



Inštitút pre výskum
práce a rodiny

Dopady Priemyslu 4.0 a digitalizácie na pracovné podmienky a BOZP

I. etapa

Správa z výskumnej úlohy

RNDr. Miroslava Kordošová, PhD.



Inštitút pre výskum
práce a rodiny

Dopady Priemyslu 4.0 a digitalizácie na pracovné podmienky a BOZP

I. etapa

Správa z výskumnej úlohy

Zodpovedná riešiteľka: RNDr. Miroslava Kordošová, PhD.

Bratislava, 2021

Výskumná úloha:

Dopady Priemyslu 4.0 a digitalizácie na pracovné podmienky a BOZP

Zadávatel' úlohy:

Sekcia práce, MPSVR SR

Zodpovedná riešiteľka:

RNDr. Miroslava Kordošová, PhD.

Obdobie riešenia výskumnej úlohy:

január 2021 – december 2021

Uloženie výstupu:

© Inštitút pre výskum práce a rodiny, Špitálska 25, 27, 812 41 Bratislava

Forma archivácie:

printová, elektronická

Počet výtlačkov:

5 (päť)

Obrázok na titulnej strane:

pixabay

Text neprešiel jazykovou korektúrou.

Anotácia:

Výskumný projekt sa zameriava najmä analýzu a spoznanie procesov a dopadov Priemyslu 4.0 a digitalizácie na pracovné podmienky, pracovné prostredie a bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. Výskumná úloha poskytuje informácie o trendoch v oblasti zavádzania konceptu Priemysel 4.0 a digitalizácie v SR do podnikov a organizácií. Poukazuje na ohrozenia a riziká, ktoré so sebou prináša umelá inteligencia, roboty a digitalizácia pre zamestnancov a zamestnávateľov pri práci s novými technológiami, novými zariadeniami. Zaoberá sa dopadmi na pracovné podmienky, pracovné prostredie a čiastočne aj trh práce. Ide o 2-ročný výskumný projekt na roky 2021 a 2022. Výskumný projekt je v súlade so Stratégiou politiky BOZP v SR na roky 2021 až 2027 a programom jej realizácie na roky 2021 – 2023 a pripravovanými Hlavnými prioritami výskumu BOZP v EÚ na roky 2021 až 2023.

Kľúčové slová:

Priemysel 4.0, digitalizácia, roboty, BOZP, pracovné podmienky

Annotation:

The research project mainly focuses on the analysis and recognition of the processes and impacts of the Industry 4.0 and digitalization on the working conditions, working environment and occupational safety and health. The research task provides information on trends in the introduction of the concept of Industry 4.0 and digitalisation in the Slovak Republic into enterprises and organisations. It highlights the threats and risks posed by artificial intelligence, robots and digitalization for employers' employees when working with new technologies and new devices. It deals with the impact on working conditions, the working environment and, partially, the labour market. It is a 2-year research project for 2021 and 2022. The research project is in line with the OSH Policy Strategy in the Slovak Republic for 2021 – 2027 and its implementation programme for 2021 – 2023 and the forthcoming EU OSH Research Main Priorities for 2021 – 2023

Keywords:

Industry 4.0, digitalization, robots, OSH, working conditions

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

AR – rozšírená realita, z. angl. augmented reality

Bitkom – Organizácia Bitcom, združujúca startupy v Nemecku

BOZP – bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci

CDI – centrum digitálnych inovácií

CEN – Európsky výbor pre normalizáciu (CEN)

CPS – kyberneticko-fyzikálne systémy, z angl. cyber-physical systems

CRM – manažment na riadenie vzťahu so zákazníkmi, z angl. customer relationship management

EA BOZP (EU-OSHA) – Európska agentúra pre BOZP

EDI – elektronická výmena dát, ktorá optimalizuje dodávateľské procesy, z angl. electronic data interchange

EF – Eurofound, Európska nadácia pre zlepšovanie životných a pracovných podmienok

EHS – Európske hospodárske spoločenstvo

EMC – elektromagnetická kompatibilita, z angl. electromagnetic compatibility

EMF – elektromotorická sila, z angl. electromotive force

ERP – systém optimalizácie plánovania podnikových zdrojov, z angl. enterprise resource planning

ESENER – Európsky prieskum podnikov o nových a vznikajúcich rizikách agentúry EU-OSHA

GPS – globálny lokalizačný systém

IA – AI – umelá inteligencia, z angl. artificial intelligence

IKT – informačné a komunikačné technológie

ILO – Medzinárodná organizácia práce, z angl. International Labour Organization

IoT – internet vecí, z angl. Internet of Things

IP – Inšpektorát práce

KOZ SR – Konfederácia odborových zväzov SR

MOP – Medzinárodná organizácia práce

MPSVR SR – Ministerstvo práce, sociálnych vecí a rodiny SR

MZ SR – Ministerstvo zdravotníctva SR

NIP – Národný inšpektorát práce

OECD – Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj, z angl. Organisation for Economic Co-operation and Development

OOPP – osobné ochranné pracovné prostriedky

PLM – riadenie životného cyklu výrobku, z angl. product lifecycle management

RDIF – systém slúžiaci na sledovanie skladových zásob, z angl. Radio Frequency Identification

SZO – Svetová zdravotnícka organizácia

ÚVZ SR – Úrad verejného zdravotníctva SR

VDMA – Organizácia združujúca výrobcov strojov v Nemecku a Európe

WHO – World Health Organization – Svetová zdravotnícka organizácia

ZP – Zákonník práce

ZVEI – German Electro and Digital Industry Association

5G – označenie telekomunikačnej siete 5G

ZOZNAM GRAFOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

Graf č. 1 Prehľad možnej miery automatizácie a percentuálneho pomeru výrazne ohrozených pracovných miest v jednotlivých krajinách

Graf č. 2 Graf pre určenie výkonnostnej úrovne PL

Obr. č. 1 Vývoj priemyselných revolúcií

Obr. č. 2 Grafické znázornenie Priemyslu 4.0

Obr. č. 3 Princíp komunikácie v rámci Stratégie Priemysel 4.0

Obr. č. 4 Digitálny reťazec

Obr. č. 5 Základné rysy I.4

Obr. č. 6 Fázy vývoja I.4

Obr. č. 7 Vzájomné vzťahy v digitálnej továrni

Obr. č. 8 Výhody I 4.0

Obr. č. 9 Základné body digitálnej transformácie v EÚ (digitálny kompas)

Obr. č. 10 Sériové roboty

Obr. č. 11 Paralelné a hybridné roboty

Obr. č. 12 Pohľad na robotizované pracovisko

Obr. č. 13 Príklad bezpečnostného oplotenia robotického pracoviska

Obr. č. 14 Dverný bezpečnostný zámok a monitorovanie vstupu

Obr. č. 15 Príklady nášľapných rohoží v pracovisku robota

Obr. č. 16 Chirurgický systém da Vinci

Obr. č. 17 Senhance Robot asistent

Obr. č. 18 Robot Pepper

Obr. č. 19 Robot Robear

Obr. č. 20 Vývojový diagram postupu posudzovania rizika

Obr. č. 21 Mechanické nebezpečenstvo

Obr. č. 22 Porovnanie kolaboratívneho a priemyselného robota

Obr. č. 23 Príklady typov kobotov

Obr. č. 24 Nohavicová stolička CEX

Obr. č. 25 Softvér Siemens Tecnomatix

Obr. č. 26 Celotelový exoskeleton

Obr. č. 27 Percentuálne podiely pracovníkov s MSD poruchami v Európe

Obr. č. 28 Klasifikačná schéma pre typy inteligentných OOPP

Obr. č. 29 Budúci pracovník v stavebníctve-vybavený smart zariadeniami a OOPP

Obr. č. 30 Smart OOPP v praxi a príklad vzájomného prepojenia

Obr. č. 31 Konfigurácia náramku, prilby a opasku

Obr. č. 32 Schematické znázornenie prepojenia OOPP so senzormi a smart technológiami

Obr. č. 33 Rôzne typy „wearables“

Obr. č. 34 Podiel zapamätaných informácií pri použití VR pri školení

Obr. č. 35 Využitie VR pri školení prvej pomoci od firmy 4 HelpVR

Obr. č. 36 Komplexný model pre riadenie nových a novo vznikajúcich rizík využitím VR

Tab. č. 1 Opatrenia na zaistenie bezpečnosti pracovísk s kolaboratívnymi robotmi

Tab. č. 2 Zobrazenie zhodnotenia rizika a ich porovnanie (PLr a PL)

Tab. č. 3 Porovnanie priemyselných a kolaboratívnych robotov

Tab. č. 4 Výhody a nevýhody používania kolaboratívnych robotov

Tab. č. 5 Opatrenia na zaistenie bezpečnosti pracovísk s kolaboratívnymi robotmi

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1 Posudzovanie rizika s robotmi

