

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNICKO-EKONOMICKÁ STUDIE IMPLEMENTACE PRŮMYSLOVÉHO  
ROBOTA V PRAXI

TECHNICAL AND ECONOMIC STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF AN  
INDUSTRIAL ROBOT IN PRACTICE

AUTOR: Tereza Jančová

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

PRAHA 2021

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jančová** Jméno: **Tereza** Osobní číslo: **485359**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Technicko - ekonomická studie implementace průmyslového robota v praxi**

Název bakalářské práce anglicky:

**Technical and economic study of the implementation of an industrial robot in practice**

Pokyny pro vypracování:

1. Charakterizujte význam robotiky v rámci procesu digitalizace průmyslových podniků.
2. Definujte typologii robotizace v průmyslu (typy a vhodnost využití).
3. Shrňte zásadní prvky technickoekonomické efektivnosti implementace jednotlivých typů robotů.
4. Prakticky vyhodnoťte efektivnost nasazení vybraného typu robota ve výrobě.

Seznam doporučené literatury:

1. ROSS, Larry T., Stephen W. FARDO a Michael F. WALACH. Industrial robotics fundamentals: theory and applications. Third edition. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, [2018]. Robotics theory and industrial applications. ISBN 978-1-63126-941-7.
2. ÜSTÜNDAĞ, Alp a Emre ÇEVIKCAN. Industry 4.0: managing the digital transformation. Cham, Switzerland: Springer, [2018]. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-3-319-57870-5.
3. VALACH, Josef. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-869-2901-9.
4. KOŽÍŠEK, Jan, Barbora STIEBEROVÁ a Miroslav ŽILKA. Rozhodovací modely pro manažery v průmyslové praxi. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2020. ISBN 978-80-01-06698-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Barbora Stieberová, Ph.D., ústav řízení a ekonomiky podniku FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **23.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **28.02.2022**

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne: .....

.....

Podpis

## Anotace

Tématem práce je robotizace v rámci digitalizace průmyslového podniku. Transformace na digitální podnik se stává trendem a výzvou dnešní doby. Tato bakalářská práce shrnuje aktuální situaci v České republice v kontextu dané problematiky. Zabývá se komplexním pohledem na robotizaci, věnuje se technickému i ekonomickému charakteru implementace průmyslového robota do výroby. V technické části je kladen důraz na parametry jednotlivých typů robotů, typické využití a proces výběru a instalace robota z pohledu zákazníka. Ekonomický pohled zahrnuje metody zhodnocení investičního projektu a posouzení rizik spojených s investicí. V praktické části je analyzována případová studie pro modelový podnik, pro jehož účely je vybrán konkrétní průmyslový robot a zhodnocen dlouhodobý investiční projekt včetně analýzy rizik.

## Klíčová slova

Robotizace, digitalizace, Průmysl 4.0, technicko-ekonomický pohled, digitální podnik, transformace, automatizace, investiční projekt, analýza rizik

## Annotation

The topic of this thesis is robotization within the digitization of an industrial enterprise. Nowadays, the transformation to a digital enterprise becomes a trend and a challenge at the same time. This bachelor thesis summarizes the current situation in the Czech Republic in the context of the discussed issue. It deals with a technical and economic aspect of the implementation of an industrial robot into production. The technical part emphasizes parameters of individual types of robots, typical use and process of selecting and installing the robot from a customer's point of view. The economic part deals with evaluating methods of investment project and its risks. The practical part is about a case study of a model company. For the purposes of the company, a specific industrial robot was selected. The long-term investment project was analyzed and evaluated, including a risk analysis.

## Keywords

Robotization, digitization, Industry 4.0, technical and economic view, digital enterprise, transformation, automation, investment project, risk analysis

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce, Ing. Barboře Stieberové, Ph.D. za ochotu, veškerou pomoc a podporu při psaní práce, za rady a praktické připomínky. Poděkování za konzultace a cenné informace z praxe dále patří panu Liboru Zoubkovi, jednateli společnosti DESSEQ, a panu Michalu Žáčkovi z firmy Fanuc.

# Obsah

1. Úvod a cíl práce.....	1
2. Digitalizace.....	2
2.1 Požadavky na zaměstnance v digitálním světě .....	2
2.1.1 Digitální Česko.....	4
2.2 Kybernetická bezpečnost.....	4
2.3 Automatizace .....	5
2.3.1 Internet of Things.....	6
2.3.2 Programmable Logic Controller .....	8
3. Robotika .....	9
3.1 Druhy robotů.....	9
3.2 Bezpečnost na robotizovaném pracovišti.....	13
3.3 Robotizace v České republice .....	14
3.4 Podpora rozvoje v České republice .....	15
4. Technické zhodnocení implementace průmyslového robota ve výrobě ..	17
4.1 Typické okruhy efektivního využití v podnikových procesech .....	17
4.2 Dělení robotů v praxi dle výrobce.....	19
4.3 Volba a způsob zavedení robota do výroby .....	23
5. Ekonomické zhodnocení investice .....	27
5.1 Kapitálové plánování .....	27
5.2 Investiční projekty .....	28
5.3 Analýza rizik .....	29
5.4 Základní metodická východiska pro posuzování ekonomické efektivity investice .....	29

5.4.1	Peněžní tok .....	30
5.4.2	Čistá současná hodnota .....	32
5.4.3	Index rentability.....	33
5.4.4	Statická doba návratnosti.....	33
5.4.5	Vnitřní výnosové procento.....	34
5.5	Výnosnost a investiční rozhodování .....	34
5.5.1	Index výnosnosti.....	35
6.	Zhodnocení investice nasazení robota .....	36
6.1	Představení podniku .....	36
6.2	Rozbor stávající situace.....	36
6.3	Výběr robota .....	37
6.4	Návrh řešení robotizace .....	37
6.5	Znaky investičního projektu .....	39
6.6	Posouzení efektivnosti investičního projektu.....	40
6.7	Celkové zhodnocení .....	47
6.7.1	Citlivostní analýza.....	48
6.7.2	Analýza rizik, krajní scénáře investice.....	50
7.	Závěr.....	54
8.	Seznam použité literatury .....	56
9.	Seznam obrázků .....	61
10.	Seznam tabulek.....	62
11.	Seznam rovnic.....	63
12.	Seznam grafů .....	63



# 1. Úvod a cíl práce

Digitalizace průmyslového sektoru představuje novodobý trend inovace a optimalizace výrobního procesu. Průmyslové podniky čelí výzvě vývoje Průmyslu 4.0, aditivních technologií, automatizace, robotizace, virtuální realitě, Smart technologiím a centrálnímu autonomnímu řízení chodu firmy. Tyto faktory ovlivňují nejen efektivnost, kvalitu a ekonomiku výroby, ale také konkurenceschopnost celého podniku.

I přes narůstající množství eventualit automatizace a robotizace, má lidský faktor ve výrobním průmyslu stále svou nenahraditelnou důležitost. Digitalizace představuje relativně vysokou počáteční investici a změnu fungování hlavně pro personál. Cílem této práce je sumarizovat konkrétní možnosti robotizace podniku, vysvětlit pojmy digitalizace, automatizace a robotika. Záměrem je popsat současný stav a typické způsoby robotizace průmyslových firem v České republice. Hlavním cílem je propojit technický a ekonomický pohled na danou problematiku. Na základě informací přímo od výrobce a integrátora robotů bude popsán konkrétní postup při výběru robota, včetně uvedení nejčastějších typů využívaných robotů a robotizovaných operací. Dále bude shrnuta státní strategie podpory rozvoje digitalizace malých a středních podniků. Nakonec budou charakterizovány hlavní metody zhodnocení efektivnosti investičního projektu. V praktické části bude analyzován jeden z často využívaných robotů, který bude uvažován k instalaci do modelové výrobní firmy. Účelem je vyhodnotit návratnost a rizika investice nasazení robota do výroby.

## 2. Digitalizace

V současnosti je pojem digitalizace charakterizován jako prostředek ke snadnější komunikaci, přehlednosti, sdílení informací a dat v digitální formě. Úplná digitalizace podniku znamená dosáhnout propojeného vztahu mezi výrobou a spotřebitelem, a to s důrazem na přizpůsobivost a udržitelnost. Díky přímému přístupu k okamžitým datům je výrobním subjektům umožněno rychleji vyhodnotit a předejít možným chybám v procesu. Podstatou digitalizace jsou jednotlivé elementy, které spolu komunikují a jsou schopné řídit a vykonávat žádané aktivity. Hovoříme tedy například o IoT (Internet of Things), umělé inteligenci, využití aditivních technologií, automatizaci, robotice a virtuální realitě. [1]

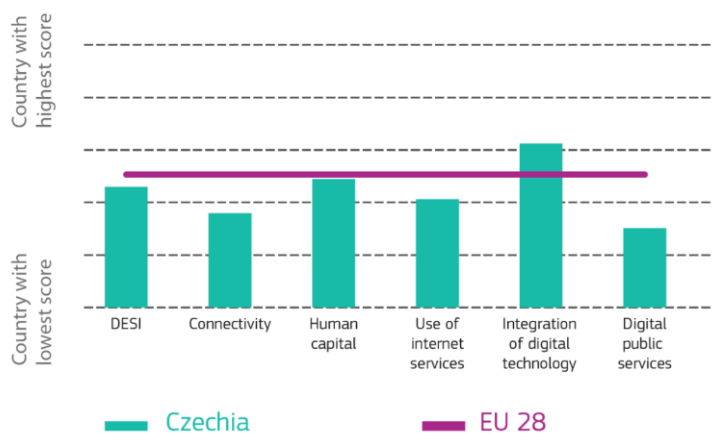
### 2.1 Požadavky na zaměstnance v digitálním světě

Vzhledem k rychlosti rozvoje techniky a digitálních technologií, se tyto prostředky stávají levnějšími a dostupnějšími pro větší počet podniků. Pro maximální využití všech nabízených možností a výzev transformace podniku vstříc digitální budoucnosti, je nutné rozvíjet dovednosti a znalosti pracovníků. Na zaměstnance jsou kladeny požadavky adaptace na složitější pracovní prostředí a na kompletní změnu struktury fungování podniku. Automatizace a digitalizace vyžaduje schopnost práce s informačními technologiemi, analýzu dat (Big Data), vývoj aplikací, programování, správu databází atp. Pro podnik taková transformace znamená mimo jiné i vysokou investici do neustálého zlepšování dovedností a schopností svých pracovních sil v oblasti IT technologií. Neméně významným se tento fakt stává také pro úpravu vzdělávacích programů na všech stupních vzdělávání. [2]

#### *Postavení České republiky v digitalizované Evropské unii*

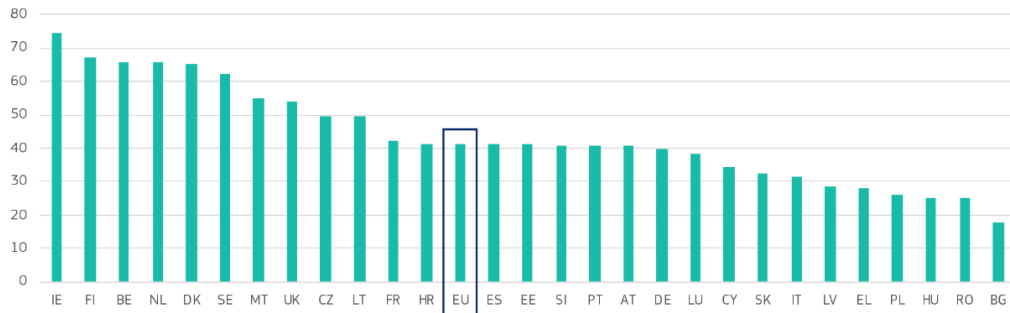
V kontextu evropského měřítko je digitalizace považována za klíčový faktor pro konkurenceschopnost podniku. Každý členský stát Evropské unie je podroben analýze a následnému doporučení, do kterých sektorů je třeba investovat.

K hodnocení slouží takzvaný DESI index (The Digital, Economy and Society Index), který porovnává úroveň digitalizace země. Zohledňuje kapacitu poskytovaných komunikačních sítí, míru schopnosti obyvatelstva využívat digitální platformy, integraci digitálních technologií a digitalizaci veřejných služeb. [3]



Obrázek 1 – Grafické zobrazení parametrů digitalizace ČR [4]

Celkový index DESI řadí Českou republiku na 17. místo ze všech zemí Evropské unie. Co se týče digitalizace, od roku 2019 došlo v České republice ke zlepšení v oblasti schopností lidského kapitálu, integrace digitálních technologií a využívání internetu. Dle analýzy Evropské unie bylo zjištěno, že mezi největší překážky ve vývoji českých firem patří nedostatek IT specialistů, snížené možnosti využití digitálních veřejných služeb a omezená kapacita sítí. Nicméně lze konstatovat, že strategické projekty „Digitální Česko“ a umělé inteligence posunují zemi v žebříčku digitální Evropy výše. Na Obrázku 1 je kromě detailní analýzy všech parametrů indexu DESI pro Českou republiku zobrazeno i průměrné skóre Evropské unie. [4]



Obrázek 2 – Integrace digitální technologie členských států EU [3]

Co se týká samotného faktoru integrace digitální technologie, Česká republika je na 9. příčce mezi členskými státy EU. Ze studie ovšem vyplývá, že v samotném přijímání digitálních technologií do podniků si Česká republika vede podprůměrně.

### 2.1.1 Digitální Česko

Podstatou této vládní strategie je podpora nových projektů v oblasti digitálních technologií, inovace infrastruktury a poskytování služeb s důrazem na umělou inteligenci a hledání rozvoje v ekonomice. Cílem celého projektu je podpora českých podniků hledat nová rozvojová řešení a pomoc jim při snaze dosáhnout a udržet svou konkurenceschopnost na světovém trhu. [4]

## 2.2 Kybernetická bezpečnost

Systémová změna fungování podniku, transformace dat na digitální formu, propojení virtuálního světa s fyzickým, komunikace a sdílení prakticky veškerých informací znamená nárůst rizik v kybernetické bezpečnosti. Dopady útoků na systém mohou vést nejen k nekontrolovatelnosti objektů výroby, finančním ztrátám, zhoršení výkonu, ale i k úniku informací. [5] Kybernetická bezpečnost představuje ochranu dat podniku. Je potřeba se vyvarovat neoprávněnému přístupu do systému, úniku dat, napadení jednotlivých entit, neúplnosti nebo nesprávnosti informací z důvodu špatného přenosu sítí, virům, trojským koním atd.

Pro zamezení kybernetických útoků je dobré, aby podnik dbal na edukaci všech uživatelů digitální technologie o bezpečnosti práce. Hlavním pilířem pro bezpečné fungování digitálního podniku je například udělování přístupů k určitým citlivým datům pouze autorizovaným osobám. Dalším krokem je integrita dat neboli ochrana před neoprávněnými nebo nechtěnými úpravami. Podstatnými faktory jsou dostupnost dat bezprostředně v čase potřeby, ověřování pravosti dat, monitorování a trasování veškerých datových toků a ochrana osobních údajů.

Mezi praktické zásady patří připojování zařízení a řídicího centra mimo hlavní sítě, instalace softwaru firewall, povolení přístupů dle jedinečných IP adres, vytvořit zásady pro tvorbu silných hesel všech zaměstnanců, plánovat časté resetování hesel, provádět veškeré opravy a aktualizace hlavních i integrovaných systémů a aplikovat šifrovací software. [2]

### 2.3 Automatizace

Pojem automatizace lze definovat jako systémové nahrazení fyzické a řídicí aktivity člověka technickým zařízením. Automatické řízení jakéhokoli předmětu znamená řízení bez účasti člověka. [6] Jinými slovy lze říci, že se jedná o navazující proces s předem určeným sledem operací, který je řízen pomocí specializovaného zařízení, jež vykonává a řídí výrobní proces. [7]

Vývoj průmyslové automatizace a postupné integrování systému autonomního řízení výroby vede ke zvyšování adaptability a optimalizace procesu. Vlna inovace technologií využívané pro automatizaci, jako například IoT, Big data, Cloud a strojové učení za poslední dvě desetiletí rapidně vzrostla. Z tohoto důvodu je automatizace v dnešním průmyslu často vyžadována a plní důležitou roli při ekonomickém hodnocení konkurenceschopnosti podniku na světovém trhu.

