition	Description
0	Unfamiliar	Management is unfamiliar with the most recent trends and technologies.	Management is unacquainted with the latest concepts that can enable the next phase of advancement.
1	Limited Understanding	Management has some awareness, through ad hoc channels, of the most recent trends and technologies.	Management is partially familiar with the latest concepts that can enable the next phase of advancement.
2	Informed	Management is well-informed, through formal channels and avenues, of the most recent trends and technologies.	Management is fully familiar with the latest concepts that can enable the next phase of advancement.
3	Semi-dependent	Management is reliant on external partners to develop initiatives that leverage on the most recent trends and technologies to improve at least one area of the organisation.	With external assistance, management is able to apply the latest concepts to enable improvements in at least one area.
4	Independent	Management is able to, with relative independence, develop initiatives that leverage on the latest trends and technology to improve more than one area of the organisation.	Management is able to apply the latest concepts to enable improvements across multiple areas.
5	Adaptive	Management is able to independently adapt its organisational transformation framework to changing trends and technologies.	Management is able to augment its improvement initiatives as the latest concepts change or evolve over time.

Organisation Building Block Structure & Management Pillar Inter- and Intra- Company Collaboration Dimension			
Inter- and Intra- Company Collaboration is the process of working together, through cross-functional teams and with external partners, to achieve a shared vision and purpose.			
Band		Definition	Description
0	Informal	Communication and information sharing across teams happens on an informal basis.	Teams generally work in silos. Communication and collaborations happen on a casual, ad hoc basis.
1	Communicating	Formal channels are established for communication and information sharing across teams.	Teams are provided with formal avenues to exchange information.
2	Cooperating	Formal channels are established to allow teams to work together on discrete/one-off tasks and projects.	Teams are provided with formal avenues to interact and work on discrete tasks and projects together.
3	Coordinating	Teams are empowered by the organisation to make adjustments that will facilitate cooperation on discrete tasks and projects.	Teams have the mandate to alter or adjust certain obligations and responsibilities, to reduce the barriers for cooperation on joint tasks and projects.
4	Collaborating	Teams are empowered by the organisation to share resources on both discrete and longer-term tasks and projects.	Teams have the mandate to commit resources to both discrete and longer-term tasks and projects. Risks, responsibilities, and rewards are partially shared.
5	Integrated	Formal channels are established to enable dynamically forming teams to work on cross-functional projects with shared goals, resources and KPIs.	Teams can be formed with flexibility and agility to address problem statements as they arise. Risks, responsibilities, and rewards are predominantly shared.

Strategy & Governance is the design and execution of a plan of action to achieve a set of long-term goals. It includes identifying priorities, formulating a roadmap, and developing a system of rules, practices and processes to translate a vision into business value.			
Band		Definition	Description
0	None	Transformation towards a Factory/Plant-of-the-Future is not present in any part of the organisation strategy.	Intentions to establish a Factory/Plant-of-the-Future are not identified as a strategic focus in the company's current or future plans.
1	Formalisation	Transformation towards a Factory/Plant-of-the-Future has been formally identified as a business strategy at the corporate or business level.	Intentions to establish a Factory/Plant-of-the-Future have been identified as a strategic focus in the company's current or future plans.
2	Development	Transformation initiative towards a Factory/Plant-of-the-Future is being developed or has been developed by a dedicated team.	A long-term strategy and governance model to establish a Factory/Plant-of-the-Future is being developed or has been developed.
3	Implementation	Transformation initiative towards a Factory/Plant-of-the-Future has been formally implemented in least one functional area.	The long-term strategy and governance model to establish a Factory/Plant-of-the-Future has been put into action.
4	Scaling	Transformation initiative towards a Factory/Plant-of-the-Future is expanded to include more than one functional area.	The long-term strategy and governance model to establish a Factory/Plant-of-the-Future is scaled up to include other secondary areas.
5	Adaptive	Transformation initiative towards a Factory/Plant-of-the-Future is refreshed and updated dynamically.	The long-term strategy and governance model to establish a Factory/Plant-of-the-Future is constantly reviewed and dynamically refreshed to account for the latest advancements in technology, business philosophy, and practices.

Příloha C - výsledek testu IMPULS

IMPULS

Industrie 4.0-Readiness-Check
19.05.2022 12:50

Evaluation of Industry 4.0 Readiness Check

Thank you for taking the time to complete the VDMA Industry 4.0 Readiness Check. Your results and your comparison group are outlined below. We also highlight specific measures you can take to improve and expand your Industry 4.0 readiness.

Overall evaluation

Your company is ranked at level 2 in the overall evaluation.

Your readiness scores in the six dimensions of Industry 4.0 are as follows:

- Strategy and organization: Level 2
- Smart factory: Level 2
- Smart operations: Level 2
- Smart products: Level 1
- Datadriven services: Level 3
- Employees: Level 2

Overall (weighted): 1.955 in keeping with level 2



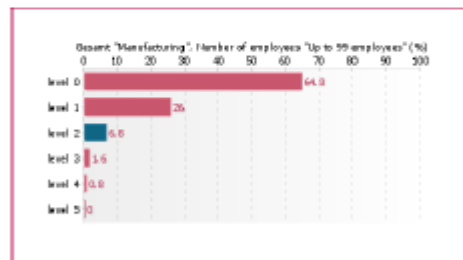
The six dimensions are evaluated according to the numbers from the IMPULS study and are weighted as follows: Strategy and organization: 0.254, Smart factory: 0.143, Smart operations: 0.102, Smart products: 0.185, Data-driven services: 0.138, Employees: 0.179