Príloha č. 2 5 vecí, ktoré by ste mali vedieť pri práci s robotmi

Príloha č. 3 Výhody využívania VR pri vzdelávaní v podniku

OBSAH

ÚVOD	8
I. VÝSKUMNÁ ÚLOHA – CIELE A PRÍSTUP K JEJ RIEŠENIU.....	10
II. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ A ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA.....	16
2.1 Priemysel 4.0	16
Podstata Industry 4.0	16
Základné rysy Industry 4.0	23
2.2 Automatizácia a digitalizácia	26
2.3 Prínosy a riziká Industry 4.0	31
2.4 Vplyv Industry 4.0 na ľudské zdroje	34
2.5 Iniciatívy podporujúce Industry 4.0, digitalizáciu a digitálnu transformáciu	37
2.5.1 Slovenská republika	37
2.5.2 Európska únia	39
2.6 Aktivity EU-OSHA v oblasti digitalizácie, robotizácie a pracovných podmienok	45
III. DOPADY PRIEMYSLU 4.0, AUTOMATIZÁCIE A DIGITALIZÁCIE NA PRACOVNÉ PODMIENKY A BOZP	49
3.1 Priemysel 4.0 a pracovné podmienky	49
3.2 Priemysel 4.0, BOZP a starostlivosť o zdravie v práci	52
IV. ROBOTIKA, ROBOTY A ICH DOPADY NA BOZP	60
4.1 Robotika.....	60
4.2 Vplyv robotizácie na kultúru bezpečnosti na pracoviskách	64
4.3 Roboty, koboty, exoskelety a inteligentné OOPP	67
4.3.1 Roboty a robotizované pracoviská	67
4.3.2 Legislatívne požiadavky a normy na bezpečnosť práce s robotmi a robotickými systémami	80
4.3.3 Nehody a úrazy na pracoviskách s robotmi	83
4.3.4 Posúdenie rizika pri práci s robotmi a bezpečnostné opatrenia	85
4.3.5 Koboty	95
4.3.6 Exoskelety	107
4.3.7 Inteligentné osobné ochranné pracovné prostriedky	115
4.3.8 Nositeľné zariadenia na pracovisku	124
4.3.9 Virtuálna realita a BOZP	127
ZÁVER	137
RESUMÉ	139
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY A ZDROJOV.....	141
PRÍLOHY	151
Príloha č. 1	152
Príloha č. 2	154
Príloha č. 3	159

ÚVOD

„Priemysel 4.0 prinesie zmeny, ktoré zatiaľ v modernej ľudskej histórii nemajú obdobu. Potreba zavádzať do praxe najnovšie technológie, ako AI, blockchain alebo 5G, je obrovská. Ako sme mohli vidieť počas krízy koronavírusu, najviac sa darilo práve tým, ktorí vďaka novým technológiám dokázali fungovať bez obmedzení,“ hovorí Tomáš Kolder, PR manažér technologickej spoločnosti Huawei.

Ľudstvo vo svojej histórii prešlo zatiaľ tromi veľkými priemyselnými revolúciami. Od zavedenia mechanickej výroby na konci osemnásteho storočia, cez prvé továrenské pásy, až po IT systémy, ktoré doviedli automatizáciu práce k doposiaľ nevídaným métam. V súčasnosti už prebieha naplno aj tzv. revolúcia Priemysel 4.0. Podľa expertov budú zmeny v dôsledku 4. priemyselnej revolúcie tak výrazné, že úplne zmenia doterajšie fungovanie ekonomiky, administratívy, akademickej sféry a aj občianskej spoločnosti. Rýchlosť, akou budú tieto zmeny prebiehať, sú nepriamym odzrkadlením tzv. Moorovho zákona. Ten hovorí, že každé dva roky sa kapacita mikročipov v počítačoch zdvojnásobí, zatiaľ čo ich cena sa zníži o polovicu. Ak sa teda napríklad podniky neprispôbia prirodzeným zmenám na trhu, môžu v krátkom čase nenávratne zaostať za konkurenciou. Priemysel 4.0 je úzko spätý s pojmom digitálna revolúcia. Za úplný začiatok tohto procesu môžeme považovať už príchod prvých počítačov. Najväčšie zmeny nás však ešte len čakajú, a to v podobe plne automatizovanej výroby, vzájomnej prepojenosti systémov, smart technológii, Internetu vecí alebo 5G. Rozhodujúcim faktorom úspechu je práve rýchlosť a flexibilita zavádzania nových technológií do praxe.

Priemysel 4.0 a je dôsledkom rozvoja technológií Internetu vecí IoT (Internet of Things), kognitívnych počítačov, cloudových serverov a digitalizácie procesov. Charakteristickými znakmi tohto nového priemyselného rozvoja sú monitorovanie jednotlivých fáz produkcie a prepájanie jednotlivých inteligentných zariadení a senzorov cez Internet vecí. Tieto zmeny budú mať viacero dopadov na organizáciu práce, štruktúru podnikov a priemyslu a pracovné miesta, ktoré vzniknú a zaniknú. Bude to znamenať aj rozvoj nových foriem práce a zamestnávania, ktoré v súčasnosti nie sú zadefinované v legislatíve. Z toho pohľadu je nevyhnutné sa zamerať na predpokladané dopady vývoja v hospodárstve a navrhnúť odporúčania rozvoja pracovno-právnych vzťahov, regulačného rámca a možných politík v kontexte Priemyslu 4.0.

Ak máme zvládať procesy technologických inovácií, musíme detailne analyzovať, aké má ich zavádzanie do praxe vplyv na pracovné vzťahy, pracovné podmienky, systémy sociálneho zabezpečenia, ale aj vzdelávacie procesy a kvalifikáciu. „Dôležité je zvýšiť investície do zručností, pretože tie sú kľúčové pri uplatnení sa na trhu práce v nových podmienkach. Aj preto už Európska komisia prijala nový program v oblasti zručností pre Európu“, vysvetľuje komisárka EÚ pre zamestnanosť, sociálne záležitosti, zručnosti a pracovnú mobilitu, Marianne Thyssen.

Pôsobenie 4. priemyselnej revolúcie, digitalizácia, umelá inteligencia, robotizácia, používanie kobotov, prinášajú so sebou aj ohrozenia, nebezpečenstvá a riziká, ktoré majú dopad na bezpečnosť a zdravie zamestnancov, na pracovné podmienky, na pracovnoprávne vzťahy, ale aj na kultúru práce v podnikoch a organizáciách. Uvedenými skutočnosťami sa zaoberá aj predkladaná správa z riešenia 1. etapy výskumnej úlohy.

Predkladaná správa predstavuje I. etapu riešenia dvojročného výskumného projektu a výsledky a zistenia budú podkladom pre riešenie II. etapy v roku 2022. Obsahuje analýzu problematiky z pohľadu expertov na danú oblasť, prehľad aktivít kompetentných inštitúcií a prehľad literatúry v danej oblasti.

Výskumná úloha vyplynula zo Stratégie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci Slovenskej republiky na roky 2021 až 2027 a program jej realizácie na roky 2021 – 2023: Zamerať aktivity v oblasti BOZP vrátane výskumu na nové riziká súvisiace s novými technológiami a uplatňovaním konceptu inteligentného priemyslu (digitalizácia, automatizácia, robotika a umelá inteligencia), riziká súvisiace s novými formami práce a demografickým vývojom vrátane starnutia pracovnej sily, ako aj na psychosociálne riziká.

Využitie výsledkov výskumnej úlohy sa predpokladá v legislatívnej, dozornej praxi a v praxi zamestnávateľov a v neposlednej miere aj u zástupcov zamestnancov. Výsledky výskumného projektu prispievajú k napĺňaniu priorít a cieľov Stratégie BOZP v SR. Očakávané výsledky riešenia budú slúžiť aj ako podklady pre koncepčnú a metodickú činnosť v oblasti BOZP a celkovú orientáciu sociálnej politiky rezortu MPSVR SR.

I. VÝSKUMNÁ ÚLOHA – CIELE A PRÍSTUP K JEJ RIEŠENIU

Výskumná úloha „Dopady Priemyslu 4.0 a digitalizácie na pracovné podmienky a BOZP“ a riešenie I. etapy poskytuje analýzu zdrojov, výskumov, prieskumov a podkladov z oblasti konceptu Priemysel 4.0, robotiky, automatizácie a digitalizácie.

Predkladaná správa z výskumnej úlohy predstavuje I. etapu riešenia dvojročného výskumného projektu a výsledky a zistenia budú podkladom pre riešenie II. etapy v roku 2022. Obsahuje ďalej analýzu problematiky z pohľadu expertov na danú oblasť, prehľad aktivít kompetentných inštitúcií a prehľad literatúry a zdrojov v skúmanej oblasti.