V kontextu předávání dat mezi jednotlivými fázemi výroby a dodávek se automatizace stává prostředkem vyvážení informační dysbalance. Nástrojem

k takové optimalizaci je extrakce požadovaných dat z interních a externích zdrojů. Tyto vědomosti jsou následně aplikované do automatizačního systému a využity v praktickém způsobu komunikace mezi jednotlivými komponentami. [8] Jinak řečeno jde o popsání a identifikaci vzájemných vztahů mezi příčinou a důsledkem a nalezení matematického modelu těchto relací. [6]

Automatizace se dělí na tvrdou, programovatelnou a pružnou. Tvrdá automatizace je obvykle spojená s velkosériovou výrobou, je obtížné ji měnit a přizpůsobovat. Tento typ procesu má smysl v případě výroby stálého produktu po dlouhou dobu. Výhodou je určitě vysoká efektivnost, nízká cena za kus, vyšší přesnost a spolehlivost. Není ovšem flexibilní a zpravidla se jedná o vysokou počáteční investici. Programovatelná automatizace je adaptabilní pomocí zásahu do řídicího systému. Je vhodná pro střední výrobu, příkladem může být CNC soustruh. Kladnou stránkou je možnost změny, nicméně instalace nového procesu je časově náročná. Poslední typ představuje pružná automatizace, která je uzpůsobena na jakékoli rychlé změny při výrobě produktu. Nevýhodou může být vyšší cena za jednotku produktu. [7]

Co se týče bezpečnosti, mělo by se předejít nežádané a riskantní interakci mezi autonomním zařízením a jiným objektem či člověkem. Hlavní čtyři pilíře správné reakce na potenciálně nebezpečnou událost jsou identifikace, monitorace, analýza a odpověď. [9]

V kontextu automatizace bude tato práce pojednávat o Internet of Things, Programmable Logic Controller a robotice, které bude věnována samostatná kapitola.

### 2.3.1 Internet of Things

Aplikační platformy ke shromažďování dat a propojování objektů ovlivňují nejen průmyslovou výrobu, ale také dopravu a logistiku. Pojmem IoT (Internet

of Things) se rozumí digitální a fyzické propojení objektů a zařízení a následné extrahování informací do Cloudu. [10]

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) definuje IoT jako síť objektů s integrovanými senzory, které jsou připojeny k internetu. Hardware takovéto platformy se skládá ze senzorů a jednotek ke zpracování, ukládání a vyměňování informací. K fyzické části systému je nutné přidat software a protokoly, které zajistí propojení a funkčnost. V IoT vystupují čtyři hlavní entity, kterými jsou uživatel, fyzická jednotka, propojovací zařízení a operační systém. Uživatel může být člověk či aplikace, jež definuje cíl, kterého lze dosáhnout díky vzájemné interakci mezi objekty. Fyzická jednotka znamená reálná entita, která se vyskytuje ve fyzickém prostředí platformy. Může to být například člověk, zařízení, program, logistický řetězec, vozidlo, elektrický spotřebič, výrobní stroj atd. Každý z objektů je vizualizován, digitálně propojen a je mu přidělen vlastní jedinečný identifikátor. Propojovací zařízení slouží pro zaručení komunikace mezi virtuální vizualizací a reálnými objekty. Tato funkce je prováděna díky snímání, monitorování, výpočtu a zpracovávání vlastností a schopností každého objektu. IoT může disponovat několika typy operačního systému, jedná se třeba o TinyOS, CONTIKI nebo RIOT.

Dalším prvkem, který vystupuje ve sféře IoT, je middleware. Jde o software, který působí jako prostředník mezi objekty a operačním systémem a spravuje a konfiguruje data. Zdrojovým rozhraním informací o entitách jsou softwarové komponenty, které jsou buď přímo v daném zařízení, nebo jsou k dispozici díky síti cloudových či edge databází. Funkčnost rozhraní je zaručena díky fyzické, dotazovací a aplikační vrstvě sítě, díky zanalyzování „Big data“, neboli velkého objemu dat z digitalizovaného světa [11] [2]

Nedávná studie ukazuje, že aplikační platforma Internet of Things je v dnešní době více preferovaná ve spojitosti s lidskou interakcí než s pokročilou funkcí autoadaptace. Nejčastěji využívaným zdrojovým rozhraním je Cloud. Je tomu tak z důvodu spolehlivosti, výkonu, ceny a bezpečnosti. [10]

V praxi IoT pomáhá nejenom v relaci zákazníka a dodavatele, ale také poskytuje přímý vhled do informačních toků napříč celého řetězce. Disponuje jasnými informacemi, jak a kde je kapitál využíván. [2]

### 2.3.2 Programmable Logic Controller

Programovatelné logické kontrolory (PLC) jsou robustní, efektivní a spolehlivá elektrická zařízení, která zpracovávají vstupy a výstupy dat za účelem ovládní procesu. Díky programovatelné logice softwaru dokáží kontrolovat několik zařízení zároveň. Velice rychlý reakční čas zařízení umožňuje dirigitovat okamžitý pohyb automatizovaného objektu.

Nejpodstatnější funkční složkou PLC je řídicí blok, který využívá několika různých signálů k ovládní paměťové a výkonné jednotky. Úložiště tvoří databáze a RAM paměť. Výkonné jádro přímo komunikuje s řídicím blokem. Finální výstupní signál prochází několika cykly zpracování a je adaptován na přímé propojení s technologickými procesy a zařízeními. [12]



## 3. Robotika

Jeden z pilířů digitalizovaného podniku je automatizace, do které se řadí robotika. Robota lze definovat jako multifunkční programovatelný manipulátor, který je schopen vykonávat nějakou operaci. Může to být přenášení objektů, nářadí, nebo provádění speciálních pohybů za účelem vykonávání různých aktivit. Také lze říci, že robot simuluje práci člověka na základě interakce s počítačem. [13] Průmyslové roboty představují kombinaci pokročilých automatizovaných systémů, které jsou řízeny počítačem. Mohou kontrolovat výrobu, nebo se jí aktivně účastnit. [7]

### 3.1 Druhy robotů

Roboty se skládají z několika komponent, které spolu komunikují. Jedná se o kontrolní centrum, manipulátor, koncový efektor, zdroj energie a samotný program. Kontrolní centrum je tvořeno mikroprocesorem, jež zpracovává vstupní a výstupní informace ze senzorů, monitoruje, koordinuje celé zařízení a vysílá příkazy k pohybu robota. Manipulátor představuje ruku robota, která fyzicky vykonává požadovanou činnost. Nehybný díl ruky se nazývá rameno, které je spojeno klouby. Kinematická dvojice vzniká spojením dvou ramen pohybovým kloubem, který umožňuje rotační, nebo lineární pohyb dvou statických dílů. Koncový efektor neboli chapadlo je zařízení na konci ruky robota. Slouží k uchopování, zvedání, manévrování anebo k namontování nástrojů. Význam zdroje energie je uvést robota do pohybu. Funguje na principu elektrického, hydraulického, či pneumatického mechanismu. [14] [15]

Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů se určuje dle typu požadované funkce, stylu vykonávání operace, provedení, možností aplikace, úrovně autonomnosti a řízení. Základním dělením jsou zařízení univerzální a jednoúčelová. Roboty a manipulátory, které jsou klasifikované jako jednoúčelové, se primárně využívají na jednoduché operace. Jsou většinou

součástí dalších technických zařízení a pohonů, zpravidla jsou velice podstatnými články v automatizaci výroby.

Univerzální zařízení mohou být synchronní (tzv. teleoperátory), v tomto případě je robotický manipulátor ovládán člověkem, úkon lze řídit i na dálku. Cílem teleoperátoru je zamezit ovlivnění práce nedokonalostí lidského faktoru, předejít chybám či nepříznivým situacím.

Další skupinou rozdělení manipulačního zařízení jsou roboty programovatelné. Manipulátory s pevným programem se vyznačují tím, že jsou obvykle řízeny jedním programem a vačkami. Mají automatický řídicí systém, nicméně změna jejich činnosti je považována za zásah do systému. Zařízení s proměnlivým neboli pružným programem jsou relativně snadno přeprogramovatelné manipulátory. Mezi tuto skupinu se řadí průmyslové adaptivní roboty, které dokáží reagovat na změny. Dále také kognitivní roboty, které se vyznačují určitou mírou umělé inteligence. [16]

Následujícím možným klasifikačním znakem je typ kontrolního systému. Existují roboty se servomechanismem, nebo bez něho. Roboty bez servomechanismu, pouze se zavedeným systémem fungujícím na principu otevřené smyčky, nedokáží zařízení poskytovat zpětnou vazbu o faktickém porovnání naprogramované pozice a aktuálního umístění cíleného objektu. Tyto roboty bývají jedny z nejjednodušších, zpravidla se využívají na snadné operace, jako vzít – položit. Jsou výborné pro opakované stejnorodé úkony a díky PLC jsou i relativně lehce přeprogramovatelné. Cena těchto robotů je přívětivá, jsou jednodušší na ovládání a údržbu, bývají menší velikosti a mají vysokou výkonnou rychlost.

Roboty se servomechanismem umožňují zpětnou vazbu ovlivnit výstup robota. Pomocí uzavřené smyčky neboli zpětnovazebního systému řízení robot detekuje a opravuje možné chyby při manipulaci. Na začátku operace kontrolní centrum identifikuje pomocí programu chtěnou cílovou lokaci. Díky datům získaným ze senzorů či kamer, zařízení také určí aktuální pozici výrobku. Tyto

dvě informace procesor zpracuje a porovná. Pokud nejsou stejné, systém zahlásí chybu a manipulátor se pokusí přizpůsobit nové poloze objektu jiným způsobem. Smyčka se opakuje, dokud není program úspěšně dokončen. Roboty se servomechanismem jsou relativně drahé, nicméně jsou sofistikovanější, mají větší škálu možností využití a dokáží splnit komplikované úlohy. [14]

Robota také definuje typ koordinačního systému, uspořádání kloubů a délka ramene. Funkční mechanismy jsou dány kinematickými řetězci a vázány kinematickými dvojicemi. Počtem stupňů volnosti manipulátoru se rozumí popis škály nezávislých pohybů (os), které může mechanismus vykonávat. Pro každý stupeň volnosti je vyžadován jeden kloub. Obecně platí, že čím více stupňů volnosti, tím je robot technicky náročnější a dochází ke snížení tuhosti koncového článku, čímž klesá přesnost nastavení. Aby byl robot univerzálně využitelný, vyžaduje šest stupňů volnosti. Vysoký počet nezávislých os se v praxi převážně využívá při implementaci robota do špatně přístupných prostorů za účelem vykonávání složitých operací. Dalším aspektem je typ a způsob pohonu a úroveň senzorů. [17] [14]. Je potřeba brát v úvahu také maximální nosnost kloubu robota, jeho dosah, rozsah pohybu, maximální rychlost a spotřebu.

Typická struktura jednoduchého manipulátoru, který má za úkol uchopit těleso a zaručit jeho libovolnou polohu a orientaci, je právě posuvný a rotační kloub. První tři klouby včetně rámu zpravidla udávají základní pracovní strukturu robota, člení se na kartézské, válcové, sférické, cylindrické a SCARA struktury. [15]

Kartézská konfigurace umožňuje přímý pohyb po osách X, Y a Z. Linearita pohybů zaručuje jednoduchou kontrolu nad manipulátorem, dále také velmi dobrou přesnost a opakovatelnost posunů. Jejich limitací je malé množství vykonatelných pohybů.

Při cylindrickém uspořádání je robotická ruka schopna se vysunout a zasunout, pohybu nahoru a dolů a celé zařízení dokáže rotovat. Proto je takový manipulátor ideální pro operace uchopit – přenést. Systém ovšem vyžaduje složitější ovládání. Kloub zapřičiňuje o něco menší opakovatelnost a přesnost, než má kartézská konfigurace.

Sférické manipulátory poskytují větší prostor dosahu. Dokáží zvedat těžší objekty, jsou vhodné při aplikacích, kde se očekává minimum vertikálních pohybů. Nevýhodou je, že jsou mechanicky tužší a potřebují složitější kontrolní systém.

SCARA roboty se vyznačují konfigurací, která je adaptací cylindrické struktury. Tyto zařízení jsou vhodné pro čistou aplikaci, například v elektronickém průmyslu. Hodí se spíše na pohyby horizontální, které zaručují flexibilní dosah pohybu. Potřebují ovšem sofistikovaný kontrolní systém, programování robota je náročnější. [14]

Senzorika představuje důležitou součást, fungující jako zdrojové rozhraní ve sbírání, zpracovávání a sdílení dat. Detekce překážek, vzdáleností a tvarů se využívají pro robotickou manipulaci a snímání dílů. Techniky jako fotogrammetrie, laser a strukturované světlo se využívají k vedení robota a vyhodnocování přesnosti, doby zpracování a vzdáleností pohybů. [2]

Vývoj autonomních systémů a robotiky zapřičinilo vysoký nárůst možností implementace souhry lidského faktoru s robotizací výroby. Ať už jde o využití robota v kosmonautice, zdravotnictví, k nedestruktivním zkouškám, v zemědělství, nebo v průmyslové výrobě, hlavní přínos robota činí autonomní vykonávání dané činnosti. V dnešní době je většina robotů ve firmách nastavována off-line na jednu nebo více určitých operací. Výzvou pro výrobní průmysl může být otázka častější aplikace robota s vlastní schopností vyhodnocování, reakcí na nepředvídatelné jevy, interakcí s člověkem a přizpůsobivost na změnu prostředí. [18]

## 3.2 Bezpečnost na robotizovaném pracovišti

V neposlední řadě je také nutné zvážit rizika a způsob spolupráce robota a lidského faktoru na sdíleném prostoru. Bezpečné pracoviště a správná funkčnost veškerého vybavení je ve výrobním procesu základem. Pracovní prostor by měl být maximálně uzpůsoben pro bezrizikové působení veškerých zaměstnanců. Samozřejmostí je také proškolení zaměstnanců pro správné a bezpečné operování se stroji a zařízeními a poskytnutí ochranného vybavení.

Bezpečnost musí být zajištěna jak při instalaci robota, tak při jeho provozu. Zařízení může zasahovat do velkého prostoru okolo sebe, může mít několik stupňů volnosti a být potenciálním nebezpečím pro okolní objekty či pracovníky. Roboty mohou mít celou řadu stupňů automatizace, což může zapříčinit neočekávaný start či zastavení pohybu. Z tohoto důvodu musí být obsluha robota řádně proškolená, stejně tak jako zaměstnanci pracující v okolí manipulátoru.

Rozvržení pracovního prostředí musí být provedeno na základě charakteru robota. Záleží na velikosti a tvaru zařízení, pracovním prostoru robota, dále také na metodě kontroly pohybu, maximální hmotnosti a velikosti břemene, operační rychlosti a speciálních požadavcích. Je třeba brát v potaz všechny objekty umístěné v okolí robota, zřídit prostor pro průchod vyhýbající se všem bodům působení manipulátoru. Pro bezpečnou práci s robotem jsou specifické bariéry oplocením, nebo pomocí senzorů. Plot bývá většinou z drátěného pletiva, bezpečnostního skla, nebo pevného plastu. Vlastnosti zvoleného materiálu závisí na rychlosti pohybu robota a manipulovaného objektu. Nevýhodou oplocení je náročné přesouvání buňky robota, nutnost zastavení větší plochy a horší viditelnost na prováděné operace.