Detailed evaluation and action items

Continue to see detailed results and the next steps you should take to reach a higher level of Industry 4.0 readiness:

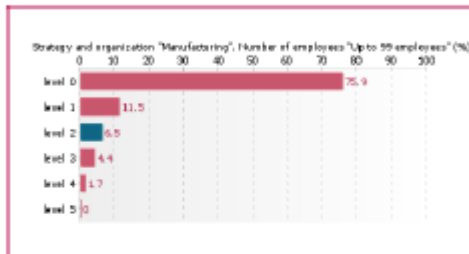
Comparison group "Manufacturing", Number of employees "Up to 99 employees"

Overall comparison



Your company has reached in the overall assessment level 2. In your comparison group, 6.8% of companies also reached this level (see chart).

Strategy and organization



Your company has reached in dimension Strategy and organization level 2. In your comparison group, 6.5% of companies also reached this level (see chart).

You can take the following actions to improve your readiness in this dimension:

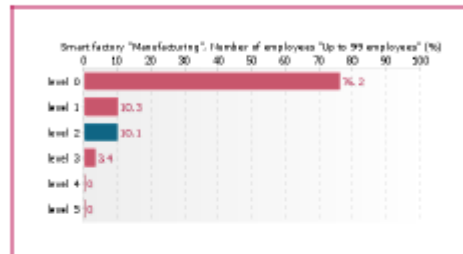
Industry 4.0 is already being implemented in departmental pilot initiatives, but the strategic relevance is lacking. Develop a viable Industry 4.0 strategy.

Your company does not yet have any indicators in place to measure your Industry 4.0 implementation status. The next step is to introduce a system of indicators to further implement Industry 4.0 in your company.

You are ready for Industry 4.0 when it comes to your investment budget. You are investing in Industry 4.0 in at least five areas, which means you are providing important financial resources to successfully implement Industry 4.0. You have maximized your potential in this area.

You have a technology and innovation management system in one area. To increase your Industry 4.0 readiness, you should gradually introduce it in other areas with the goal of integrating all areas.

Smart factory



Your company has reached in dimension Smart factory level 2. In your comparison group, 10.1% of companies also reached this level (see chart).

You can take the following actions to improve your readiness in this dimension:

Look into the potential of integrating your current systems into your IT infrastructure and take this factor into account when purchasing new systems. It may also be advisable to check whether your current systems can be upgraded.

Evaluate the potential of your processes with an adaptation of compatible machinery and systems. Also evaluate the option of additional upgrades.

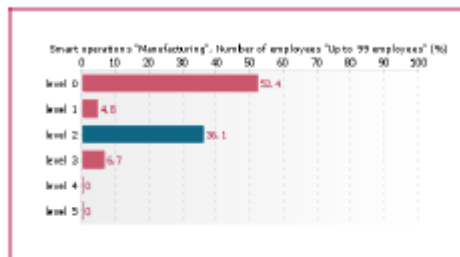
Look into how you can profit from an evaluation of the data you collect. Options include research or partnership projects. Also check to see whether you can gather additional data and what technology this requires.

Check the extent to which the data already collected can be linked in order to obtain new information from the interrelationships. Research projects may provide an incentive here. Also examine the extent to which the data collection can be further automated.

Quantify the benefit of the data collection and run CIP activities.

Check whether more interfaces can optimize your order processing by linking systems. Also check which systems can accelerate your order processing.

Smart operations



Your company has reached in dimension Smart operations level 2. In your comparison group, 36.1% of companies also reached this level (see chart).

You can take the following actions to improve your readiness in this dimension:

Information sharing is still limited to just a few departments. Run an analysis to determine where bottlenecks exist between systems and where potential can be leveraged by integrating information sharing into the system. This can take the form of a cost-benefit analysis of the solution to be implemented, for example. Also, analyze whether potential can be leveraged by integrating external information sharing with customers or suppliers into the system.

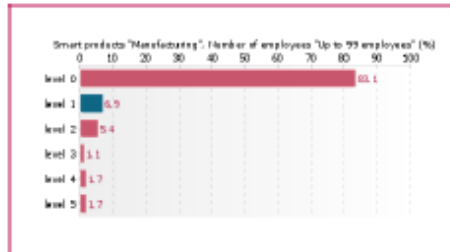
Your company does not yet have any use case in which the workpiece guides itself autonomously through production. Run an analysis of your production to determine where it makes sense to introduce autonomous control. Partnering with other companies or sharing knowledge with research institutions can help you make progress quickly.

Your company does not yet have any use case in which processes react autonomously to changes. Run an analysis of your production to determine where it makes sense for processes to react autonomously to changes.

You are currently planning to implement or are already implementing IT security solutions. Define the areas in which IT security solutions are needed.

You are not currently using any cloud-based data analytics, cloud computing, or cloud-based software. Run an analysis to determine where you can leverage more potential by using cloud technologies.

Smart products



Your company has reached in dimension Smart products level 1. In your comparison group, 6.9% of companies also reached this level (see chart).

You can take the following actions to improve your readiness in this dimension:

Products in your company currently offer initial ICT add-on functionalities such as product memory, self-reporting, integration, localization, assistance systems, monitoring, object information, or automatic identification. To achieve greater Industry 4.0 readiness, it's important to gradually expand the add-on functionalities of your products.