Hlavným cieľom výskumnej úlohy je prispieť k zvyšovaniu povedomia o problematike konceptu Priemysel 4.0, automatizácie a digitalizácie a ich dopadov na pracovné podmienky a BOZP a napomôcť k znižovaniu pracovnej úrazovosti a k zvyšovaniu kultúry bezpečnosti práce na Slovensku.

Čiastkové ciele:

- analýza a zmapovanie informačných zdrojov a údajov (výskumy, prieskumy aktivity) o problematike konceptu Priemysel 4.0, automatizácie, digitalizácie a robotizácie;
- analýza aktivít EÚ a MOP (EU-OSHA, OECD a iné európske inštitúcie) vo vzťahu ku konceptu Priemysel 4.0, automatizácii, digitalizácii a robotizácii;
- analýza aktivít v SR vo vzťahu ku konceptu Priemysel 4.0, automatizácii, digitalizácii a robotizácii;
- analýza dopadov konceptu Priemysel 4., automatizácie, digitalizácie a robotizácie na pracovné podmienky a BOZP,
- analýza nebezpečenstiev, ohrození a rizík pri práci s robotmi, kobotmi, smart zariadeniami.

Metodika:

Analýza dostupných podkladov a literárnych zdrojov, prieskumov, výskumov z predmetnej oblasti.

Syntéza poznatkov zo zahraničných a tuzemských zdrojov.

Výskumná úloha reflektuje ciele Európskej stratégie politiky BOZP s výhľadom do roku 2020, ktorú pripravila aj Európska komisia pod názvom „Strategický rámec BOZP na roky 2014-2020, ďalej Stratégiu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci Slovenskej republiky na roky 2021 až 2027 a programu jej realizácie na roky 2021 – 2023 a Priority výskumu BOZP v Európe na roky 2013 až 2020“.

Na úvod výskumnej správy je potrebné uviesť zoznam najdôležitejších pojmov a skratiek, ktoré sa vyskytujú a používajú vo svete digitalizácie, robotizácie, umelej inteligencie.

Aditívna výroba – označuje sa aj ako 3D tlač; počítačom riadený proces vytvárania trojrozmerných objektov ukladaním materiálu, obvyčajne vo vrstvách.

Analýza veľkých dát – postupy a nástroje, s ktorých pomocou sa dajú získať, triediť a analyzovať veľké dátové súbory a nachádzať v nich súvislosti. Môže ísť o dáta zachytávajúce vývoj trhu atď.

Automatizácia – najvyšší vývojový stupeň techniky. Proces konštrukcie a vývoja samočinne pracujúcich systémov, oslobodzujúcich človeka od fyzicky a duševne náročnej činnosti. V automatizácii prebiehajú pracovné procesy na základe vopred daného a pevne stanoveného programu.

Digitalizácia – konverzia analógových informácií na digitálne informácie.

Digitálna ekonomika – proces, ktorý prestupuje celou spoločnosťou a je previazaná s koncepciou informačnej spoločnosti. Umožňuje niektoré aktivity z bežného života presunúť na internet pri znížených nákladoch a zvýšení pohodlia. V súčasnej dobe je ústrednou témou digitálnej ekonomiky napríklad oblasť štátnej správy (e-government).

Digitálna továreň – virtuálne zobrazenie reálnej doby, ktorá predstavuje reálne výrobné procesy vo virtuálnom prostredí. Jej cieľom je pomocou systémového plánovania, projektovania, presných simulácií a modelovania obmedziť počet chýb, ktoré sa prejavujú až pri reálnej výrobe.

Digitálne dvojča – virtuálna simulácia reálneho stroja, produktu, procesu alebo systému založená na dátach senzorov IoT. Táto základná súčasť Priemyslu 4.0 umožňuje podnikom lepšie porozumieť, analyzovať a zlepšovať výkon a údržbu priemyslových systémov a produktov. Operátor môže napríklad pomocou digitálneho dvojčata identifikovať konkrétnu nefunkčnú súčasť, predvídať potenciálne problémy a zlepšiť prevádzkyschopnosť systému.

Exoskelety (exoskeletony) – asistenčné zariadenia nosené na tele, tzv. exoskelety, ktoré pomáhajú pracovníkom vykonávať ručné manipulačné úlohy a zároveň znižujú záťaž vyvíjanú na svalový systém.

Firewall – počítač alebo počítačový softvér, ktorý zabráňuje neautorizovanému prístupu k súkromným dátam (ako napríklad firemnej lokálnej sieti alebo intranetu) vonkajšími počítačovými užívateľmi.

Index pripravenosti pre priemysel 4.0 – pre porovnanie predpokladov rôznych krajín a poskytnutí vzhľadom kľúčových faktorov ovplyvňujúce schopnosť krajiny využiť technológie Priemyslu 4.0 vyvinula poradenská firma Roland Berger Index pripravenosti pre Priemysel 4.0. Tento index je kombináciou: 1. Priemyslovej excelencie = sofistikovanosť výrobných procesov, stupeň autorizácie, kvalitou a znalosťami pracovnej sily a intenzitou inovácií; 2. Hodnotového systému = kvalitou tvorby pridanej hodnoty, otvorenosť priemyslu, inovačné siete a využívanie internetu. Každá kategória je meraná na päť bodovej škále. Kombinácia oboch kategórií definuje pozíciu krajiny v rámci indexu pripravenosť.

Integrácia systémov – označuje proces alebo fázu zameranú na spájanie rôznych subsystémov alebo komponentov do jedného veľkého systému.

Inteligentná továreň – továreň, založená na princípoch a technológiách smart, pracujúca v inteligentnom prostredí, výsledkom produkcie je inteligentný výrobok, ktorý nie je predražený a zodpovedá individuálnym potrebám zákazníka. Pre výrobcu je pritom profitabilný.

Inteligentné OOPP – osobné ochranné pracovné prostriedky založené na používaní umelej inteligencie, smart riešení a vzájomného prepojenia prvkov.

Inteligentný produkt – výrobky, aktíva alebo iné veci obsahujúce procesor, senzory, SW a pripojenie, ktoré umožňuje výmenu dát medzi výrobkom a prostredím, výrobcom, užívateľom a ďalšími produktmi a systémami. Pripojenie umožňuje ďalšie schopnosti výrobku, aby mohol existovať aj mimo fyzický produkt, nazýva sa to produktový cloud. Dáta z týchto výrobkov môžu byť ďalej analyzované a použité pre ďalšie rozhodovanie, riadenie operatívnej efektivity a predbežného zlepšovania výkonu či vlastností produktu.

Internet ľudí (IoP – Internet of People) – je založený na osobných elektronických, spravidla nositeľných zariadeniach, pripojených na internet.

Internet služieb (IoS – Internet of Services) – prepojenie služieb, založených na webe či internete a služieb v reálnom svete.

Internet vecí – Internet vecí (angl. skratka IoT), označuje distribuovanú sieť spájajúcu fyzické predmety, ktoré sú schopné snímať svoje prostredie alebo konať podľa impulzov z neho a komunikovať medzi sebou navzájom, ako aj s inými zariadeniami alebo počítačmi. Označuje sieť fyzických objektov – vecí.

Jack – mužská verzia humanoidného produktu, ktorá pomáha podnikom v rôznych odvetviach zlepšiť ergonómiu produktového dizajnu a úloh na pracovisku.

Jill – ženská verzia humanoidného produktu, ktorá pomáha podnikom v rôznych odvetviach zlepšiť ergonómiu produktového dizajnu a úloh na pracovisku.

Kobot – kolaboratívny robot.

Kolaboratívne hospodárstvo – obchodné modely, v rámci ktorých sú obchodné činnosti podporené kolaboratívnymi platformami vytvárajúcimi otvorený trh pre dočasné využívanie tovarov a služieb, ktoré sú často poskytované súkromnými osobami.

Kybernetická bezpečnosť – označuje bezpečnosť kybernetického priestoru, pričom samotný kybernetický priestor označuje súbor odkazov a vzťahov medzi objektmi, ktoré sú prístupné prostredníctvom generalizovanej telekomunikačnej siete, ako aj súbor samotných predmetov, v ktorých sa zobrazujú rozhrania umožňujúce vzdialené ovládanie, vzdialený prístup k údajom alebo účasť na riadiacich úkonoch v rámci kybernetického priestoru.

Kyberneticko-fyzikálne systémy – systém, ktorý sa vyznačuje prísnu kombináciou počítačového a fyzického prvku systému a koordináciou medzi nimi. V literatúre sa označuje sa aj ako „priemyselný internet vecí“.