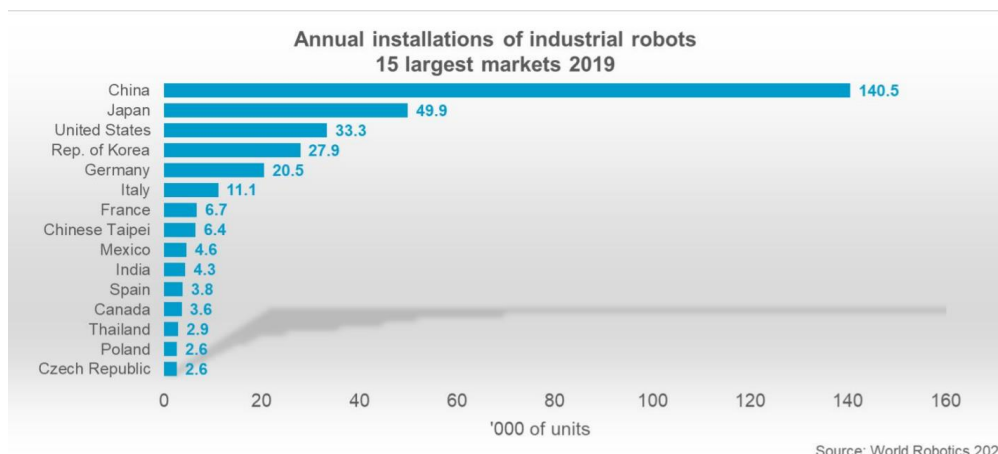
Dalším možným způsobem zabezpečení místa působení robota jsou fotoelektrické senzory. Pokud někdo nebo něco vstoupí mezi senzory a přeruší paprsek světla, zařízení vyšle signál a okamžitě přeruší zdroj energie robota.

Senzory jsou programovatelné, tudíž je možné nastavit určitou oblast, kterou bariéra neovlivní. To umožňuje obsluze přístup ke koncovému efektoru.

Kontrolní panely by měly být umístěny mimo pracovní plochu robota. Celý layout je nutné jasně zdokumentovat a průběžně aktualizovat. Bezpečnostní nařízení by měly být jasně definované pro samotnou obsluhu, zaměstnance na údržbu i úklid. [14]

### 3.3 Robotizace v České republice

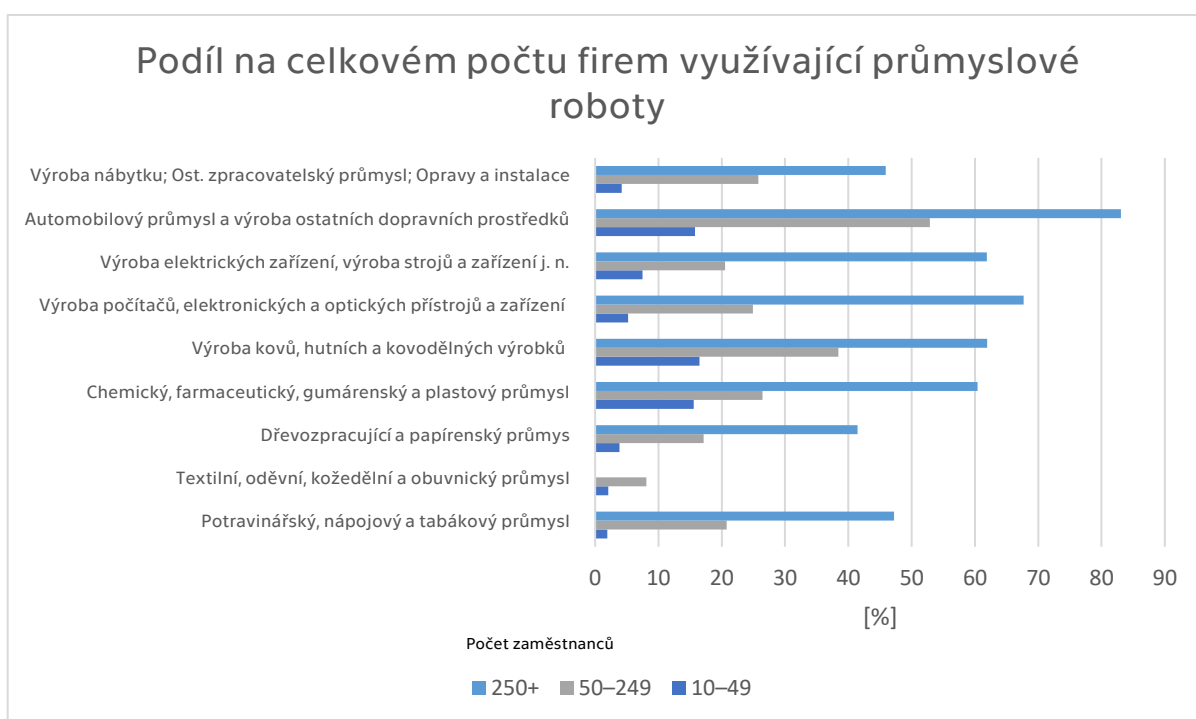
V roce 2019 bylo na světě nainstalováno 373 240 průmyslových robotů. Nejdůležitější a největší trh s roboty se nachází v Asii. Pro představu například v Číně bylo implementováno 140 492 kusů robotů, zatímco v Evropě pouze polovina z tohoto počtu. Celých 73 % veškerých robotů ve světě jsou implementovány v pěti zemích. Jde o Čínu, Japonsko, Spojené státy americké, Korejskou republiku a Německo. [19]



Obrázek 3 – Grafické zobrazení počtu ročních instalací průmyslových robotů [20]

Na Obrázku 3 je zobrazeno porovnání počtu implementovaných robotů jednotlivých zemí. V České republice bylo roku 2019 nainstalováno 2600 kusů robotů, přičemž například v Německu bylo dosaženo skoro desetinásobného počtu. Co se ovšem týká hodnoty počtu robotů na 100 000 obyvatel, vede si Česká republika ve světovém měřítku nadprůměrně. [20]

Dle dat z Českého statistického úřadu z roku 2020 lze konstatovat, že průmyslové roboty využívá téměř jedna pětina firem ve zpracovatelském průmyslu. Na celkovém podílu využití průmyslových robotů se ze 61,4 % podílí firmy s více než 250 zaměstnanci. Nejvíce robotizace probíhá ve velkých podnicích v automobilovém průmyslu. O něco hůře si vedou velké firmy v oblasti výroby kovů, elektroniky, elektrických zařízení a strojů. Dále se na využívání průmyslových robotů podílejí středně velké firmy, a to celkem z 27,2 %. Malé podniky zastávají pouhých 9,1 %. [21]



Graf 1 – Firmy používající průmyslové roboty [21], vlastní zpracování

### 3.4 Podpora rozvoje v České republice

Strategie podpory malých a středních podniků v České republice pro období 2021-2027, který byl vydaný Ministerstvem průmyslu a obchodu, poukazuje na důležitost investic do inovací. Hlavním cílem je vytvořit podpůrný program, který pomůže malým a středním podnikům být konkurenceschopnými a ekonomicky výkonnými. Mezi zásadní oblasti, kam podpora směřuje, patří mimo jiné vývoj, výzkum a inovace, dále také samotná digitalizace.

Část zabývající se digitalizací zdůrazňuje, že je třeba dbát na propagaci a motivaci malých a středních podniků využívat klíčové technologie, jako právě robotizaci, 3D tisk, IoT atp. [22] Pro investování do sektoru výzkumu, vývoje, inovace a digitalizace ekonomiky existuje pro malé a střední podniky možnost využít dotace z Evropské unie. V minulosti šlo o Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost, který zaštiťuje Ministerstvo průmyslu a obchodu. Od roku 2014 do roku 2020 bylo v rámci tohoto dotačního programu zhruba 100 668 miliónů korun. Za tento časový úsek bylo podpořeno 435 nových firem [23]

Aktuálně byl pro Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost zveřejněn seznam výzev na rok 2021. Konkrétně jde o podporu produktové, organizační, marketingové a procesní inovace, implementace informačních systémů, které integrují a automatizují procesy v podniku, s důrazem na inovaci a vývoj.

Podporovány jsou zejména investice na pořízení nových služeb, souvisejících se změnou výrobního postupu, sortimentu, či s rozšířením kapacit. [24]



## 4. Technické zhodnocení implementace průmyslového robota ve výrobě

Průmyslové roboty, vystupující jako automatizované zařízení, jsou potřebné pro zlepšení procesu výroby. Dosahují přesné a bezpečné produkce za kratší čas. Na rozdíl od člověka mají stabilní fyzickou kapacitu, která ovlivňuje výkon i náklady výroby. Zatím nejsou schopné se samy spolehlivě přizpůsobit novému produktu a stále představují nákladnou investici. Budoucnost směřuje k běžnému propojení systému a veškerých informací kognitivních robotů jak mezi sebou, tak s člověkem. [2]

### 4.1 Typické okruhy efektivního využití v podnikových procesech

Robotický manipulátor se pohybuje po několikabodové trajektorii. Dle typu požadované operace se mohou dělit na pohyby sebrat – umístit, z bodu do bodu a kontinuální pohyb. V následujícím textu budou popsány operace sebrat – umístit, obsluha stroje, svařování, sprejování, robotizované obráběcí procesy a montáž.

#### *Operace sebrat – umístit*

Tato operace spočívá v přesunu koncového efektoru do správné pozice. Většinou se využívá na nekomplikované opakující se úkony, jako uchopit výrobek, pohnout ramenem, položit výrobek. Obecně platí, že se v jeden moment pohybuje pouze jedna osa systému a celá manipulace se skládá z jednotlivých jednodušších dílčích úkonů. Programování operace je časově náročnější a je třeba mechanicky, nebo programově nastavit počáteční a cílový bod koncového efektoru. Lze také využít koncových zařízení, které fyzicky limitují pohyb na potřebnou délku působení. Nejtypičtější operace využití takových robotů je například skládání výrobků na paletu, přesouvání dílů

a materiálu. Dále jsou vhodné na manipulaci s křehkými, těžkými nebo horkými výrobky.

Dalším typickým příkladem pro využití průmyslového robota v praxi je vkládání výrobků do stroje a jejich opětovné vyndání. Nejčastěji se takové manipulátory objevují u automatizovaných strojů, jako CNC obráběcí centrum. Vkládání a vykládání robotem může být využito i třeba při kování, tlakovém lití, lisování atp.

#### *Pohyb z bodu do bodu*

Obloukové a bodové svařování představuje další frekventovaně využívanou operaci robota. Koncový efektor dokáže lehce svářet v jakémkoli úhlu. Trajektorie pohybu z bodu do bodu se skládá z variací interpolací lineárního pohybu, které vedou k cílové destinaci. Program namísto omezování koncových pozic pohybu memoruje jednotlivé lokace bodů, kterých mohou být stovky. Dále také nabízí možnost měnit rychlost mezi jednotlivými body trajektorie.

#### *Kontinuální pohyb*

Kontinuální pohyb představuje hladké přesouvání koncového efektoru robota přes mnoho bodů trajektorie. Tento typ dráhy je v podstatně rozšíření pohybování z bodu do bodu. Rozdíl je v množství bodů trajektorie, protože nyní se jedná o tisíce. V tomto případě se programování soustředí nejen na koncové pozice efektoru, ale hlavně na dráhu úkonů. Učení robota se nejčastěji provádí jeho fyzickým vedením, při kterém si manipulátor sám zapamatuje svou trajektorii. Výhodou takový robotů je určitě rovnoměrnost a hladkost pohybu, programování je vcelku jednoduché a intuitivní. Lze také měnit rychlost pohybu. Klasickým využití kontinuálního pohybu je právě operace sprejování, ať už jde o nanášení barvy, ochranného povlaku, nebo lepidla. Výhodou je rovnoměrnost vrstvy a vyhnutí se riziku z nebezpečných výparů sprejů.

Robotické zařízení mohou být využity i na řezání, vrtání, frézování, broušení, leštění, odhroťování, nýtování a další. Zařízení pro takové operace ovšem musí mít vysokou přesnost a opakovatelnost pohybů. Pro oddělování materiálů existují roboty řezající plazmou, plamenem, proudem vody, nebo laserem. V každém případě se jedná o složitější roboty, které musí automaticky vyhodnocovat situaci a být schopny měnit nástroje i pozici.

Opakující se pohyby při montáži výrobku jsou vhodné pro robotizaci. Většina úkonů zahrnují spojování šroubů, matic nebo cvočků. [14]

## 4.2 Dělení robotů v praxi dle výrobce

Roboty se dle výrobce dělí na průmyslové, lehké kolaborativní a kolaborativně-průmyslové.

### *Průmyslové roboty*

Průmyslové roboty se dají využít při velkosériové, střední, ale i malosériové výrobě. Jejich nevýhodou je, že nejsou vhodné na bezprostřední práci s člověkem a je třeba brát v úvahu bezpečnou vzdálenost a uzpůsobit tomu pracovní prostředí. Do prostoru vyhrazeného pro robota nesmí zasáhnout jiný objekt nebo člověk, čehož je možné docílit buď oplocením, nebo senzory. [25]



Obrázek 4 – Bezpečnostní optické senzory



Obrázek 5 - Bezpečnostní oplocení [18]

Změna programu průmyslového robota je středně náročná, ve většině případů ji zvládne zaškolený zaměstnanec sám. Při velkých projektech je úprava neuskutečnitelná spíše z kapacitních důvodů. Kloubové průmyslové roboty mají nejčastěji šest os, jejich výhodou je pohyb jakýmkoli směrem, včetně rotace. Dle toho, jaký v sobě mají software, se využívají buď jako manipulátor, pro bodové, nebo obloukové svařování, či se využívají pro obě aplikace zároveň. [25]

Ve velkosériových automobilových výrobních se nejčastěji využívají roboty typu R-2000, jejichž funkcí je svařování. Nosnost těchto robotů je až 270 kg a rozsah až 3 metry. Existuje několik verzí, ať už s delším ramenem, robot omyvatelný atd.

Následujícím typem jsou vysokovýkonné menší manipulátory M-20, o možných nosnostech od 12 kg do 25 kg a rozsahem od 1,5 m do 2,3 m. Ty se hojně využívají ve výrobě pro operace typu vykládání, nakládání výrobků a vkládání do stroje. Tuhost ramene zaručuje přesnost opakovatelnosti pohybu  $\pm 0,02$  mm. [26]



Obrázek 7 – M-20iD/25 [16]



Obrázek 6 – Průmyslový robot R-2000iC/165F [16]

Dalšího preferovaného robota v průmyslové výrobě reprezentuje LR Mate. Využívá se jak v potravinářství, tak v metalurgii. Tento typ robota je přesný, je možné jej aplikovat i na svařování, lakování a čisté provozy.

Jiným využívaným robotem je robot typu Delta. Má omezený rozsah pohybu není tak přesný. Jeho obrovskou výhodou je rychlost. Takové roboty se využívají hlavně v potravinářství. [26]



Obrázek 8 – Robot Delta M-1iA/1H [20]



Obrázek 9 – LR Mate 200iD [16]

### *Lehké kolaborativní roboty*

Kolaborativní roboty umožňují spolupráci s člověkem, tudíž jsou vhodné na pracoviště bez přídavné bezpečnosti. Jsou vybaveny senzory a v případě vstupu překážky do jejich dráhy pohybu bezpečně zastaví. Díky tomu se hodí na otevřené pracoviště. V praxi se mohou například implementovat pouze kvůli nedostatečné výrobní ploše podniku, bez nutnosti aplikace prostorově náročného oplocení či bezpečnostních senzorů. Tím lze docílit značné úspory místa v okruhu působení robota. Kolaborativní roboty jsou v posledních letech využitelné i pro malosériovou výrobu. Je tomu tak hlavně díky kamerovým nástrojům a jednoduššímu učení pomocí navádění. Jedná se o lehkou, bezpečnou konstrukci s menší tuhostí. Lehké kolaborativní roboty pracují pomaleji než průmyslové, nebo průmyslově-kolaborativní roboty. Hlavní výhodou je právě snadná a rychlá přeprogramovatelnost, která je ideální pro menší výrobky. [25] Aby se malosériové výrobě robotizace vyplatila, je zapotřebí univerzální zařízení. Činnost robota musí být pro výrobky něčím společná, například je dobré uvažovat jeden typ chapadla, který bude využitelný pro více produktů. [27]

Jeden z nejvyžívanějších robotů tohoto typu je robot CRX. Má standardně ruční vedení, jednoduché programování a je určen pro malosériovou výrobu nebo základní aplikace. [25]



Obrázek 10 – Lehký kolaborativní robot CRX-10iA [16]

### *Kolaborativně-průmyslové roboty*

Kolaborativně-průmyslové roboty kombinují výhody obou zmíněných skupin. Fungují na bázi průmyslového robota, jsou robustní, tuhé, ale bezpečné pro bezprostřední práci s člověkem. Využívají se hlavně na velkosériovou výrobu, montáž dílů, dokáží spolupracovat se zaměstnanci. Mohou například provádět paletizaci, nezabírají moc prostoru a stále fungují v bezpečné synergii s člověkem.

Jedním z nejvyžívanějších robotů v praxi je typ CR-15iA. Slouží převážně na obloukové svařování, paletizaci, kontrolu a obsluhu stroje. Má větší dosah, je robustní a dokáže zvednout břemeno o hmotnosti až 15 kg. Podobným představitelem je i CR-7iA, který je vhodný na obloukové svařování a montáž. Existuje ve dvou verzích, s kratším a delším ramenem. Dosáhne až 911 mm. V neposlední řadě je třeba zmínit robota CR – 35, který je ideální jako podavač, nebo pro montáž. Nosnost robota tohoto typu je 35 kg a dosah skoro 2 metry. Jedná se o nejsilnější spolupracující robot na světě. [25] [26]



Obrázek 11 – Průmyslově-kolaborativní robot CR-15iA [26]



Obrázek 12 – Průmyslově-kolaborativní robot CR-35iA [26]

### 4.3 Volba a způsob zavedení robota do výroby

V případě zavedení robota do výroby má podnik dvě možnosti. První alternativou je kontaktování takzvaného integrátora, který navrhne funkční pracoviště, do kterého implementuje komponenty od různých dodavatelů, zaručí komunikaci mezi jednotlivými zařízeními a představí kompletní řešení automatizace dle požadavků zákazníka.

Ve druhém případě si zákazník může robota do systému zavést sám. Výrobce ovšem nestaví celou aplikaci, nýbrž nabízí proškolení zaměstnanců ke správnému používání robota. Automatizovaný podnik tedy musí sám zvážit všechny možnosti, zaručit bezpečnost při práci, navrhnout a simulovat pracoviště a propojit všechny komponenty.

Každopádně je nutné detailně specifikovat stávající stav výrobní linky a požadované operace a následně řešit optimalizaci vzdáleností, podmínek, někdy je třeba změnit rozvržení výrobního pracoviště. [25]

Při volbě vhodného robota je potřeba zvolit správnou konfiguraci robota, přesnost koncového efektoru, opakovatelnost pohybu, rychlost operace a nosnost. Dále je dobré si uvědomit, že nosnost manipulátoru, která je uvedena v technickém listu, představuje maximální váhu břemene v zápěstí robota. Při zátěži, která je pod koncem zápěstí, dochází ke strmému růstu

účinků a nosnost klesá. Mezi další uvažované parametry patří například periferie, jinými slovy, kolik robot umožňuje připojit senzorů, činných prvků a jiné. [27]

#### *Z pohledu výrobce*

Japonská firma Fanuc představuje jednoho z předních světových výrobců zabývajících se průmyslovou automatizací. Produkuje a nabízí nejen roboty, ale i CNC stroje a řídicí systémy. Vlastní výrobní závod je z velké části automatizovaný. Firma zaměstnává okolo 7000 zaměstnanců a působí ve 108 zemích. [26]

Na světovém trhu existuje celá škála robotů. Standardně jsou v celém průmyslu hojně využívané roboty řady R-2000 pro bodové svařování karoserie v automobilkách. Jedná se o desetitisíce robotů po celém světě. Pokud z četností výskytu robotů v průmyslu není uvažován automobilový průmysl, začnou převažovat roboty typu M-20 nebo LRM. Obecně se nejvíce prodávají menší roboty. Často se jedná o manipulaci výrobku u obráběcích strojů, elektrický průmysl a potravinářství. Variabilita, vzrůstající dostupnost, rychlá a jednoduchá programovatelnost robotů otevírá dveře automatizaci i malosériovým výrobám. Výrobce v praxi roboty dělí na průmyslové, kolaborativní a kolaborativně-průmyslové. Základní výbavu robota lze doplnit dle konkrétních požadavků a prostředí fungování. Může se jednat například o voděodolnost, či dodání 2D, nebo 3D kamerového systému, který zaručí správné uchopení předmětu předáváním informací o detailní poloze výrobku.

Přímo výrobce nabízí proškolení zaměstnanců, jedná se o základy programování a bezpečnosti v práci s robotem. Ovládání těchto robotů je z velké míry intuitivní a nejčastěji využívané základní školení trvá čtyři dny. Existují i speciální kurzy pro práci s robotem, které závisí na konkrétním využití robota. Kompletní vyškolení zaměstnance pro všechny typy aplikací by trvalo zhruba měsíc.



Poruchovost robotů Fanuc je minimální, nicméně v případě dysfunkčnosti firma garantuje dostupnost náhradního dílu do druhého dne po dobu dvaceti pěti let. Fakt, že komponenty je možné dodat pro modely až do roku 1972, přispívá jak k rychlému obnovení výroby při poruše, tak k maximální využitelnosti zařízení. Doba fungování robota v procesu v průměru 10-15 let. Někteří zákazníci můžou z morálních důvodů obměnit robota například po pěti, nebo osmi letech. Samozřejmostí jsou preventivní údržby, které se při náročnějším provozu provádějí jednou za rok. [25]

#### *Z pohledu integrátora*

Plzeňská firma DESSEQ navrhuje a realizuje automatizaci a robotizaci v průmyslových firmách. Zprostředkovává individuální řešení pracoviště dle konkrétních požadavků zákazníka a posléze zařizuje servisní služby. DESSEQ se mimo jiné zabývá řídicími systémy automatizace a integruje průmyslové roboty do procesu.

Po oslovení zákazníkem se integrátor osobně dostaví na dané místo a zkonzultuje s klientem jeho konkrétní představu. Je potřeba definovat proces, který je možné automatizovat. Jeden z nejpodstatnějších faktorů pro správnou a bezporuchovou funkčnost je dostatečně specifikované zadání automatizace. Integrátor musí zvážit veškeré technické možnosti a při návrhu se pohybovat v rámci přiměřených finančních nákladů na investici. Je nezbytné uvažovat a určit konkrétní parametry automatizace pro danou operaci. Požadavky jsou individuální, nejčastěji je však nutné soustředit se na čas, tudíž takt výroby, dále přesnost, rychlost, výkon, dosah a nosnost. Integrátor na místě zváží způsob ukotvení robota a definuje vnější vlivy, které mohou ovlivnit funkčnost. Jedná se například o kvalitu osvětlení ve výrobní hale, která může znesnadnit identifikaci výrobku kamerovým viděním robota. Výhodou návrhu od integrátora je také komplexní pohled na automatizovaný proces, který je možné instalovat i s představou dalšího rozšíření do budoucna. Pokud například zákazník chce v dalších letech přidat další automatizované zařízení,

je možné rovnou integrovat PLC systém a směřovat aplikaci k budoucímu cíli bez zbytečných nákladů navíc. Další možností je aplikace určitých výměnných systémů, které dovolují přenastavit konkrétní úkony na jiný typ výrobku. Změny je možné provádět v intervalech.

Po určení hrubého návrhu automatizovaného procesu integrátor interně zahájí detailní analýzu situace a po dalších konzultacích se zákazníkem dospěje ke konkrétní formě instalace. Kromě robota, či jednoúčelového stroje, v případě potřeby navrhne komponenty jako třeba dopravník, bezpečnostní senzory, oplocení, komunikaci jednotlivých zařízení a konfiguruje jejich kooperaci. Následně provede hrubou kalkulaci a nechá návrh instalace a ceny schválit zákazníkem. V případě moc vysokých nákladů je možné snížit úroveň automatizace.

Samotná realizace projektu se pohybuje v řádech měsíců, menší projekty trvají zhruba tři až šest měsíců, u větších projektů se doba implementace pohybuje od šesti měsíců a déle. Co se týče ovládání robota, nejčastěji se používá vlastní aplikovaný kontroler, jež je součástí dodávky robota. Náročnější projekty, u kterých je robot jednou z mnoha komponent a neuřídil by ostatní periferie, je aplikace řízena průmyslovým Programmable Logic Controller (PLC). Pro vytvoření návrhu robotického pracoviště se k simulacím využívá specializovaný software od výrobce robota nebo i jiných dodavatelů.

V rámci dodávky zařízení integrátor poskytuje prvotní zaškolení obsluhy, veškerou technickou dokumentaci včetně návodu k obsluze a údržbě, dále také nabízí záruční i pozáruční servis. V případě, že uživatel zaměstnává vlastní proškolené techniky, je schopen provést základní servis sám.

Alternativa samostatné integrace robota do podniku je spíše vhodná pro větší, soběstačné firmy, které již mají zkušenosti s automatizací, nebo zaměstnávají vlastního integrátora. Proto je z větší části doporučováno služeb integrátora využít. [27]

## 5. Ekonomické zhodnocení investice

Investice zpravidla představuje vysoký jednorázový kapitálový výdaj, který je vynaložen za účelem budoucího zisku v dlouhodobém časovém horizontu. Investice dlouhodobě ovlivňuje působení a ziskovost podniku. Z tohoto důvodu s sebou investiční rozhodování nese značné nejistoty a rizika odchýlení od vytyčených cílů a odhadnutých vstupních hodnot. Investice je zásadním krokem pro udržení konkurenceschopnosti a budoucnosti podniku. Jedná se například o výdaje na výzkum, reklamní kampaň, za nehmotný či hmotný majetek, společně s časovou náročností na koordinaci a provedení investičního projektu.

Vytyčení dlouhodobé investiční strategie, cílů, hledání možných nových projektů, vyhodnocování efektivnosti a financování se nazývá kapitálové plánování. Každá investice by měla být v souladu se strategií společnosti. [28] [29]

Za nehmotný dlouhodobý majetek se považuje taková věc, která má pořizovací cenu vyšší než 40 000 Kč a dobu použitelnosti více než jeden rok. Obecně se do výdajů na pořízení majetku nezahrnují investice do školení zaměstnanců, koupě dalšího oběžného majetku atp. Tyto položky jsou zohledňovány při hodnocení efektivnosti investičních projektů. [28]

### 5.1 Kapitálové plánování

Investice do dlouhodobého majetku s sebou nese nutnost plánování rozličných činností. Esenciální je počátek celého procesu, který představuje stanovení dlouhodobých cílů a strategie podniku. Následně je nutné vyhledat a modifikovat nové investiční projekty, připravit rozpočty a předpovědi finančních toků firmy, zhodnotit efektivnost projektu, vybrat optimální variantu a závěrem ověřit a zhodnotit již provedené činnosti. S ohledem na principy tržní ekonomiky lze konstatovat, že většina firem má s největší pravděpodobností

vytyčený cíl být efektivním a ekonomicky stabilním podnikem. Ke zhodnocení se využívá tzv. přidaná tržní hodnota, jež představuje rozdíl mezi celkovou tržní hodnotou podniku a kapitálu. Finanční strategií podniku se rozumí postup dosažení určených finančních milníků, cílů a platební schopnosti firmy. Jde o způsob investičního rozhodování, který vede k maximalizaci čisté současné hodnoty investice, která činí rozdíl mezi očekávanými příjmy z investice a jejími náklady, s ohledem na možná rizika a časové hledisko. Při tvorbě strategie pro naplnění očekávaných cílů je nutné brát v potaz propojenost tří faktorů investice, jimiž jsou výnos, riziko a důsledek na likviditu. Obecně platí, že je mezi nimi nutné najít kompromis, jelikož investice s maximálním ziskem a minimálním rizikem se v praxi skoro nikdy nevyskytuje.

## 5.2 Investiční projekty

Po stanovení jasných cílů a strategie investice, je možné definovat jednotlivé podnikatelské investiční projekty. Zpravidla se jedná o soubor ekonomických zhodnocení, technických studií, které umožňují správnou a efektivní funkčnost objektu investice. Skládá se z předinvestiční přípravy, samotného projektování, zavedení a provozování objektu investice. Je ovšem potřeba pamatovat i na likvidační fázi objektu. Při volbě projektu je nutné stanovit technické parametry jako je kapacita, spolehlivost, bezpečnost a inovativnost. Dále je potřeba definovat ekonomické parametry, predikovaný obrát, rentabilitu, cash flow, a časové parametry, jako je například doba implementace.

Důležitou fází pro správné projektování je předinvestiční příprava. Ta zahrnuje identifikaci projektu a jeho možné modifikace, zhodnocení alternativních variant a předběžnou finanční a technickou studii. Dále je nutné analyzovat trh a možnou poptávku, konkurenční produkty a nové technologie.

Finanční hledisko projektu tvoří rozpočet. Je nutné shrnout veškeré náklady na průzkumy, analýzy, studie, přípravnou a projektovou dokumentaci, služby a konzultace, zabezpečení, veškeré využívané energie, nehmotný majetek jako

software a práva, cena za uvedení objektu do provozu, je nutné uvažovat i úroky z případného úvěru. Následně také rámcové rozpočty, v nichž se pro stanovení předběžné ceny užívá srovnávací metody s jiným, již existujícím zrealizovaným projektem. Další možností je stanovení hodnoty pomocí měrných investičních nákladů, jejichž hodnota investičního nákladu za jednotku výkonu je předem definována. Přesnější určení ceny se dále realizuje díky rozpočtům z projektové dokumentace a nabídkových rozpočtů přímo od dodavatele. [28]

### 5.3 Analýza rizik

Metoda analýzy rizik tkví ve třech krocích. Nejprve se určí potenciální rizika, dále se identifikuje míra rizikovosti takového faktoru. Je možné tyto dva jevy klasifikovat škálou bodů od 1 do 5. Posléze by měl být předložen návrh strategie s cílem vyhnout se všem definovaným rizikům. Míra rizikovosti se obecně hodnotí dle pravděpodobnosti výskytu a velikosti dopadu na danou vstupní hodnotu kalkulace. Pro takové zhodnocení rizik lze využít takzvanou citlivostní analýzu, která vyjadřuje míru ovlivnění výsledku jednotlivých působících faktorů. Jinými slovy, je nutné identifikovat nejcitlivější vstupní faktory na změnu hodnoty. [29]

### 5.4 Základní metodická východiska pro posuzování ekonomické efektivity investice

Hlavním parametrem stanovení efektivnosti projektu je fakt, zda investice směřuje k hlavnímu stanovenému cíli podniku, tudíž k maximalizaci zisku. Pro její posouzení existuje několik užívaných metod. Podle toho, jestli v nich figuruje faktor času, se dělí na metody statické a dynamické. Zřídka kdy využívanou statickou metodu lze aplikovat v případě, že čas nehraje důležitou roli v investičním rozhodování. Naopak převažující dynamické metody uvažují roli času.