Rádiofrekvenčná identifikácia – (RFID z angl. *Radio Frequency Identification*) predstavuje bezdotykový automatický identifikačný systém, ktorý slúži na prenos a ukladanie dát pomocou elektromagnetických vĺn. Údaje potrebné na identifikáciu a ďalší popis sledovaného predmetu sú ukladané v digitálnej podobe do dátových nosičov (transportérov, tagov), z ktorých môžu byť opakovane načítané, prípadne ďalej prepisované pomocou elektromagnetických (rádiových) vĺn.

Robot – stroj pracujúci s určitou mierou samostatnosti, vykonávajúci určené úlohy, a to predpísaným spôsobom a pri rôznych mierach potreby interakcie s okolitým svetom a so

zadáateľom; robot je schopný svoje okolie vnímať pomocou senzorov, reagovať na neho, zasahovať do neho, prípadne si o ňom vytvárať vlastnú predstavu, model. Vnímaním sveta môže nielen spoznávať svet samotný, ale môže tiež vyhodnocovať svoj vplyv na neho a využívať tak spätnú väzbu.

Robotika – robotika sa zaoberá návrhom, konštrukciou, činnosťou a používaním robotov, ako aj počítačových systémov na ich ovládanie. Robotika predstavuje rýchlo sa rozvíjajúci trh čoraz väčšmi stimulovaný dopytom po nových a kvalitnejších výrobkoch v rôznych oblastiach, ako sú výroba, pátracie a záchranné činnosti, kontrola a monitorovanie, a chirurgia a zdravotná starostlivosť, domácnosti a vozidlá, doprava a logistika, poľnohospodárstvo a mnohé iné.

Rozšírená realita – (AR, z angl. *Augmented Reality*) je označenie používané pre reálny obraz sveta doplnený počítačom vytvorenými objektami. Ide o zobrazenie reality (napríklad budovy nasnímané fotoaparátom v mobilnom telefóne) a následné pridanie digitálnych prvkov (napr. informácií o danom objekte).

Umelá inteligencia – umelá inteligencia znamená simuláciu ľudskej inteligencie v prístrojoch, alebo umelý intelekt (skratka UI, resp. AI z angl. *artificial intelligence*), je:

- simulovanie inteligentného riešenia problémov strojom
- zdanlivá, nepravá inteligencia, inteligencia ako keby, inteligencia napodobená vlastnosťami počítačových programov
- skrátené teória umelej inteligencie.

Veľké dáta (Big Data) – ide o technológiu pre prácu s veľkými dátami. Označujú súbory dát, ktorých veľkosť je mimo schopnosti zachytávať, spravovať, spracované dáta bežne používaným softwarom a hardwarovými prostriedkami v rozumnom čase.

Vysokovýkonná výpočtová technika – ide o vysokorýchlostnú výpočtovú techniku, ktorá sa používa ako klaster viacerých procesorov združených prostredníctvom rýchlych komunikačných kanálov a klastrového softvéru. Elektronické infraštruktúry a superpočítače umožňujú riešiť náročné a komplexné výzvy modernej vedy a priemyslu s novými výpočtovými a simulačnými kapacitami.

Work cell – pracovisko vo výrobnjej prevádzke, kde sa vykonávajú špecifické úlohy riadené počítačom.

5G – siete 5G znamenajú súbory všetkých príslušných prvkov sieťovej infraštruktúry pre mobilné a bezdrôtové komunikačné technológie používané na pripojenie a služby s pridanou hodnotou s pokročilými výkonnostnými charakteristikami, ako sú veľmi vysoká rýchlosť a kapacita prenosu dát, malé oneskorenie komunikácie, ultravysoká spoľahlivosť či podpora veľkého počtu pripojených zariadení. Môžu zahŕňať tradičné sieťové prvky založené na predchádzajúcich generáciách mobilných a bezdrôtových komunikačných technológií ako 4G alebo 3G. Siete 5G by mali zahŕňať všetky relevantné časti siete.

II. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ A ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2.1 Priemysel 4.0

Vo výskumnej správe sa vyskytujú pojmy Priemysel 4.0, Industry 4.0, Industrie 4.0, I 4.0. Ide o synonymá. V texte sú používané vo vzťahu k citovanému zdroju. Všeobecne je používaný pojem Priemysel 4.0 .

Podstata Industry 4.0

Koncepcia Industry 4.0 vznikla v Nemecku ako reakcia na pokles priemyselnej výroby v dôsledku presunu výrobných kapacít do lacnejších krajín. Do iniciatívy sa zapojili popredné nemecké koncerny ako Siemens, Bosch, či Volkswagen. Cieľom bolo reindustrializovať Nemecko špičkovými technológiami, schopnými konkurovať aj tej najlacnejšej pracovnej sile. Zároveň sa vytvorí množstvo pracovných miest pre vysoko kvalifikovaných ľudí a rozšíria príležitosti pre ďalší výskum a vývoj. Výraz 4.0 bol prvýkrát použitý na veľtrhu v nemeckom Hannoveri v roku 2011.

V roku 2012 ho nemecká vláda začala presadzovať, v roku 2013 predstavila odporúčania pre realizáciu projektu budúcnosti – Industrie 4.0 Na to nadviazali odborové zväzy Bitkom¹, VDMA² a ZVEI ³s takzvanou Platformou Priemysel 4.0. Neskôr sa k tejto iniciatíve pripojilo nemecké ministerstvo pre hospodárstvo a energiu, ministerstvo pre vzdelávanie a výskum, zástupcovia podnikov, zväzov, odborov, vedy, politiky.

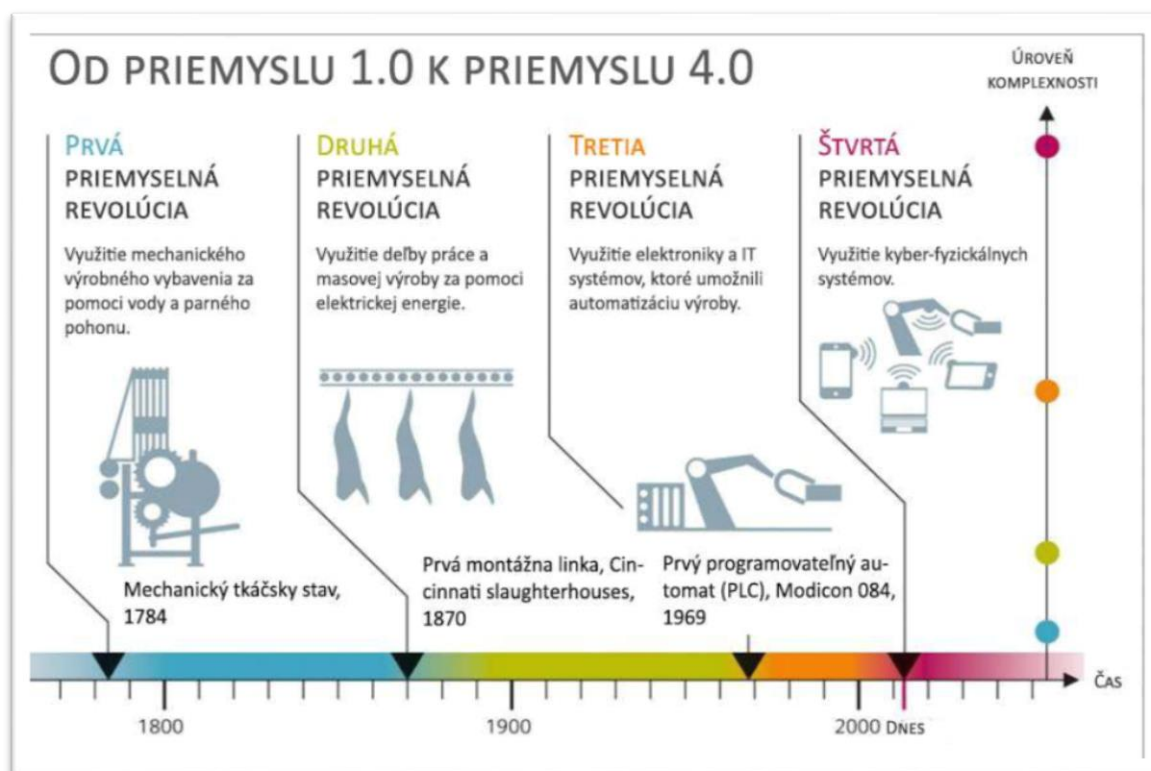
Tento pojem sa dnes vyvinul a už sa nezameriava len na výrobu, ale zahŕňa v sebe všetky oblasti dnes populárne označované ako „smart“ (múdre, či inteligentné). Tento trend prinesie zmenu do všetkých oblastí podnikania, vytvorí nové biznis modely naprieč všetkými oblasťami produktov a služieb (Schwab, 2016). Vývoj priemyselných revolúcií je vyobrazený na obr. č. 1.