Dále existují metody řazené dle konsekventů plynoucí z investičních projektů. V tomto případě se uvažuje jako kritérium hodnocení buď očekávaná úspora nákladů, očekávaný účetní zisk, nebo očekávaný peněžní tok z projektu. Metoda dle nákladového kritéria porovnává jak provozní, tak investiční náklady. Ty se převádějí do ročních průměrných nákladů za předpokladu, že jednorázové investiční výdaje se definují ve formě ročních úroků. Tuto metodu lze efektivně využít jen v případě porovnávání alternativních projektů, které se vyznačují stejným rozsahem a realizační cenou. Metoda dle ziskového kritéria je daleko přesnější a komplexnější, ale nevýhodou je, že nezahrnuje odpisy. Z tohoto důvodu se v praxi nejvíce využívá metoda peněžního toku z projektu.

#### 5.4.1 Peněžní tok

Takzvaný peněžní tok neboli cash flow z investice představuje hlavní princip zhodnocení efektivnosti projektu. Predikce cash flow před realizací investice je složitý a velice podstatný proces, který ovlivňuje volbu varianty projektu. Z dlouhodobého hlediska je potřeba brát v úvahu veškeré ovlivňující faktory a možné odchylky od plánu. Jedná se o tok kapitálových výdajů a peněžních příjmů, jež jsou zapříčiněny celkovou dobou trvání projektu, včetně počátku a likvidace. V průběhu přípravy projektu se zhodnocuje očekávaný predikovaný peněžní tok, pro již probíhající investice se operuje s reálnými hodnotami. Při definování výdajů uvažujeme kapitálový výdaj, který tvoří veškeré výdaje na získání dlouhodobého majetku a stálých aktiv. Dále také možnou cenu za modernizaci, rekonstrukci a likvidaci objektu. Do příjmů jsou řazeny zisky z projektu po zdanění a odpisy.

Pro určení peněžního toku se užívá metoda přírůstkových veličin, která spočívá ve stanovení rozdílu mezi celkovými peněžními toky podniku po a před investicí. Důležitost je kladena na provozní výdaje. Dalším podstatným faktorem pro správnou funkčnost metody přírůstkových veličin je, že se bere v potaz jen zdaněný příjem a změny oběžného majetku. Peněžní tok musí obsahovat veškeré přímé i nepřímé důsledky investice, zohledňuje se inflace,

úroky a alternativní náklady. Tyto náklady se definují také jako ušlý výnos v případě, že by se firma rozhodla investovat jinak. [28]

#### *Určení výdajů*

Pro již existující předmět investice lze výdaje odhadnout dle nabídky dodavatelů. Pokud je kvantifikace prováděna pro úplně nový produkt nebo technologii, výpočet s sebou logicky nese vyšší riziko nepřesnosti.

Odpisy slouží pro zhodnocení jednorázových investičních výdajů, které se zahrnují do nákladů. Využívají se k finančnímu vyčíslení opotřebení zařízení a uvažují se do kalkulace kvůli daním. [29] Evidence odpisování dlouhodobého majetku v účetnictví spadá pod účtovanou skupinu 55. Výše odpisů je stanovována dle Zákonu o daních z příjmu, přičemž majetek se odpisuje od přiřazení statutu v užívání. Pro potřeby zdaňování se využívá metoda rovnoměrná, nebo zrychlená. Při rovnoměrném způsobu se odpis kalkuluje jako pořizovací cena vynásobená roční odpisovou sazbou, jež odpovídá typu odpisové skupiny. Odpisování zrychlené se kvantifikuje jako podíl pořizovací ceny a koeficientu odpisové skupiny, nicméně se způsob odpisu v dalších letech liší dle počtu roků, ve kterých byl majetek již odpisován. [30]

#### *Určení provozních nákladů objektu investice*

Pro kompletní zhodnocení efektivnosti projektu je třeba vyčíslit veškeré náklady spojené s investicí. Jde o náklady variabilní a fixní.

#### *Určení výnosů a přínosů*

Míra pozitivních přínosů investice představuje klíčové kritérium. Lze dosáhnout tří ekonomických efektů, kterými je zvýšení výnosů, snížení nákladů, nebo kombinace obou. Investice do automatizace výroby většinou spadá pod skupinu kombinace, jde o snížení nákladů při optimalizaci, úsporu za plat obsluhy, zvýšení výnosů za předpokladu dostačující poptávky a zvýšení efektivnosti. Podstatným může být také kvantifikování úspory nákladů.

### *Určení cash flow*

Pro výpočet peněžního toku je nutné vyjádřit hrubý zisk, odečíst výši daňových dopadů a vyčíslit čistý zisk z investice. Pro modifikaci zisku na cash flow, je třeba přičíst náklady, které nejsou výdaji. Do této skupiny patří odpisy. Jinými slovy počáteční výdaj za investici se odpisuje, jednotlivé odpisy se počítají jako daňově uznatelný náklad a musí se od hrubého zisku odečíst. Tím podnik snižuje svůj daňový základ. Po zahrnutí daně a vyčíslení čistého zisku se odpisy k částce znovu přičítají, jelikož nejde o reálný tok peněz. Dalším krokem je odečtení výdajů, které nejsou náklady, přičtení příjmů, které nejsou výnosy a odečtení výnosů, které nejsou příjmy. Pro zohlednění dlouhodobé změny hodnoty peněz se využívá takzvaná diskontní sazba. Zahrnuje uniklé alternativní investiční příležitosti, inflaci a riziko. Pro případ, že je investorem banka, je diskontní sazba představována úroky za poskytnutý úvěr. [29]

#### 5.4.2 Čistá současná hodnota

Tato dynamická metoda ke zhodnocování projektů využívá principu rozdílu mezi přepočítanými budoucími příjmy z investice, které zahrnují možný zdaněný zisk a odpisy, a kapitálovým výdajem. V případě, že příjmy převyšují výdaje, je investice považována za akceptovatelnou, splňující hlavní cíl a navyšující tržní hodnotu podniku. V opačném případě je projekt nepřijatelný. Pokud jsou si tyto dvě hodnoty rovny, je projekt hodnocen jako indiferentní. Metodu čisté současné hodnoty lze využít k porovnání více investičních projektů. V propočtech lze mimo jiné využít ekvivalent roční anuity neboli průměrné čisté hodnoty investice za rok. Čím větší je, tím vyšší má projekt pozitivní efekt na firmu. Metoda čisté současné hodnoty představuje jeden z nejlepších způsobů zhodnocení efektivnosti projektu. Hlavními výhodami jsou respektování faktoru času a fakt, že určuje okamžitý přínos investičního projektu a uvažuje celý peněžní příjem. Nedostatek metody čisté současné hodnoty činí nutnost určení požadované míry výnosnosti neboli diskontní



sazby. V případě, že je výběr alternativních projektů limitován peněžními zdroji, není tato metoda použitelná.

$$\check{C}SH = -INV + \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

ČSH Čistá současná hodnota [Kč]

CF<sub>i</sub> Cash flow generované investicí [Kč]

r diskontní sazba [%]

i jednotlivé roky [-]

INV výše investice [Kč]

Při hodnocení efektivity projektu je nutné brát v potaz i způsob financování investice. Zohledňování emisních výdajů, zvýšení úvěrů, nebo například zisk z dotací se realizuje pomocí upravené čisté hodnoty projektu. Tento faktor zahrnuje nejen jeho základní hodnotu, ale také následky plynoucí z volby financování investice.

#### 5.4.3 Index rentability

Index ziskovosti neboli rentability (ROI) je oproti čisté hodnotě definován jako podíl průměrného budoucího zisku z projektu a kapitálového výdaje. Pokud index vyjde větší než jedna, je projekt vhodný. Index se pro výběr alternativy doporučuje využít v případě omezených kapitálových zdrojů. V praxi je také dobré znát hodnotu bezpečnostní marže, nebo jak daleko od zlomové hodnoty rentability se nachází prodávané množství nebo cena výrobku. [28]

$$ROI = \frac{\text{Průměrný roční čistý zisk generovaný z investice}}{\text{Investice}} [\%] \quad (2)$$

#### 5.4.4 Statická doba návratnosti

Dobu návratnosti PP (Payback Period) je možné kalkulovat jako podíl pořizovací ceny předmětu investice a průměrné roční cash flow, který je

zapříčiněn investicí. Tento způsob výpočtu je ale statický, tudíž nereaguje na změny peněžního toku v průběhu času provozu investice.

$$PP = \frac{\text{Investice}}{\text{Průměrný roční čistý zisk generovaný z investice}} \text{ [roky]} \quad (3)$$

Druhou možností výpočtu je součet kumulativních hodnot cash flow. Principem je postupné přičítání sumy hodnot peněžních toků z předchozích let. Je nutné uvažovat i investiční výdaj v nultém roce. [29]

#### 5.4.5 Vnitřní výnosové procento

Dynamická metoda vnitřního výnosového procenta slouží ke zhodnocení efektivnosti projektu na základě úrokové míry, při níž se současná hodnota příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Jinými slovy se jedná o takovou diskontní sazbu, kdy se čistá současná hodnota rovna nule. Kritérium akceptovatelného projektu je takový úrok, jež je vyšší než nutná minimální výnosnost. Předností této metody je, že výsledek procentuální a relativní a bere v úvahu časovou hodnotu peněz. Naopak nevhodnost tkví v nepoužitelnosti pro vzájemně vylučující se projekty a v případě nestandardních peněžních toků. Vnitřní výnosové procento lze stejně jako čistou současnou hodnotu modifikovat do tvaru úrokové míry, kdy je kapitálový výdaj roven přepočítané budoucí hodnotě projektu. [28] Metoda vnitřního výnosového procenta je vhodná v případě nejistoty ve zvolené hodnotě diskontní sazby. Nejprve musí dojít k určení zlomové hodnoty výnosnosti investice a následně lze vypočítat vnitřní výnosové procento, například pomocí lineární interpolace. Vypočtené procento musí být vyšší než diskontní sazba, jinak je investice hodnocena jako neefektivní.

### 5.5 Výnosnost a investiční rozhodování

Předpokládaná a požadovaná výnosnost investičního projektu tvoří nejpodstatnější kritérium, které rozhoduje o jeho vhodnosti. Jedná se o minimální náhradu za spotřebu a investiční riziko pro investora. Očekávaná

výnosnost by měla za každých okolností být větší nebo rovna výnosnosti požadované. Bezrizikovou výnosností investice se rozumí například investování do státních obligací, nebo fungování na stejném trhu jako stávající zařízení. Požadovaná výnosnost je reprezentována průměrnými náklady kapitálu podniku jako celku. Je nutné zohlednit fakt, že cílem podniku je udržovat balanc mezi kapitálem a poměrem dluhů. Na každý nový investiční projekt je třeba nahlížet tak, aby přispíval k celkové stabilizaci podniku.

Neodmyslitelným činitelem kalkulace příjmu jsou daně. Ty představují reálný výdaj. Naopak odpisy dlouhodobého majetku se uvažují jako provozní zisk po zdanění, k nimž se pak přičítají úroky. Součin odpisů a daňového koeficientu generují takzvaný daňový štít, který vyčísluje daňovou úsporu podniku. Při zhodnocování efektivnosti projektů je nutné počítat s inflací. Tento efekt ovlivňuje hlavně růst kapitálových výdajů z dlouhodobého hlediska, u jednorázového nákupu inflace nebývá výrazným faktorem. Z druhé strany má růst ceny kladný dopad na příjmy z investice. Při uvažování zjednodušující hypotézy, že inflace ovlivňuje obě strany peněžního toku stejně, lze hovořit o neutrální inflaci. Při odhadování míry vzrůstu ceny je nutné uvažovat odlišnosti v různých odvětvích, není dobré inflaci generalizovat. Kalkulace může probíhat s reálnými či nominálními hodnotami. [28]

### 5.5.1 Index výnosnosti

Pro efektivnost investice je nutné, aby byl podíl kumulativního peněžního toku a ceny investice větší než jedna. Index výnosnosti ( $I$ ) představuje, kolikrát se investice podniku vrátí.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n dCF_i}{INV} [\%] \quad (4)$$

## 6. Zhodnocení investice nasazení robota

V této části práce bude na základě konzultací s výrobcem robotů a integrátorem automatizovaných linek vytvořen modelový podnik, pro nějž bude zhodnocena investice robotického manipulátoru, který je často využívaný ve velkosériové výrobě.

### 6.1 Představení podniku

Modelový podnik se zabývá velkosériovou výrobou obráběných součástí. Prosperující podnik zaměstnává 200 pracovníků a právě dokončil stavbu nové výrobní haly. Poptávka po výrobcích roste a podniku dochází kapacita. Management uvažuje o investici do robotického manipulátoru, který by místo zaměstnance manipuloval s materiálem a paletami v buňce se třemi CNC stroji. Výroba probíhá ve třísměnném provozu. Strategickým cílem firmy je stabilita, udržení konkurenceschopnosti a maximalizace zisku. Jeden z hlavních budoucích záměrů je kompletní transformace na digitální, plně automatizovaný podnik.

Přestože se jedná o větší podnik, firma vlastního integrátora nezaměstnává. Management by chtěl využít záručních i pozáručních servisů a celý projekt automatizace projednat s odborníkem. Proto oslovil integrátora, který se dostavil přímo do výrobní haly a zanalyzoval situaci. Firma si stanovila maximální limit na zamýšlenou investici čtyři miliony korun.

### 6.2 Rozbor stávající situace

Doposud předmětná část výroby probíhala na třech CNC strojích s jedním operátorem. Strojní čas výroby součásti je patnáct minut. Hmotnost výrobku činí 0,5 kilogramu a jedna paleta obsahuje 15 produktů. Zaměstnanec vezme polotovar z palety a vloží ho do stroje. V čase výroby uchopí další polotovar, obslouží druhý a následně třetí CNC stroj. Takt produkce je pět minut. Po dokončení dávky musí zaměstnanec manuálně vzít novou paletu a navrstvit ji

na již hotovou dávku. Vnější vlivy, které by mohly ovlivnit funkci robota nebyly identifikované. Osvětlení a prostornost haly jsou hodnoceny jako dostačující.

### 6.3 Výběr robota

Úkolem robota bude obsluha stroje sestávající z vložení výrobku do stroje a jeho opětovné vyndání. Další robotizovanou operací bude sebrat – umístit výrobek na paletu a přesun samotných palet.

Vzhledem k tomu, že výrobní závod má k dispozici velký prostor pro práci a robot přímo nebude spolupracovat s člověkem, není důvod instalovat kolaborativního robota. V tomto případě se jedná o velkosériovou výrobu a je třeba tuhý, výkonný manipulátor.

Bude se tedy jednat o průmyslového, klasicky šestiosého robota. Ke zvýšení mobility bude navržena instalace robotického pojezdu. Je nutné, aby měl robot dosah minimálně 1,5 metru pro komfortní uchopení palety na transportním pásu. Pro tuto konkrétní aplikaci není nutné investovat do extrémně velkého a výkonného robota. Aby robot v případě potřeby mohl přesouvat i jednotlivé zaplněné palety, musí mít dostačující nosnost pod koncem zápěstí.

Po zvážení požadavků na operaci byl vybrán standartní robot s dutým zápěstím M20iA, s maximálním dosahem 1811 mm, nosností 20 kg na zápěstí, průměrnou spotřebou energie 1 kW a s dostačující přesností 0,5 mm pro vkládání a vykládání výrobku z CNC stroje. Jedná se o dobrý kompromis mezi velikostí a silou robota, je ideální právě pro manipulaci se středně těžkými náklady. Výhodou pro podnik je určitě i štíhlost robotického ramene, které se hodí do těsných prostor mezi tři CNC stroje.

### 6.4 Návrh řešení robotizace

Po projednání požadavků podniku integrátor navrhl a zprostředkoval simulaci robotického pracoviště. Kompletní instalace se bude cenově pohybovat okolo tří miliónů korun, přičemž kalkulace zahrnuje i dopravu, instalaci, bezpečnostní

oplocení a pojezd. V tomto případě není nutné instalovat PLC systém, jelikož vlastní software robota je pro řízení dostačující. Robotický manipulátor má vedle pojezdu svou základnu, kde může po každé dávce vyměnit koncový manipulátor. Chapadlo pro obsluhování stroje je ideálně vytvořené pro manipulaci se dvěma výrobky v jeden moment. Skládá se ze dvou svěračů, které jsou vůči sobě natočené o 90°. Robot je schopný rotací měnit polohu chapadla podle toho, zda právě odebírá hotový výrobek, nebo vkládá polotovár k obrobení. Druhý koncový manipulátor kopíruje tvar pro přesouvání palety.

- Robot nejprve vybere správné chapadlo, přesune se k paletě, uchopí polotovár a přejeďe s ním k jednomu CNC stroji.
- Uchopí hotový výrobek, rotací kloubu o 90° nastaví ke stroji svěrač s polotovárem, který následně vloží do stroje.
- Upnutí a obrobení výrobku je automatizované.
- Robot se pomocí pojezdu vrací k paletě, vloží hotový výrobek do prázdné transportní jednotky a znovu pomocí rotace uchopuje polotovár a přesouvá se k druhému CNC stroji.
- Uvedené operace opakuje do doby, kdy je paleta plná.
- Následně se vrací k základně a vyměňuje chapadlo k uchopení palety.
- Přejíždí k paletám a přesouvá je tak, aby prázdnou transportní jednotku mohl využít k nakládání hotových výrobků.
- Celý proces se opakuje.

Na začátku instalace bude nutné změnit rozestavění CNC strojů do optimální polohy pro fungování robota. Implementace zabere zhruba 15–30 týdnů.



Obrázek 13 – Simulace robota ve výrobě [25]

## 6.5 Znaky investičního projektu

Od investičního projektu spočívajícího v zavedení robota investor očekává snížení nákladů, zvýšení tržeb, kapacit a bezpečnosti výroby. Investice je nezávislá na časové periodě, jde o rozvojový projekt s konvenčním peněžním tokem. Jelikož tento projekt představuje výrobu pro stávající trh, projekt je

hodnocen jako bezriziková výnosnost. Cíl tohoto projektu se shoduje se strategií firmy, kterou je stabilita, inovativnost, maximalizace zisku a udržení konkurenceschopnosti i na světovém trhu. Technickou studii k projektu podniku poskytl integrátor, zároveň při implementaci dodá veškerou technickou dokumentaci. Ekonomické zhodnocení projektu musí provést podnik interně sám.

Z důvodu toho, že o instalaci se postará důvěryhodný a zkušený integrátor, projekt je bezpečný a spolehlivý. Míra inovativnosti projektu je vysoká.

## 6.6 Posouzení efektivity investičního projektu

Po návrhu a nacenění aplikace robotického manipulátoru podnik musí zhodnotit, zda se investice dlouhodobě vyplatí, jaká bude návratnost a zda chce opravdu robota instalovat. Bude využito dynamických i statických ukazatelů. Je třeba určit obrat, rentabilitu a cash flow.

Podnik porovnává dvě alternativní možnosti, kterými je provedení robotizace, nebo zachování stávající situace.

### *Určení výdajů investice*

V tomto případě lze vycházet z orientačního nacenění aplikace integrátorem, které s sebou nese malé riziko nepřesnosti.

*Tabulka 1 – Kvantifikace nákladů*

<b>Položka</b>	<b>Částka</b>
Oplocení včetně bezpečnostních prvků – Prostorový skener, bezpečnostní optická závora	330 000 Kč
Pojezd včetně pohonu	850 000 Kč
Robot včetně chapadel a výměny nástrojů + software	1 095 000 Kč
Práce – konstrukční práce, předmontáž, montáž, programování, testování, seřízení, zaškolení obsluhy	710 000 Kč
Doprava	15 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>3 000 000 Kč</b>

Jak již bylo zmíněno, životnost robota je v průměru 10-15 let. Podnik se ale rozhodl robota obměnit po 8 letech, z morálních důvodů. Na konci užívání bude



robot likvidován prodejem do menší firmy. Předpokládaná částka za prodej použitého robota je 200 000 Kč. Pro zohlednění daňových dopadů bude využito odpisů. Robot se řadí do druhé odpisové skupiny a bude aplikováno rovnoměrné odpisování po dobu 5 let.

Tabulka 2 – Odpisování

Odpisování		
Položka	Procento odpisu	Částka
Odpis v 1. roce	11 %	330 000 Kč
Odpis v dalších letech	22,25 %	667 500 Kč

#### Určení provozních nákladů robota

Mezi variabilní náklady na provoz robotického manipulátoru patří energie. Průměrná spotřeba energie robota M-20iA činí 1 kW. Při třisměnném provozu bude robot pracovat 24 hodin denně. Velkosériová výroba v současné době platí za 1kWh dle informace získané z ČEZ Prodej s.r.o. 2,50 Kč bez DPH (které činí 21 %). Při kvantifikaci provozních nákladů investice je také nutné zahrnout zdražování elektřiny. Dle vývoje ceny od roku 2017 lze počítat s nárůstem zhruba o 15 %.

Tabulka 3 – Predikce ceny energie

Energie			
Rok	Částka	DPH	Celkem
0	31 500 Kč	6 615 Kč	38 115 Kč
1	36 225 Kč	7 607 Kč	43 832 Kč
2	41 659 Kč	8 748 Kč	50 407 Kč
3	47 908 Kč	10 061 Kč	57 968 Kč
4	55 094 Kč	11 570 Kč	66 663 Kč
5	63 358 Kč	13 305 Kč	76 663 Kč
6	72 861 Kč	15 301 Kč	88 162 Kč
7	83 791 Kč	17 596 Kč	101 387 Kč
8	96 359 Kč	20 235 Kč	116 595 Kč

Fixním nákladem robota je pozáruční servis, který se v tomto případě bude provádět jednou za rok. Záruční doba trvá 1 rok, náklady na pozáruční servisní práce za kompletní linku a robota se pohybují okolo 30 000 Kč za 1 rok.

Další nákladovou fixní položku představuje pojištění stroje. Dle finančního poradce se zpravidla jedná o částku, která činí 8 % ceny stroje za rok.

Nároky na obsluhu jsou při přesouvání materiálu nulové, jelikož robot provádí kompletní manipulaci s výrobky i s paletami. Podnik potřebuje proškoleného technika, který bude k dispozici v případě chyby procesu, nebo změny nastavení systému, pohybů robota atp. Jelikož se jedná o nepřetržitou dlouhodobou velkosériovou výrobu stejného produktu, náklady na čas technika pro tuto implementaci jsou zanedbatelné.

Při kvantifikaci provozních nákladů ovšem nesmí být opomenuto, že CNC stroje musí být jednou za směnu udržovány. Je potřeba vyměnit nástroje, doplnit potřebné kapaliny atp. Pro tuto činnost je vymezen 30minutový směnový čas technika, který bude do provozu zahrnut pomocí hodinové sazby pracovníka.

Jelikož se jedná o dlouhodobou investici, je nutné uvažovat nárůst mzdy zaměstnance. Dle statistických dat z informačního systému o průměrném výdělku lze pozorovat trend růstu mzdy pro podskupinu zaměstnání: Obsluha stacionárních strojů a zařízení jinde neuvedená. [31]

*Tabulka 4 – Nárůst platů v zaměstnání Obsluha stacionárních strojů a zařízení jinde neuvedená*

Rok	Mzda	Nárůst / Pokles	Průměr
2020	29 937 Kč	-8,5 %	3,1 %
2019	32 726 Kč	7,0 %	
2018	30 571 Kč	7,0 %	
2017	28 570 Kč	8,5 %	
2016	26 332 Kč	2,2 %	
2015	25 754 Kč	2,5 %	
2014	25 124 Kč		

Pro výpočet se zahrne průměrný mzdový nárůst 3,1 % ročně. Do průměrného nárůstu platu je započítán i výjimečný rok 2020. Je tomu tak z důvodu, že v dlouhodobém časovém horizontu životnosti investice může dojít k jevům, které způsobí propad ekonomiky. Podnik se rozhodl pro méně riskantní analýzu investice.

Na základě statistických údajů a průměrnému navýšení platů byla vypočítána hodinová sazba pro obsluhu stroje. Za předpokladu průměrného platu za rok 2020 ve výši 176 Kč za hodinu a zdravotního a sociálního pojištění zaměstnavatelem ve výši 24,8 % byly stanoveny predikované hodnoty hodinových sazeb obsluhy stroje.

Tabulka 5 – Predikovaná hodinová sazba obsluhy stroje

Roky	Hodinová sazba	Pojištění	Celkem
2021	181 Kč	45 Kč	226 Kč
2022	187 Kč	46 Kč	233 Kč
2023	193 Kč	48 Kč	241 Kč
2024	199 Kč	49 Kč	248 Kč
2025	205 Kč	51 Kč	256 Kč
2026	212 Kč	52 Kč	264 Kč
2027	218 Kč	54 Kč	272 Kč
2028	225 Kč	56 Kč	281 Kč

S využitím výše vypočtených hodnot, byly definovány provozní výdaje robotické linky.

Tabulka 6 – Predikované provozní výdaje robotizované linky za rok

Provozní náklady robota za rok					
Rok	Energie	Pozáruční servis	Obsluha CNC	Pojištění	Celkem
1	43 832 Kč	0	85 525 Kč	240 000 Kč	369 357 Kč
2	50 407 Kč	30 000 Kč	88 202 Kč	240 000 Kč	408 609 Kč
3	57 968 Kč	30 000 Kč	90 963 Kč	240 000 Kč	418 931 Kč
4	66 663 Kč	30 000 Kč	93 810 Kč	240 000 Kč	430 474 Kč
5	76 663 Kč	30 000 Kč	96 747 Kč	240 000 Kč	443 410 Kč
6	88 162 Kč	30 000 Kč	99 775 Kč	240 000 Kč	457 938 Kč
7	101 387 Kč	30 000 Kč	102 898 Kč	240 000 Kč	474 285 Kč
8	116 595 Kč	30 000 Kč	106 119 Kč	240 000 Kč	492 714 Kč

### Určení výnosů a přínosů investice

Pro přesnou kalkulaci investice, je v tomto případě nutné vyjádřit úsporu nákladů. Klíčovým faktorem bude představovat rozdíl nákladů na práci obsluhy stroje a robota.

Tabulka 7 – Predikovaná úspora za osobní náklady zaměstnance

Roky	Predikovaný plat	Pojištění	Náklady za měsíc	Náklady za rok	3 zaměst.za rok
2021	30 874 Kč	7 657 Kč	38 531 Kč	462 371 Kč	1 387 112 Kč
2022	31 841 Kč	7 896 Kč	39 737 Kč	476 844 Kč	1 430 533 Kč
2023	32 837 Kč	8 144 Kč	40 981 Kč	491 771 Kč	1 475 313 Kč
2024	33 865 Kč	8 399 Kč	42 264 Kč	507 165 Kč	1 521 495 Kč
2025	34 925 Kč	8 661 Kč	43 587 Kč	523 041 Kč	1 569 122 Kč
2026	36 019 Kč	8 933 Kč	44 951 Kč	539 413 Kč	1 618 240 Kč
2027	37 146 Kč	9 212 Kč	46 358 Kč	556 299 Kč	1 668 896 Kč
2028	38 309 Kč	9 501 Kč	47 809 Kč	573 712 Kč	1 721 137 Kč
Celkem			<b>344 218 Kč</b>	<b>4 130 616 Kč</b>	<b>12 391 848 Kč</b>

Za tři pracovníky tedy dojde za 8 let k úspoře 12 391 848 Kč. Za rok 2020 při průměrném měsíčním platu obsluhy 29 937 Kč a placení zdravotního a sociálního pojištění zaměstnavatelem ve výši 24,8 %, dosahují náklady za jednoho zaměstnance za rok 448 336 Kč. Tři zaměstnanci vyšli podnik na 1 345 010 Kč.

K výpočtu přínosů investice bude kalkulován časový fond pracovníka. Z důvodu, že podnik pracuje na třísměnný provoz, budou uvažováni tři zaměstnanci na den. Jedna směna odpovídá 8 hodinám, obsluha pracuje 5 dní v týdnu.

Tabulka 8 – Reálný čas výroby jednoho zaměstnance za rok 2021

Reálný čas výroby za jednoho zaměstnance za rok	
Pracovních dní	252 dní
Dovolená	160 hodin
Pracovních hodin	2016 hodin
Přestávka	30 minut
Obecně nutné přestávky	20 minut
Směnový čas	30 minut
Reálný čas	1520 hodin

Hodnoty v tabulce odpovídají platné legislativě a zkušenostem modelového podniku.

Časový fond třísměnné výroby ve verzi se zaměstnancem činí 4 560 hodin. Oproti tomu robot, se zohledněním třicetiminutového směnového času a ročního času na údržbu, pracuje 5 792 hodin za rok. Potenciál navýšení kapacity je 1 106 hodin, za kterých lze navíc vyrobit 13 272 kusů výrobků za rok.

#### *Určení Cash flow z investice*

Jednotkové variabilní náklady zůstávají při zachování totožného CNC stroje stejné, tudíž lze vycházet z rozdílu hodnoty celkových výnosů a celkových nákladů dané technologie. V tomto případě se bude jednat o stávající PÚ II (příspěvek na úhradu). Jak bylo vypočteno, rozdíl přínosem investice je 13 272 kusů výrobků za rok. Další úsporou při zavedení investice je absence nákladů na mzdy zaměstnanců.

Hrubý zisk (HZ) představuje rozdíl celkových úspor plynoucích z investice a provozních nákladů (PN) a odpisů (O).

$$HZ = VzNP + ÚzPZ - PN - O \quad (5)$$

VzNP            výnosy z navýšení produkce

ÚzPZ            úspora z platu zaměstnanců

Z tohoto daňového základu se vypočítá daň z příjmu, která u právnických osob nabývá hodnoty 19 %. Po odvodu daně z příjmu lze kvantifikovat čistý zisk (ČZ), z kterého po přičtení odpisu, plyne reálné cash flow (CF).

$$ČZ = HZ - \text{daň} \quad (6)$$

$$CF = ČZ + O \quad (7)$$

*Tabulka 9 – Vstupní data investice*

<b>Investice</b>	3 000 000 Kč
<b>Životnost</b>	8 let
<b>PÚ II</b>	25 Kč/ks
<b>Výše daně</b>	19 %
<b>Diskontní sazba</b>	10 %
<b>Navýšení produkce</b>	13 272 ks

Tabulka 10 – Kompletní zhodnocení investice

Roky		0	1	2	...	8	Celkem
Výnosy z navýšení produkce	[Kč]		331 800	331 800		331 800	2 654 400
Úspora z platu zaměstnanců	[Kč]		1 387 112	1 430 533		1 721 137	12 391 848
Likvidace – prodej roboty	[Kč]					200 000	200 000
Provozní náklady	[Kč]		369 357	408 609		492 714	3 495 717
Odpisy	[Kč]		330 000	667 500		0	3 000 000
Hrubý zisk	[Kč]		1 019 555	686 224		1 760 223	8 550 531
Daň	[Kč]		193 716	130 383		334 442	1 662 601
Čistý zisk	[Kč]		825 840	555 842		1 425 781	7 087 930
Cash Flow	[Kč]	-3 000 000	1 155 840	1 223 342		1 425 781	7 087 930
Kumulované Cash Flow	[Kč]	-3 000 000	-1 844 160	-620 819		7 087 930	
Diskontní faktor		1,00	0,91	0,83		0,47	
Diskontní Cash Flow = cd	[Kč]	-3 000 000	1 050 764	1 011 026		665 137	3 669 286
Kumulované dCF	[Kč]	-3 000 000	-1 949 236	-938 210		3 669 286	

Nyní budou vypočítány statické ukazatele, kterými jsou ROI a doba návratnosti PP (Payback Period).