¹ <https://www.bitkom.org/EN>

² <https://www.vdma.org/>

³ <https://www.zvei.org/en/association/about-us>

Obrázok č. 1 Vývoj priemyselných revolúcií



Zdroj: From Industrie 1.0 to Industrie 4.0. Dostupné na internete: From Industrie 1.0 to Industrie 4.0. <http://www.engineersjournal.ie/wpcontent/uploads/2016/06/The-Industrial-Revolutions-copyright-DFKI-2011.jpg>

Industry 4.0 predstavuje rozsiahle turbulentné a razantné zmeny vstupujúce do priemyslu. Nositeľom týchto zmien je digitalizácia, ktorá ovplyvní všetky oblasti nášho života. Ide o digitalizáciu výrobkov, podnikových procesov vrátane služieb, a ich optimalizácia. Teda je postavená na digitálnych technológiách, riadení životného cyklu produktu – *Product Lifecycle Management* (PLM), Big dátach, 3D tlači, umelej inteligencii, senzoringu, biotechnológiách, neurotechnológiách, nanotechnológiách.

Medzi základné prvky Industry 4.0 patria kyberneticko-fyzikálne systémy (*cyber-physical systems* – CPS), snímajúce a spracovávajúce dáta z fyzických zariadení. Vďaka internetovému zasieťovaniu viacerých CPS možno vytvárať aplikácie – internet vecí a internet služieb, adekvátna kombinácia týchto prvkov vedie k vzniku inteligentnej továrne.⁴

⁴ http://industry4.sk/wp-content/uploads/2016/06/kroky_k_industry_40.pdf

Industry 4.0 možno rozčleniť do deviatich technologických komponentov, z ktorých sa už značná časť v priemyselnej výrobe využíva, a to aj u nás na Slovensku. Ale až ich vzájomným prepojením a rozšírením sa menia výrobné procesy v zmysle štvrtej priemyselnej revolúcie.

1. Analýza veľkých dát (Big Data)

Jedným z predpokladov vzniku objemných dát je dostupnosť výkonnej výpočtovej techniky a napojenie sa na rýchle počítačové siete, s tým narastá potreba ich zabezpečenia a šifrovania (Růžmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus, Engel, Harnich, 2015). Objemné dáta môžu prinášať konkurenčnú výhodu. Analýza veľkých dát napomáha pri optimalizácii kvality výroby, úspore energií, zlepšovaní doplnkových služieb, uľahčuje rozhodovanie v reálnom čase.

2. Autonómne roboty

Roboty umožňujú zvýšenie produktivity výrobných závodov, najintenzívnejšie sú využívané v hromadnej výrobe. Prvé ich začali zavádzať veľké podniky prevažne z automobilového priemyslu, ktoré si môžu dovoliť veľké fixné investície. Pre podniky, ktoré nemajú s robotizáciou žiadne alebo veľmi obmedzené skúsenosti, je ťažké odhadnúť návratnosť investícií, a preto sa ťažko rozhodujú či investovať do robotizácie výroby, alebo či budú rovnakú prácu vykonávať ľudské zdroje (Růžmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus, Engel, Harnich, 2015)

3. Dátové úložiská a cloudové systémy

Tieto systémy umožňujú ukladať a spracovávať veľké objemy dát bez nutnosti fyzicky vlastniť a prevádzkovať vlastnú výpočtovú techniku. Fungujú na báze služby, užívateľ platí za vopred dohodnutých podmienok. Výhodou sú očakávané úspory nákladov, tieto služby umožnia aj malým a stredným podnikom využívať rozsiahle úložiská a nadštandardné výpočtové kapacity.

4. Systémová integrácia

Systémová integrácia je koncepčný prístup k usporiadaniu výrobných a logistických faktorov, zdieľanie dát medzi podnikmi. V praxi ide o využitie informačných systémov ako napr. EDI (*Electronic Data Interchange*) – elektronická výmena dát, ktorá optimalizuje dodávateľské procesy, ERP (*Enterprise Resource Planning*) – systém optimalizácie plánovania podnikových zdrojov, CRM (*Customer Relationship Management*) – na riadenie vzťahu so zákazníkmi či RDIF (*Radio Frequency Identification*) – slúžiaci na sledovanie skladových

zásob. Výhodou týchto systémov je optimalizácia, celkové uľahčenie a zvyšovanie efektivity uvedených procesov.

5. Aditívna výroba (3D tlač)

V procese aditívnej výroby výrobok vzniká nanášaním vrstiev na seba (3D tlač). Jej výhodou je možnosť nekontinuálnej výroby diferentných výrobkov, možnosť presného určenia potreby materiálu pre výrobu konkrétneho výrobku.⁵

6. Rozšírená realita (AR – Augmented Reality)

Rozšírená realita (ďalej len „AR“) označuje umiestnenie digitálnych prvkov do reálneho obrazu sveta. Vyžaduje si vysokú výkonnosť hardvéru. K rozvoju rozšírenej reality sú potrebné priestorové údaje – digitálne mapy, ktoré umožňujú väzbu informácií ku konkrétnej lokácii. Využite AR je v reklame, zábave (vizualizácia katalógov), výcviku armády (virtuálne ciele), v automobilovom priemysle, v skladových a logistických operáciách, automatickej navigácii, v rámci montáže produktov, servise výrobkov pomocou vizualizácie, automatickom prekladači manuálov a pod.⁶ Výhodou AR je to, že nekladie nároky na vzdelanie užívateľa, čo môže mať pozitívny vplyv na zamestnanosť v rámci celého kvalifikačného spektra populácie.

7. Senzory a súvisiace technológie

Trendom vo vývoji senzorov je zmenšovanie, spresňovanie a využívanie nových materiálov či nachádzanie úplne nových technologických spôsobov merania. Vzniká prediktívna diagnostika, ktorá umožní prepojenie senzorov s pokročilou umelou inteligenciou, ktorá bude na základe dát v reálnom čase schopná predikovať možné chyby, predtým než k nim dôjde a v mnohých prípadoch ním aj zabrániť (Yaraswork, 2014). Tak môžu vznikať inteligentné produkty zložené z procesorov, senzorov, softvéru a pripojení, tie umožnia výmenu dát medzi produktom a okolím. Toto pripojenie dáva výrobku ďalšie schopnosti – produktovú pamäť, ktorá umožňuje existenciu výrobku mimo fyzický svet. Informácie z chytrých výrobkov sú analyzované a používané pre ďalšie rozhodovanie, riadenie a priebežné zlepšovanie vlastností produktu. Výrobky, ktoré používajú pre komunikáciu s okolím internet, sa stanú súčasťou Internet of Things (IoT), (Mařík et al. 2016).

⁵ <https://www.metal-am.com/wohlers-report-2017-shows-increased-commercialisation-development-worldwide/>

⁶ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>

8. Internet vecí – IoT

IoT spája fyzický a virtuálny svet a vytvára „chytivé“ prostredie. Je to globálna infraštruktúra informačnej spoločnosti, umožňujúca pokročilé služby na základe prepojenia vecí a informačných technológií. Prináša nové možnosti ich monitorovania, riadenie a poskytovanie ďalších služieb, pričom je nutná bezpečnosť prepojenia daných zariadení. V tejto oblasti bude potrebné pokračovať v harmonizovaní v rámci medzinárodnej spolupráce a vytvoriť univerzálne štandardy. Podľa odhadov Európskej komisie bude tento sektor do roku 2020 predstavovať trh v hodnote presahujúcej jeden bilión eur iba na území Európskej únie. V roku 2015 bola v rámci Európskej únie zriadená *Alliance for the Internet of Things Innovation*, ktorej úlohou je pripraviť ekosystém pre budúcu implementáciu tohto konceptu.⁷

9. Kybernetika a umelá inteligencia

Cieľom kybernetiky a umelej inteligencie je zabezpečiť interakciu a výmenu dát, čo povedie k autonómnej koordinácii jednotiek a optimalizácii nastavenej úlohy. S nárastom objemu dát bude stále viac dôležitá schopnosť autonómneho učenia umelej inteligencie a prispôbovanie sa novým okolnostiam. Podľa štúdie Accenture má umelá inteligencia potenciál zvýšiť produktivitu práce až o 40 % do roku 2035 a pomôcť urýchliť ročný nárast reálneho HDP až o 2 %. Umelá inteligencia bude prenikať do ďalších sektorov a môže nahrádzať aj veľmi kvalifikovaných pracovníkov.⁸