#### *Rentabilita investice*

$$ROI = \frac{\text{Průměrný roční čistý zisk generovaný z investice}}{\text{Investice}} = \frac{885\,991}{3\,000\,000} = 30\%$$

Statický ukazatel ROI vychází velice dobře. Když je navíc zohledněn fakt, že se jedná o investici s minimálním rizikem, je tento výsledek více než dobrý.

#### *Doba návratnosti*

$$PP = \frac{\text{Investice}}{\text{Průměrný roční čistý zisk generovaný z investice}} = 2,4 \text{ roku}$$

Statická doba návratnosti vypadá pro podnik pozitivně, ovšem jedná se o metodu, která nezohledňuje pokles hodnoty peněz. V dlouhodobé investici je nutné s tímto jevem počítat.

#### *Čistá současná hodnota*

Jelikož se jedná o rozšíření stávající technologie pro stabilní trh, uvažuje se diskontní sazba 10 %. Dle Rovnice 1 čistá současná hodnota představuje sumu diskontovaných cash flow, které plynou z investice, včetně záporné hodnoty výdaje za investici v roce nula. Tento dynamický ukazatel vyšel 3 669 286 Kč, jedná se o velice solidní výsledek investice. Znamená to, že podnik bude

schopen uhradit veškeré náklady spojené s investicí a k tomu bude generovat velmi dobrý hospodářský výsledek.

#### *Vnitřní výnosové procento*

Kvantifikace dalšího dynamického ukazatele, vnitřního výnosového procenta, činí 38 %. Hodnota byla vypočítána pomocí funkce MÍRA VÝNOSNOSTI. Jedná se o hodnotu vyšší, než je diskontní sazba neboli minimální požadovaná výnosnost investice.

#### *Dynamická doba návratnosti*

Dle kumulovaného diskontního cash flow lze určit dynamickou dobu návratnosti investice. V tomto případě se jedná o 2,9 roku.

#### *Index výnosnosti*

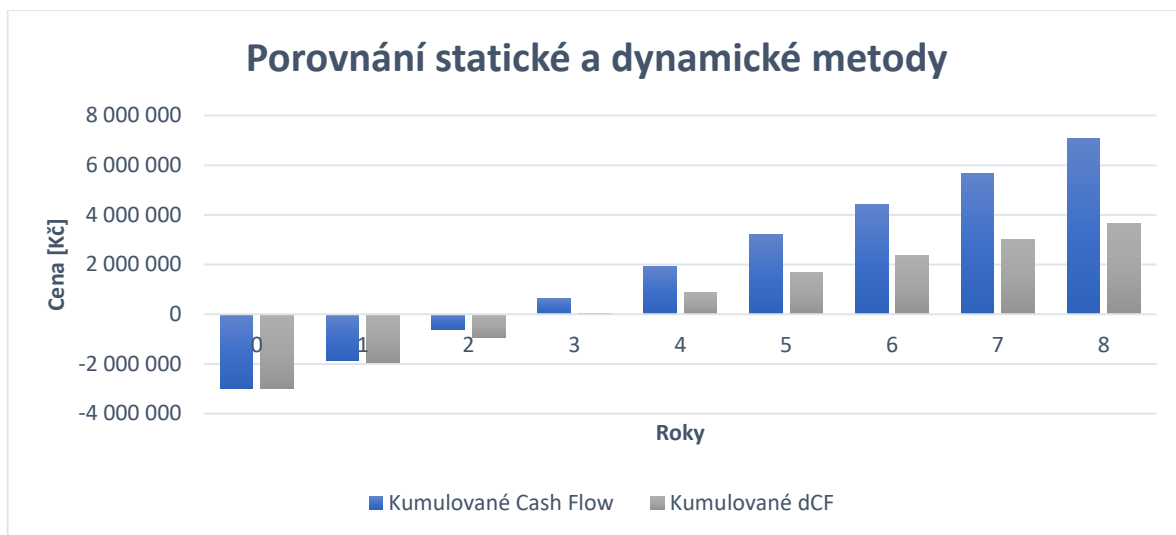
Pomocí Rovnice 4 se dynamický index výnosnosti počítá jako:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^8 dCF_i}{INV} = \frac{6\,669\,286}{3\,000\,000} = 2,223$$

Z výsledku vyplývá, že se výše investice vrátí celkem 2,223 x.

### 6.7 Celkové zhodnocení

V Grafu 2 lze pozorovat výsledky statické a dynamické metody. Obě kumulované cash flow vykazují dobu návratnosti mezi druhým a třetím rokem investice.



Graf 2 – Porovnání statické a dynamické metody hodnocení investice

Ze statické i dynamické metody vyplývá, že investice se podniku vyplatí. Všechny použité ukazatele vypadají pro podnik více než dobře. Do výpočtu ovšem vstupují pouze predikované hodnoty. Z tohoto důvodu je dobré provést citlivostní analýzu a detekovat a analyzovat ty hodnoty, které nejvíce ovlivní výsledek.

### 6.7.1 Citlivostní analýza

Pro zjištění rizikových hodnot, které by mohly mít dopad na výsledek, budou porovnány scénáře s navýšením a se snížením původní hodnoty o 30 %. V Tabulce 11 jsou uvedeny veškeré vstupy a výstupy. Procentuální změna výsledných ukazatelů od původní hodnoty je uvedena v Tabulce 12. Hodnotí se veškeré predikované vstupní parametry. Změna počtu kusů výrobku plynoucí z nárůstu kapacity a změna příspěvku na úhradu mají stejný dopad, tudíž jsou zahrnuty dohromady.



Tabulka 11 – Vstupy a výstupy scénářů

Vstupy		Výstupy		
Scénář		ČSH	VVP	I
Snížení ceny investice	2 100 000 Kč	4 569 286 Kč	56 %	3,176
Zvýšení ceny investice	3 900 000 Kč	2 769 286 Kč	27 %	1,710
Snížení diskontní sazby	7 %	2 984 716 Kč	38 %	1,995
Zvýšení diskontní sazby	13 %	4 483 401 Kč	38 %	2,494
Snížení produkce	9 290 ks	3 239 101 Kč	35 %	2,080
Zvýšení produkce	17 254 ks	4 099 470 Kč	41 %	2,366
Snížení růstu mzdy	2,2 %	3 434 375 Kč	37 %	2,145
Zvýšení růstu mzdy	4,0 %	3 898 295 Kč	39 %	2,299
Snížení růstu ceny energie	11 %	3 720 440 Kč	38 %	2,240
Zvýšení růstu ceny energie	20 %	3 607 481 Kč	37 %	2,202
Snížení ceny servisu	21 000 Kč	3 701 550 Kč	38 %	2,234
Zvýšení ceny servisu	39 000 Kč	3 637 022 Kč	38 %	2,212
Snížení procenta pojištění	6 %	3 980 419 Kč	40 %	2,327
Zvýšení procenta pojištění	10 %	3 358 153 Kč	36 %	2,119
Snížení ceny prodeje robota	140 000 Kč	3 669 286 Kč	38 %	2,223
Zvýšení ceny prodeje robota	260 000 Kč	3 691 958 Kč	38 %	2,231
Snížení životnosti	6 let	1 992 924 Kč	30 %	1,664
Zvýšení životnosti	10 let	4 049 988 Kč	36 %	2,582

Tabulka 12 – Citlivostní analýza

		-30%	Původně	+ 30%	Změna při snížení hodnoty [%]			Změna při zvýšení hodnoty [%]		
					ČSH	VVP	I	ČSH	VVP	I
<b>Cena investice</b>	[Kč]	2 100 000	3 000 000	3 900 000	24,53	49,13	42,86	-24,53	-28,53	-23,08
<b>Životnost</b>	[let]	6	8	10	-45,69	-21,23	-25,14	10,38	-5,66	16,15
<b>Diskontní sazba</b>	[%]	7	10	13	-18,66	0,00	-10,26	22,19	0,00	12,21
<b>Změna produkce</b>	[ks]	9 290	13 272	17 254	-11,72	-7,90	-6,45	11,72	7,80	6,45
<b>Změna navýšení mzdy</b>	[%]	2,2	3,1	4,0	-6,40	-3,15	-3,52	6,24	2,96	3,43
<b>Změna ceny energie</b>	[%]	10,5	15	19,5	1,39	0,62	0,77	-1,68	-0,72	-0,93
<b>Cena servisu</b>	[Kč]	21 000	30 000	39 000	0,88	0,50	0,48	-0,88	-0,50	-0,48
<b>Změna pojištění</b>	[%]	5,6	8	10,4	8,48	5,65	4,67	-0,88	-5,70	-4,67
<b>Prodej robota</b>	[Kč]	140 000	200 000	260 000	5,65	0,15	0,00	0,62	0,62	0,34

Nejcitlivějším parametrem kalkulace efektivnosti tohoto investičního projektu je pořizovací cena, životnost zařízení a volená diskontní sazba. Změna produkce neboli příspěvku na úhradu za kus, procento navýšení mzdy zaměstnanců a změna výše pojištění mají menší dopad na výsledné hodnoty.

Změna ceny energie, cena servisu a prodeje robota nemají žádný znatelný vliv na výstupní ukazatele. Je to převážně z důvodu toho, že v porovnání s úsporami, které implementací robota vzniknou, se jedná o velmi nízké částky.

### 6.7.2 Analýza rizik, krajní scénáře investice

Kvantifikace pořizovací ceny investice je provedena přímo integrátorem. Jedná se o částku, která se s největší pravděpodobností nijak radikálně měnit nebude. Nicméně v krajním případě navýšení ceny investičního projektu dojde k nezanedbatelné změně vstupních hodnot. Proto je tento citlivý faktor hodnocen jako velice závažný (stupeň 5) a velmi nepravděpodobný (stupeň 1). Je nutné, aby si podnik interně odpověděl na otázku, jaká je maximální částka, kterou je ochoten investovat. Odpověď na hranici rentability je taková výše pořizovací ceny, při které je čistá současná hodnota rovna nule. Díky nástroji Řešitel lze stanovit bod zvratu rentability investice, jde o částku 6 669 286 Kč za pořízení investice.

	A	B	C
1		Investice	6 669 286
2		Životnost	8
3		PÚ II	25
4		Výše daně	19%
5		Diskontní sazba	10%
6		Navýšení produkce	13 272
7			
8			
9		Roky	0
10		Výnosy z navýšení produkce [Kč]	
11		Úspora z platu zaměstnanců [Kč]	
12		Likvidace - prodej robota [Kč]	
13		Provozní náklady [Kč]	
14		Odpisy [Kč]	
15		Hrubý zisk [Kč]	
16		Daň [Kč]	
17		Čistý zisk [Kč]	
18		Cash Flow [Kč]	-6 669 286
19		Kumulované Cash Flow [Kč]	-6 669 286
20		Diskontní faktor	1,00
21		Diskontní Cash Flow = dCF [Kč]	-6 669 286
22		Kumulované dCF [Kč]	-6 669 286
23		Návratnost dle Kum dCF [roky]	
24			
25			
26		ČSH [Kč]	0
27		Současná hodnota [Kč]	6 669 286
28		ROI [%]	13%
29		VVP [%]	10%

**Parametry Řešitele**

Účelová funkce: \$C\$26

Hledat:  Max  Min  Hodnota: 0

Proměnné modelu: \$C\$1

Omezující podmínky:

Nastavit podmínky nezápornosti

Vyberte metodu řešení: Simplexová metoda

Možnosti: Přidat, Změnit, Odstranit, Vynulovat vše, Načíst nebo uložit

Obrázek 14 – Výpočet bodu zvratu ceny investice pomocí nástroje Řešitel

Nakonec lze kvantifikovat procentuální hodnotu bezpečnostní marže ceny ( $S_I$ ).

$P_I$  Cena investice

$P_{I\text{BEP}}$  Hraniční cena rentability neboli bod zvratu (Break Even Point)

$$S_I = \frac{p_{I\text{BEP}} - p_I}{p_{I\text{BEP}}} \cdot 100 = 55 \% \quad (8)$$

Z výpočtu vyplývá, že se cena investice může navýšit o 55 % a stále bude rentabilní.

Následujícím citlivým parametrem je doba životnosti. Vzhledem ke kvalitě produktu a kvalifikovanosti integrátora je nepravděpodobné, že by investiční majetek měl kratší dobu životnosti. V případě poruchy výrobce garantuje dodání potřebných komponent do druhého dne po dobu dvaceti pěti let. Tento parametr je hodnocen jako velmi nepravděpodobný (stupeň 1) a středně závažný (stupeň 3). Pro zjištění doby zvratu lze pouze využít již vypočítaný ukazatel dynamické doby návratnosti, který činí 2,9 roku.

Posledním důležitým parametrem, je volená diskontní sazba. Bod zvratu diskontní sazby neboli případ, kdy se čistá hodnota rovná nule, je hodnota vnitřního výnosového procenta. Ta představuje 38 %. Diskontní sazba zahrnuje inflaci, riziko a ušlý zisk. Vyjmenované faktory se z dlouhodobého hlediska mohou změnit. Jedná se tedy o středně závažný parametr (stupeň 3) se střední pravděpodobností změny (stupeň 3).

Mezi faktory s relativně malým dopadem na výsledek investice patří navýšení produkce neboli snížení příspěvku na úhradu II. Pokud by byla uvažována taková varianta investičního propočtu, při které by nedošlo k navýšení produkce, nebo by příspěvek na úhradu byl roven nule, vypadal by tento scénář dle Tabulky 13.

Tabulka 13 – Scénář bez úspory z navýšení produkce

Roky		0	1	2	...	8	Celkem
Výnosy z navýšení produkce	[Kč]		0	0		0	0
Úspora z platu zaměstnanců	[Kč]		1 387 112	1 430 533		1 721 137	12 391 848
Likvidace – prodej roboty	[Kč]					200 000	200 000
Provozní náklady	[Kč]		369 357	408 609		492 714	3 495 717
Odpisy	[Kč]		330 000	667 500		0	3 000 000
Hrubý zisk	[Kč]		687 755	354 424		1 428 423	5 896 131
Daň	[Kč]		130 674	67 341		271 400	1 158 265
Čistý zisk	[Kč]		557 082	287 084		1 157 023	4 937 866
Cash Flow	[Kč]	-3 000 000	887 082	954 584		1 157 023	4 937 866
Kumulované Cash Flow	[Kč]	-3 000 000	-2 112 918	-1 158 335		4 937 866	
Diskontní faktor		1,00	0,91	0,83		0,47	
Diskontní Cash Flow = dCF	[Kč]	-3 000 000	806 438	788 912		539 760	2 235 482
Kumulované dCF	[Kč]	-3 000 000	-2 193 562	-1 404 650		2 235 482	

Čistá současná hodnota by byla rovna 2 235 482 Kč, tudíž by se snížila o 1 433 804 Kč. Vnitřní výnosové procento by vycházelo o 10 procent méně a index návratnosti by se změnil z hodnoty 2,223 na hodnotu 1,745.

Navýšení produkce nesouvisí jen se samotnou investicí, nýbrž ovlivňuje i další sektory podniku. Je nutné zvážit další náklady a dostupnosti kapacit, jde například o skladování většího počtu výrobků, náklady na logistiku, samotnou distribuci výrobků atp. Faktor navýšení produkce má relativně malý vliv na výsledek hodnocení investice, tudíž je považován za velmi nízké závažný (stupeň 1) a jeho změna je středně pravděpodobná (stupeň 3). Parametr výše příspěvku na úhradu II je zhodnocen stejně, jako navýšení kapacity.

Poslední možností, která může mít znatelný dopad na výsledek investice, je navýšení mzdy. Při uvažování extrémního scénáře, kdy by každoročně docházelo k poklesu platů o 10 %, by stále současná hodnota vycházela 1 160 420 Kč. Vnitřní výnosové procento by činilo 22 % a index výnosnosti by nabýval hodnoty 1,387. Při uvažování tohoto scénáře by byl ovšem kladen důraz na navýšení produkce, která by představovala stabilní zdroj příjmů.

Změna výše pojištění je spíše nepravděpodobná, jelikož se zpravidla jedná o předem danou smluvní hodnotu po domluvě s pojišťovnou. Zvýšení tohoto faktoru má relativně malý důsledek na výstupní ukazatele, takže je hodnocen jako málo pravděpodobný s nízkou závažností (stupně 1).

Závěrem lze konstatovat, že se nejedná o rizikovou investici a žádný z krajních scénářů nemá katastrofální dopad. Podnik po detailní analýze investičního projektu schválil integrátorovi jeho kalkulaci a zahájil instalaci robotického manipulátoru.

## 7. Závěr

Tato práce komplexně shrnuje proces zavedení průmyslového robota do výroby. V teoretické části je kladen důraz na důležitost postupné transformace průmyslových firem na digitální podniky, zejména kvůli zachování konkurenceschopnosti, inovativnosti, ekonomické stability a uplatnitelnosti jak na evropském, tak i světovém trhu.

Zmínka patří také klíčovým technologiím digitalizace, kterými jsou mimo jiné právě prvky automatizace. Jedná se o Internet of Things, PLC systémy a samotnou robotizaci. Následující část práce je věnována technickému pohledu na průmyslové roboty a postavení České republiky v kontextu robotizace. V rámci rozvoje malých a středních podniků, jsou zrekapitulovány možné podpůrné projekty. Mimo obecných technických parametrů a bezpečnosti při fungování s roboty, práce pojednává o konkrétních typicky využívaných robotizovaných operacích průmyslové výroby. Na základě rozhovoru s výrobcem robotů Fanuc, jsou sumarizovány vybrané typy robotů a jejich nejčastější využití ve výrobě. Závěrem části věnované technické stránce problematiky je dle konzultací s výrobcem robotů Fanuc a integrátorem firmy DESSEQ detailně popsán postup zákazníka při implementaci robota. Jsou zohledněny dvě alternativy, proces může probíhat buď ve spolupráci s integrátorem, nebo přímo s výrobcem. Poté se práce věnuje ekonomickému zhodnocení investičního projektu, kterým instalace robotizované linky nepochybně je. Ekonomická část se věnuje jednotlivým fázím investičního rozhodování, shrnuje použitelné metody hodnocení efektivity a analýzy rizik.

V praktické části je uvažován modelový velkosériový výrobní podnik, který má zájem o instalaci robotizované linky. Dle teoretické části je vylíčen způsob procesu implementace robotického manipulátoru ve spolupráci s integrátorem. Na základě analýzy konkrétních parametrů výroby je navržen vhodný typ robota, včetně pojezdu, dvou různých koncových efektorů

a bezpečnostních prvků. Po obdržení kalkulace robotizované linky přímo od integrátora je zhodnocen investiční projekt. Při detailním rozebrání a odhadování všech parametrů, které do investice vstupují, je kladen důraz na faktor času. Predikce hodnot bere v potaz postupné navyšování platů, ceny energií a reálný nárůst časové kapacity při využití robota. Pomocí citlivostní analýzy byly detekovány rizikové parametry, které mohou ovlivnit rentabilitu investice. Závěrem byly zváženy všechny krajní scénáře, které by se mohly jevit jako rizikové. Po důkladné analýze byl tento investiční projekt zhodnocen jako velice dobrý a minimálně rizikový.

Z bakalářské práce vyplývá, že investice do průmyslového robota je za určitých podmínek výhodná pro všechny výrobní podniky. Pro velké podniky je robotizace téměř samozřejmostí. Malým a středním podnikům se otevírají dveře robotizace díky častějšímu využívání lehkých intuitivních kolaborativních robotů, spolu se strategickými projekty digitalizace na podporu malých a středních podniků v České republice. Je dobré vnímat automatizaci nejen jako investici k usnadnění monotónní práce, navýšení kapacity, bezpečnosti a přesnosti, ale i jako investici do budoucna. Myšlenka digitálního podniku představuje dlouhodobý cíl nejen průmyslového sektoru. Postupná transformace vyžaduje změny v myšlení, na trhu práce, ale i ve vzdělávání a odbornosti pracovníků.

V návaznosti na tuto práci by mohl být vytvořen jednotný web pro potenciální zájemce o robotizované pracoviště. Na základě vstupních dat, jako například typ operace, hmotnost a velikost manipulovaného výrobku, velikost pracoviště, typ spolupráce s člověkem, kvalita osvětlení na pracovišti atd., které by zadal sám zákazník, by byl vybrán robot s optimálními vlastnostmi. Tento systém by přímo generoval předběžnou kalkulaci a zjednodušil by přípravný proces implementace průmyslového robota.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] TOKODY, Dániel. *Digitising the European industry - holonic systems approach: Procedia Manufacturing* [online]. (22), 8 [cit. 2020-11-26]. ISSN 2351-9789. Dostupné z:  
[doi:https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.144](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.144)
- [2] ÜSTÜNDAĞ, Alp a Emre ÇEVİKCAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation* [online]. Cham, Switzerland: Springer, 2018 [cit. 2021-03-19]. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-3-319-57870-5.
- [3] *Digital Economy and Society Index (DESI) 2020: Thematic chapters* [online]. European Commission, 2020 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z:  
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>
- [4] *Index digitální ekonomiky a společnosti (DESI) 2020: Česko* [online]. European Commission, 2020 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z:  
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/czech-republic>
- [5] PŘIBYL, Tomáš a Michal KOHÚT. *Dopady Průmyslu 4.0 na kybernetickou bezpečnost* [online]. In: . s. 16 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z:  
<https://docplayer.cz/25852639-Dopady-prumyslu-4-0-na-kybernetickou-bezpecnost-ing-tomas-pribyl-ing-michal-kohut.html>
- [6] HOFREITER, Milan. *Základy automatického řízení* [online]. V Praze: České vysoké učení technické, 2012 [cit. 2020-12-02]. ISBN 978-80-01-05007-1.



- [7] GUPTA, A.K., S.K. ARORA a Jean WESTCOTT. *Industrial Automation and Robotics*. Dulles, VA, USA: Mercury Learning & Information, 2015. ISBN 978-1-938549-30-4.
- [8] SUN, Bei, Sirkka-Liisa JÄMSÄ-JOUNELA, Yancho TODOROV, Laurentz E. OLIVIER a Ian K. CRAIG. *Perspective for equipment automation in process industries* [online]. 2017, (50) [cit. 2020-12-02]. ISSN 2405-8963. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.12.012>
- [9] JAVED, Muhammad, Faiz MURAM, Hans HANSSON, Sasikumar PUNNEKKAT a Henrik THANE. *Towards dynamic safety assurance for Industry 4.0* [online]. 2020, (101914) [cit. 2020-12-06]. ISSN 1383-7621. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2020.101914>
- [10] REGGIO, Gianna, Maurizio LEOTTA, Maura CERIOLI, Romina SPALAZZESE a Fahed ALKHABBAS. *What are IoT systems for real? An experts' survey on software engineering aspects* [online]. 2020, (100313) [cit. 2020-12-03]. ISSN 2542-6605. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100313>
- [11] MINERVA, Roberto, Abyi BIRU a Domenico ROTONDI. *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*. *IEEE Internet Initiative* [online]. Telecom Italia S.p.A., 2015, 86 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: [https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27MAY15.pdf](https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf)
- [12] TASCA, Laurence, Edison PIGNATON DE FREITAS a Flávio WAGNER. *A study on the performance impact of programmable logic controllers based on enhanced architecture and organization, Microprocessors and*

- Microsystems* [online]. 2020, (103082) [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103082>
- [13] MILLER, Mark a Rex MILLER. *Robots and robotics: principles, systems, and industrial applications*. New York: McGraw-Hill Education, 2017. ISBN 978-125-9859-786.
- [14] ROSS, Larry, Stephen FARDO a Michael WALACH. *Industrial robotics fundamentals: theory and applications*. Third edition. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, 2018. Robotics theory and industrial applications. ISBN 978-1-63126-941-7.
- [15] SMUTNÝ, Vladimír. *Robotika: Úvod do kinematiky* [online]. In: . Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) České vysoké učení technické v Praze, s. 32 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/ROB/roblec/kinematika-notecz.pdf>
- [16] FORMÁNEK, Josef. *Podklady k uspořádání řídicím systémům i řízení manipulátorů a robotů* [online]. , 13 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvyka-arvt/Data/ivk-arvt-soubory/14-F.pdf>
- [17] HOTAŘ, Vlastimil. *Průmyslové roboty a manipulátory* [online]. In: . Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojí, 2019 [cit. 2020-12-03].
- [18] ZABALZA, Jaime, Fei ZIXIANG a Wong CUEBONG. *Smart Sensing and Adaptive Reasoning for Enabling Industrial Robots with Interactive Human-Robot Capabilities in Dynamic Environments—A Case Study* [online]. [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/s19061354>

- [19] Executive Summary World Robotics 2020 Industrial Robots. *World Robotics 2020 edition* [online]. IFR: International Federation of Robotics [cit. 2021-03-21]. Dostupné z:  
[https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive\\_Summary\\_WR\\_2020\\_Industrial\\_Robots\\_1.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf)
- [20] *World Robotics 2020 edition: IFR Press Conference* [online]. Frankfurt: IFR International Federation of Robotics, 2020 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z:  
[https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation\\_WR\\_2020.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation_WR_2020.pdf)
- [21] *Firmy používající průmyslové roboty* [online]. In: . Český statistický úřad [cit. 2021-06-05]. Dostupné z:  
[https://www.czso.cz/documents/10180/122362688/06200520088.pdf/d11803ce-1606-4ad4-842a-42a4c0658948?redirect=https%3A%2F%2Fwww.czso.cz%2Fcsu%2Fczso%2Fdigitalni-dovednosti-2018%3Fp\\_\\_p\\_\\_id%3D3%26p\\_\\_p\\_\\_lifecycle%3D0%26p\\_\\_p\\_\\_state%3Dmaximized%26p\\_\\_p\\_\\_mode%3Dview%26\\_\\_3\\_\\_groupId%3D0%26\\_\\_3\\_\\_keywords%3Droboty%26\\_\\_3\\_\\_struts\\_\\_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26\\_\\_3\\_\\_redirect%3D%252Fweb%252Fczso%252Fkatalog-produktu-vydavame](https://www.czso.cz/documents/10180/122362688/06200520088.pdf/d11803ce-1606-4ad4-842a-42a4c0658948?redirect=https%3A%2F%2Fwww.czso.cz%2Fcsu%2Fczso%2Fdigitalni-dovednosti-2018%3Fp__p__id%3D3%26p__p__lifecycle%3D0%26p__p__state%3Dmaximized%26p__p__mode%3Dview%26__3__groupId%3D0%26__3__keywords%3Droboty%26__3__struts__action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26__3__redirect%3D%252Fweb%252Fczso%252Fkatalog-produktu-vydavame)
- [22] *STRATEGIE PODPORY MALÝCH A STŘEDNÍCH PODNIKŮ V ČESKÉ REPUBLICE: PRO OBDOBÍ 2021–2027* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2021 [cit. 2021-06-05]. Dostupné z:  
<https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/male-a-stredni-podnikani/studie-a-strategicke-dokumenty/2021/3/Strategie-podpory-MSP-v-CR-pro-obdobi-2021-2027.pdf>

- [23] *DotaceEU: Zastřešující portál Evropských strukturálních a investičních fondů v ČR* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.dotaceeu.cz/cs/uvod>
- [24] *Harmonogram výzev OP PIK pro rok 2021* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2021/2021/3/Harmonogram-OPPIK\\_\\_2021.xlsx](https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2021/2021/3/Harmonogram-OPPIK__2021.xlsx)
- [25] *Informace z firmy Fanuc.2021*
- [26] *Průmyslové roboty FANUC přehled sortimentu* [online]. [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty>
- [27] *Informace z firmy DESSEQ 2021.*
- [28] VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-869-2901-9.
- [29] KOŽÍŠEK, Jan, Barbora STIEBEROVÁ a Miroslav ŽILKA. *Rozhodovací modely pro manažery v průmyslové praxi*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2020. ISBN 978-80-01-06698-0.
- [30] STROUHAL, Jiří. *Účetní souvztažnosti podnikatelských subjektů*. 3. vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2020. Účetnictví (Wolters Kluwer). ISBN 978-80-7598-642-9.
- [31] *ISVP - Informační systém o průměrném výdelku: Mzdová sféra ČR - 1. pololetí 2020* [online]. 2020 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.ispv.cz/cz/Vysledky-setreni/Archiv/2020.aspx>

## 9. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Grafické zobrazení parametrů digitalizace ČR [4].....	3
Obrázek 2 – Integrace digitální technologie členských států EU [3].....	4
Obrázek 3 – Grafické zobrazení počtu ročních instalací průmyslových robotů [20].....	14
Obrázek 4 – Bezpečnostní optické senzory.....	19
Obrázek 5 - Bezpečnostní oplocení [18].....	19
Obrázek 6 – Průmyslový robot R-2000iC/165F [16].....	20
Obrázek 7 – M-20iD/25 [16].....	20
Obrázek 9 – Robot Delta M-1iA/1H [20].....	21
Obrázek 8 – LR Mate 200iD [16].....	21
Obrázek 10 – Lehký kolaborativní robot CRX-10iA [16].....	22
Obrázek 12 – Průmyslově-kolaborativní robot CR-15iA [26].....	23
Obrázek 11 – Průmyslově-kolaborativní robot CR-35iA [26].....	23
Obrázek 13 – Simulace robota ve výrobě [25].....	39
Obrázek 14 – Výpočet bodu zvratu ceny investice pomocí nástroje Řešitel ...	50

## 10. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Kvantifikace nákladů.....	40
Tabulka 2 – Odpisování .....	41
Tabulka 3 – Predikce ceny energie .....	41
Tabulka 4 – Nárůst platů v zaměstnání Obsluha stacionárních strojů a zařízení jinde neuvedená .....	42
Tabulka 5 – Predikovaná hodinová sazba obsluhy stroje .....	43
Tabulka 6 – Predikované provozní výdaje robotizované linky za rok.....	43
Tabulka 7 – Predikovaná úspora za osobní náklady zaměstnance .....	44
Tabulka 8 – Reálný čas výroby jednoho zaměstnance za rok 2021 .....	44
Tabulka 9 – Vstupní data investice .....	45
Tabulka 10 – Kompletní zhodnocení investice .....	46
Tabulka 11 – Vstupy a výstupy scénářů .....	49
Tabulka 12 – Citlivostní analýza.....	49
Tabulka 13 – Scénář bez úspory z navýšení produkce .....	52

## 11. Seznam rovnic

(1) – Čistá současná hodnota.....	33
(2) – Index ziskovosti.....	33
(3) – Doba návratnosti .....	34
(4) – Index výnosnosti.....	35
(5) – Hrubý zisk .....	45
(6) – Čistý zisk .....	45
(7) – Cash flow .....	45
(8) – Bezpečnostní marže .....	51

## 12. Seznam grafů

Graf 1 – Firmy používající průmyslové roboty [21], vlastní zpracování.....	15
Graf 2 – Porovnání statické a dynamické metody hodnocení investice .....	48