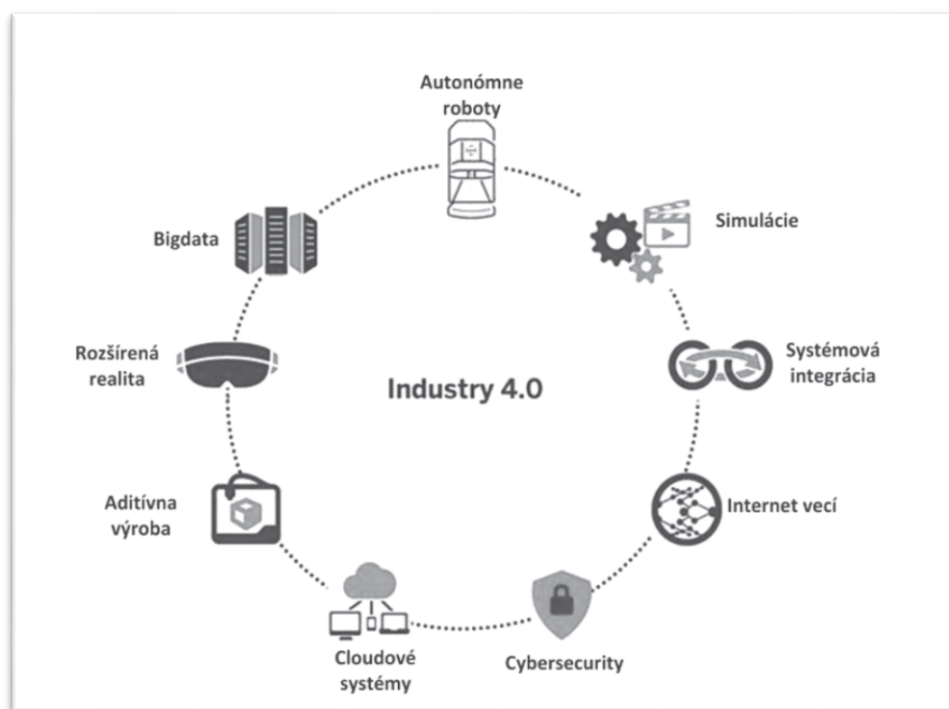
Pod pojmom Priemysel 4.0 (Sinay, Kotianová, Glatz, 2020) na obrázku č. 2 sa rozumie spôsob riadenia činnosti v rámci technológií, kde výrobné a logistické procesy a v rámci nich stroje a výrobky navzájom komunikujú a organizujú si jednotlivé kroky v rámci výrobného procesu autonómne pri súčinnosti s ľudským faktorom.

7

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

⁸ <https://www.accenture.com/us-en/insights/artificial-intelligence-summary-index>

Obrázok č. 2 Grafické znázornenie Priemyslu 4.0



Zdroj: Sinay, Kotianová, Glatz, 2020

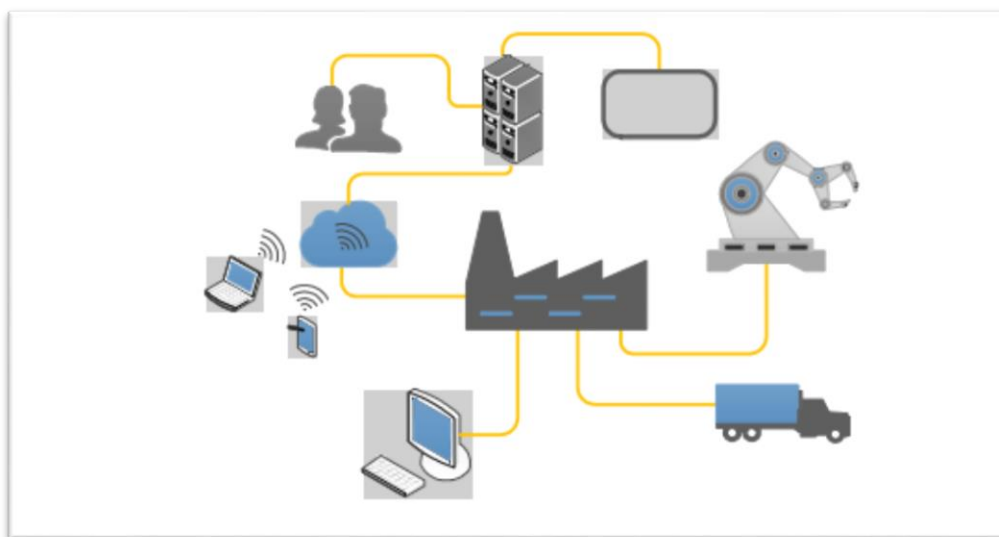
Priemysel 4.0 zahrňuje predovšetkým (Sinay, Kotianová, Glatz, 2020):

- prepojenie výrobného procesu s informačno-komunikačnými technológiami tak, aby boli k dispozícii,
- informácie o všetkých operáciách realizovaných v rámci spoločnosti (firmy) v závislosti na reálnom čase,
- možnosti realizovať požiadavky zákazníka priamo prostredníctvom mobility dát formou komunikácie so strojmi a zariadeniami,
- komunikáciu medzi súčasťami výrobných a distribučných procesov navzájom,
- autonómne získavanie a spracovanie dát na vertikálnej aj horizontálnej úrovni,
- decentralizované riadenie,
- realizovanie výroby prostredníctvom komunikácie medzi polotovarmi a strojovými zariadeniami a manipulačnými prostriedkami.

Priemysel 4.0 možno definovať ako filozofiu, ktorá definuje spôsoby a metódy riadenia technológií, ktoré sú už aj v súčasnosti používané v niektorých oblastiach priemyselných výrob predovšetkým v automobilovom priemysle, kde v niektorých prevádzkach (napr. karosáreň)

stroje, strojové zariadenia a výrobky navzájom komunikujú a sami si organizujú jednotlivé kroky v rámci výrobného procesu autonómne. Princíp komunikácie v rámci Stratégie Priemysel 4.0 je znázornený na obrázku č. 3.

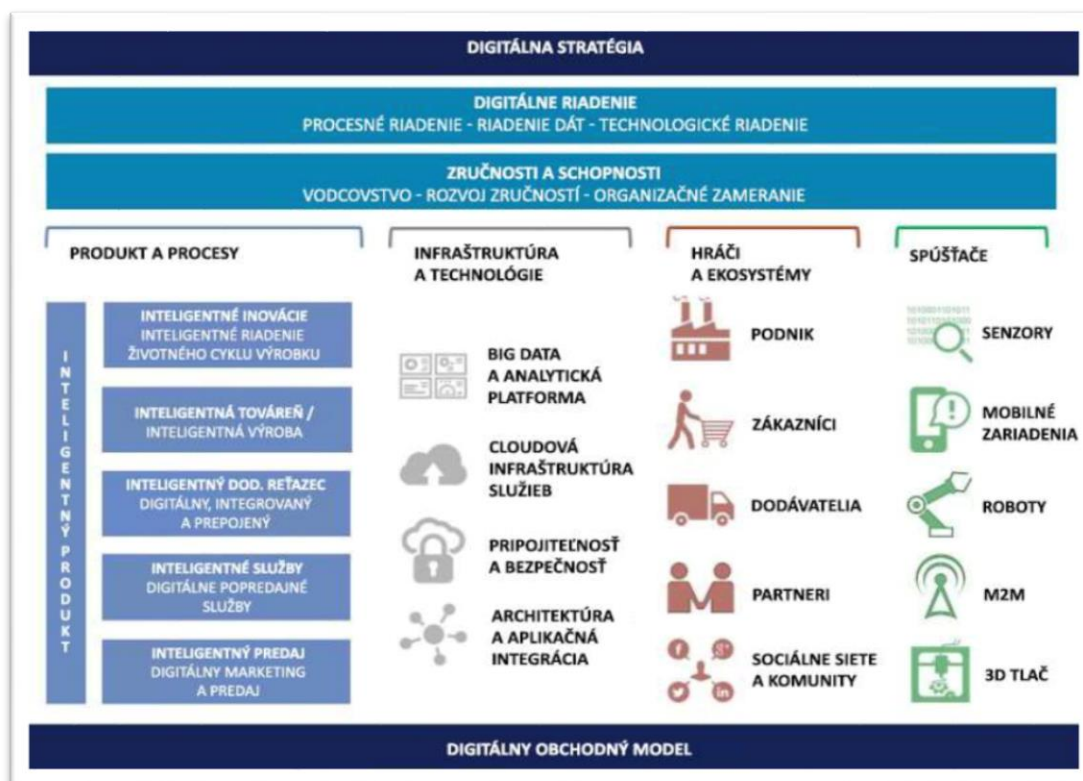
Obrázok č. 3 Princíp komunikácie v rámci Stratégie Priemysel 4.0



Zdroj: Sinay, Kotianová, Glatz, 2020

Priemysel 4.0 zmení všetky oblasti životného cyklu produktu. Víziou v tejto oblasti je vytvorenie digitálneho reťazca od vývoja produktu, cez plánovanie výroby, logistiku, až po s tým spojené služby. Digitálny reťazec je znázornený na obrázku č. 4.

Obrázok č. 4 Digitálny reťazec



Zdroj: KRUEGER, J. 2015. PLM as Enabler for Industry 4.0. NTT DATA, 2015. Dostupné na internete: <http://www.plmportal.org/en/ntt-data-plm-as-enabler-for-industry-4-0.html>

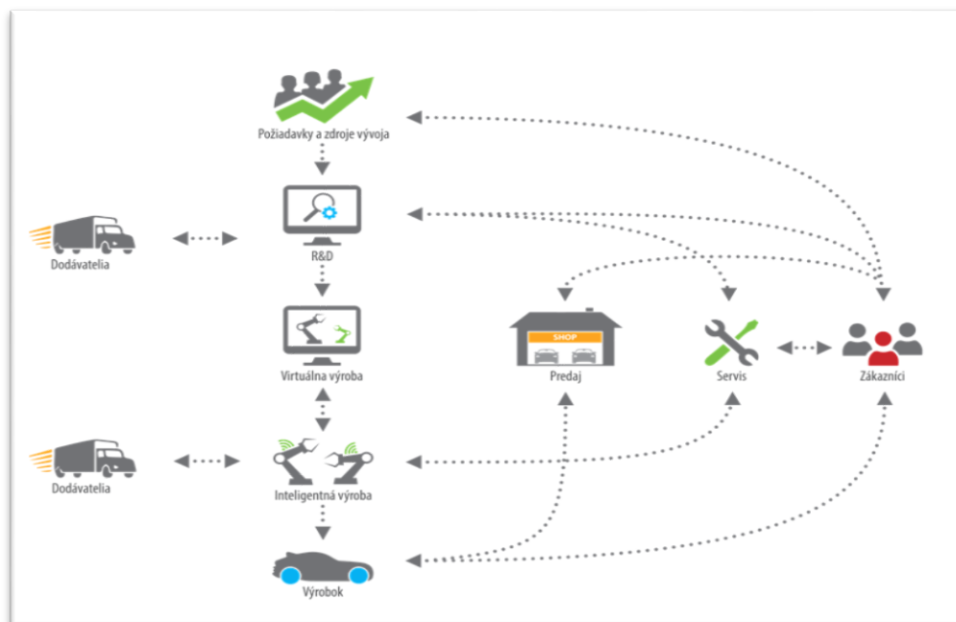
Základné rysy Industry 4.0⁹

1. Vertikálne prepojenie inteligentných výrobných systémov, ako sú inteligentné továrne a inteligentné výrobky, a prepojenie napríklad inteligentnej logistiky, výroby a marketingu a inteligentných služieb so silnou orientáciou na potreby, individuálne a konkrétne možnosti zákazníka
2. Horizontálna integrácia prostredníctvom novej generácie globálnych sietí vytvárajúcich pridanú hodnotu, vrátane integrácie obchodných partnerov a zákazníkov, nové modely podnikania, a spolupráca naprieč krajinami a kontinentmi
3. Aplikácia techniky v priebehu celého hodnotového reťazca, a to nielen vo výrobnom procese, ale aj u hotového výrobku – to znamená, že v celom životnom cykle výrobku
4. Zrýchlenie cez exponenciálne technológie, ktoré, aj keď nemusia byť skutočne nové, z hľadiska ich histórie vývoja, ale až teraz sa stanú schopné masového uplatnenia na trhu,

⁹ <https://industry4.sk/o-industry-4-0/principy/>

pretože ich cena rapídne klesne (napr. rôzne senzory), a ich výkon rastie masívne. Základné rysy I.4 sú znázornené na obrázku č. 5.

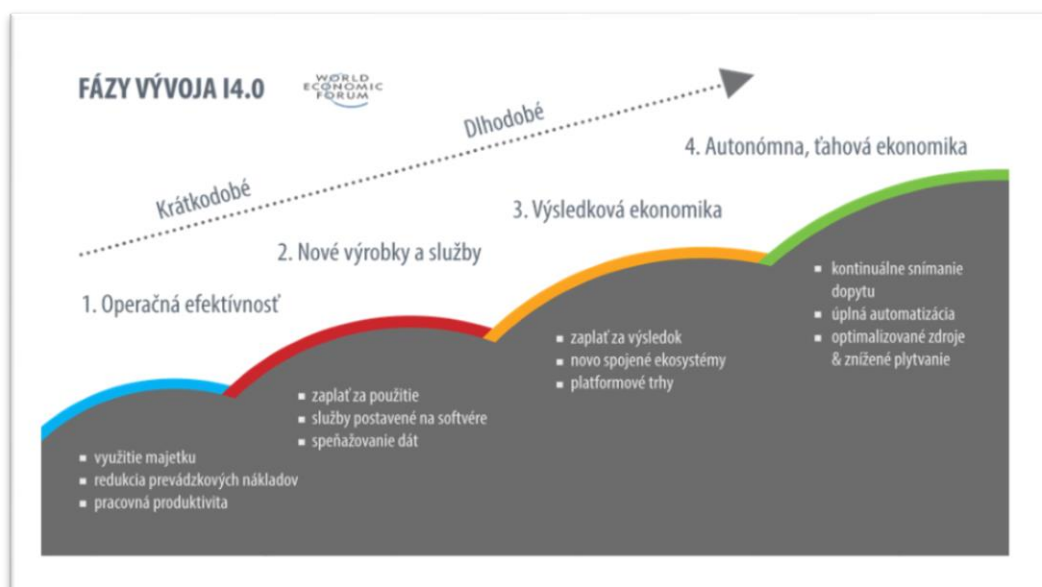
Obrázok č. 5 Základné rysy I.4



Zdroj: <https://industry4.sk/o-industry-4-0/principy/>

Svetové ekonomické fórum v roku 2015 odhadlo, že v budúcnosti bude vývoj Industry 4.0 pravdepodobne rozdelený na štyri odlišné fázy. Viac na obrázku č. 6.

Obrázok č. 6 Fázy vývoja I.4



Zdroj: <https://industry4.sk/o-industry-4-0/principy/>

Etapy 1 a 2 predstavujú aktuálne príležitosti, ktoré sa dokážu rýchlo zaviesť do užívania. Začínajú so zameraním na prevádzkovú efektivitu. Takéto aktivity sa už vo firmách dejú, a budú sa v najbližších rokoch zrýchľovať.

Fázy 3 a 4 zahŕňajú dlhodobé štrukturálne zmeny, začínajú po zvládnutí prvých dvoch fáz. Výsledková ekonomika bude postavená na schopnosti automatizovanej kvantifikácie výsledkov.

Vo veľkej miere sa posunieme od predaja produktov alebo služieb na predaj merateľných výsledkov, čo zmení konkurenčné postavenie a štruktúru priemyslu. Dosahovanie výsledkov bude vyžadovať od spoločností vytvoriť nové partnerské ekosystémy, zamerané na potreby zákazníkov skôr ako na jednotlivé výrobky alebo služby. Kvôli rastúcemu významu dát, softvéru a platforiem, budú musieť súčasní hráči rozšíriť svoje schopnosti a ekosystémy, aby dokázali konkurovať v tomto novom prostredí. Ako sa Industry 4.0 stáva viac zakorenené v každom priemysle, bude to v konečnom dôsledku viesť k ťahovej ekonomike, postavenej na prieskume dopytu v reálnom čase, a vysoko automatizovanej a flexibilnej výrobe a naplno prepojenej. Tento vývoj bude volať po všadeprítomnom využití automatizácie, robotizácie a inteligentných strojoch ako doplnku ľudskej práce. V dôsledku toho sa podstata zapojenia pracovnej sily dramaticky zmení, spolu s novými formami zručností bude musieť uspieť v oveľa viac automatizovanej ekonomike.

Podľa štúdie spoločnosti Deloitte ¹⁰ existujú štyri základné princípy, definujúce Priemysel 4.0. Prvým z nich je hierarchia spolupráce počítačových systémov vo výrobných fabrikách. Funkčnosť takéhoto reťazca umožní strojom prispôbiť sa meniacej sa situácii na trhu. Rast dopytu po určitom výrobku automaticky zvýši jeho produkciu, to isté platí aj naopak. Takýto systém je taktiež menej náročný na údržbu a opravy, keďže akákoľvek porucha bude okamžite nahlásená samotným systémom.

Druhým princípom je horizontálne prepojenie všetkých častí produktového cyklu. Od objednávky, cez výrobu, až po dodanie zákazníkovi – všetko v rámci jedného systému. Takéto nastavenie však vyžaduje úzku spoluprácu medzi dodávateľmi, výrobcami a distribútormi.

¹⁰ <https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/manufacturing/articles/manufacturing-study-industry-4.html>

Tretím princípom je funkcia úprav výrobného systému bez prerušenia produkcie. Znamená to, že fabriky budú môcť inovovať svoje funkcie takpovediac „za jazdy“. Prestávky medzi jednotlivými produkčnými cyklami sa výrazne skrátia.

Štvrtou charakteristickou črtou Priemyslu 4.0 je kombinácia riešení šitých na mieru, prispôsobivosti a znižovania nákladov. V tomto prípade sú najdôležitejším faktorom využitie umelej inteligencie, robotov a autonómnych výrobných liniek.

2.2 Automatizácia a digitalizácia

Podľa autorov Velíška a Košťála (2007) je automatizácia najvyšší vývojový stupeň techniky. Je to vlastne proces konštrukcie a vývoja samočinne pracujúcich systémov, oslobodzujúcich človeka od fyzicky a duševne náročnej činnosti. V automatizácii prebiehajú pracovné procesy na základe vopred daného a pevne stanoveného programu. Jej cieľom je úplné alebo aspoň čiastočné vylúčenie manuálnej práce ľudí vo výrobe, ktorú chceme automatizovať.

Hlavné dôvody automatizácie môžeme rozdeliť do troch väčších skupín (Velíšek, Košťál, 2007):

1. Vynútená automatizácia vo výrobe z dôvodu:

- ohrozeného zdravia človeka alebo jeho života, napríklad práca s rádioaktívnym materiálom,
- chýb spôsobených pri práci človeka, ktoré môžu ohroziť ďalších ľudí, napríklad automatická navigácia lietadiel pri pristávaní lietadiel,
- neschopnosti človeka vykonávať prácu z hľadiska veľkej presnosti a dostatočnej rýchlosti, napríklad riadenie chemických reaktorov,
- nemožnosti ľudskej prítomnosti v pracovných priestoroch, napríklad vesmírne sondy,
- nereálnych požiadaviek na množstvo vykonanej práce na pracoviskách, napríklad automatické telefónne ústredne.

2. Automatizácia z ekonomických dôvodov:

- nižšie režijné alebo priame náklady na výrobu,
- zvýšenie produktivity a objemu práce,
- skrátenie priebežných časov pri výrobe a vývoji,
- pružnejšia reakcia na zmenu vo výrobe,

- získanie konkurenčnej výhody oproti iným firmám,
- umožnenie nadštandardnej kvality výroby.

3. Iné dôvody:

- lepšia dokumentácia technických, konštrukčných a finančných schopností,
- zvyšovanie pohodlia človeka,
- jednoduchšie získavanie informácií pre človeka,
- ochrana životného prostredia, napríklad automatické riadenie optimálneho spaľovania v motoroch.

V strojárkej výrobe musí automatizácia predchádzať niekoľkým otázkam, ako napríklad zvládnutie poznatkov z výrobných prostriedkov, strojárskych technológií, organizácie výroby a taktiež regulačnej, počítačovej a automatizačnej techniky. Pred zavedením automatizácie do výroby je potrebné splniť niekoľko predpokladov:

- vysoká úroveň mechanizácie,
- dokonalé poznanie výrobného procesu,
- meracia technika vhodná pre automatizovanú prevádzku,
- dostupnosť automatizovaných prostriedkov (Velíšek, Košťál, 2007).

Významným znakom automatizácie je aj snaha ľudskej spoločnosti o dosiahnutie vedecko-technického pokroku, avšak ovplyvňuje tým aj iné oblasti spoločenského života. Automatizácia sa zaraďuje do najvyššej kategórie v zdokonaľovaní výrobných procesov a pomocou nich vytvára spoločnosť hmotné statky, ktoré sú potrebné pre svoju existenciu. Kategórie zdokonaľovania výrobných procesov:

- 1. úroveň, inštrumentácia – pracovný proces je vybavený ručnými nástrojmi,
- 2. úroveň, mechanizácia – stroje nahradzujú fyzickú ľudskú prácu,
- 3. úroveň, automatizácia – činnosť stroja nahradzuje duševnú a riadiacu prácu človeka (Talácko, 2000).

Súčasťou prechodu zo strojového a ručného spôsobu výroby k automatizovanému spôsobu je aj zmena charakteru ľudskej práce, čo priamo ovplyvňuje aj oblasti v ľudskej spoločnosti. Medzi významné zmeny patrí vznik a zánik niektorých pracovných pozícií alebo charakter a spôsob práce v jednotlivých oboroch a profesiách.

Digitalizácia priemyslu a logistiky sa za posledné roky zaradila medzi hlavné priority podnikov aj vzhľadom na nesporné benefity a pridanú hodnotu, ktorú do procesov vnáša. Dôkazom je

existencia aspoň čiastočnej digitalizácie takmer v každom podniku, minimálne v podobe základného vnútropodnikového digitálneho systému, týkajúceho sa finančno-administratívnych procesov.

Pojem „digitalizácia“ je definovaný ako konverzia analógových informácií na digitálne informácie. Digitalizácia sa netýka iba transformácie analógových informácií vo forme hudby, zvukov či videí, ale priamo úmerne sa dotýka akýchkoľvek informácií, s ktorými jednotlivci narába. V širšom slova zmysle by sme mohli chápať digitalizáciu v kontexte digitalizácie existujúcich procesov a výroby produktov. Rozširovanie digitálnych kapacít vedie k tomu, že už pomaly každý aspekt nášho života je zachytený v digitálnej podobe a zdieľaný prostredníctvom digitálnych sietí.

Výsledkom je celosvetová výmena informácií v reálnom čase medzi mnohými zariadeniami pripojenými do digitálnej siete (či už mobilnými zariadeniami alebo zariadeniami s pevnou inštaláciou). V zahraničnej literatúre sa stretávame s rozlišovaním pojmov „digitization“ a „digitalization“, ktoré pri preklade do slovenčiny majú rovnaký význam – digitalizácia. V zahraničí chápu „digitization“ ako činnosť alebo proces digitalizácie, napr. vyššie zmienená konverzia analógových údajov na digitálne. Na druhej strane „digitalization“ je chápaná v širšom slova zmysle a označuje podstatnejšiu zmenu ako len digitalizáciu existujúcich procesov, produktov alebo pracovných postupov. Pojem „digitalization“ je spojený s aplikáciou digitálnych technológií vo všetkých aspektoch ľudskej spoločnosti alebo predstavuje schopnosť transformácie existujúcich produktov a služieb do digitálnej podoby.¹¹

Digitalizácia je v posledných 20-tich rokoch úzko prepojená s rozvojom informačno-komunikačných technológií (ďalej len „IKT“). Digitalizácia rôznych druhov informácií spolu so správnym spôsobom aplikácie IKT dáva subjektom takmer neobmedzené možnosti analyzovania získaných informácií. V dôsledku explozívneho rastu vedeckých poznatkov a rýchleho vývoja IKT prechádza svetová ekonomika ďalekosiahlymi globálnymi zmenami, ktoré sú najvýznamnejšie od industriálnej revolúcie. Otvárajú sa nové perspektívy, nová ekonomika, ktorá má obrovský potenciál pre ekonomický rast, zvyšovanie produktivity práce a zamestnanosti.

11

http://www.sbagency.sk/sites/default/files/analiza_potrieb_msp_v_kontexte_agendy_inteligentneho_priemyslu.pdf

Digitalizácia môže byť:

- v technike: prevod informácií z analógového tvaru (analógového signálu, napr. elektrického napätia, zvuku, svetlosti, tlaku) do číslicového (digitálneho) tvaru, spravidla do počítačových súborov; špecificky najmä:
- snímanie a premena grafických tvarov do číslicových tvarov (spravidla pomocou skenera),¹²
- snímanie a premena písma do číslicového tvaru (spravidla pomocou skenera a softvéru OCR),
- zaznamenávanie a prevod zvukových signálov do číselných tvarov (vzorkovanie, rozlišovanie vzorky),
- snímanie a prenos rozmerov trojrozmerných predmetov do číslicového tvaru (spravidla pomocou 3D skenerov).

Digitalizácia je proces konverzie analógových signálov alebo informácií akejkoľvek formy do digitálneho formátu, ktorý je zrozumiteľný počítačovým systémom alebo elektronickým zariadeniam. Tento výraz sa používa pri prevode informácií, ako sú text, obrázky alebo hlasy a zvuky, na binárny kód. Digitalizované informácie sa ľahšie uchovávajú, majú k nim prístup a prenášajú ich a digitalizáciu využíva množstvo spotrebných elektronických zariadení. Informácie sú organizované v samostatných údajových jednotkách (nazývaných bity), ktoré je možné adresovať osobitne (zvyčajne v skupinách viacerých bitov zvaných bajty). Ide o binárne údaje (0, 1), ktoré dokážu spracovať počítače a iné zariadenia s výpočtovou schopnosťou (napr. digitálne fotoaparáty, digitálne načúvacie pomôcky). Nové technológie prinášajú nové spôsoby a koncepty s priamym dosahom na zaužívané postupy a obchodné modely. Digitálne technológie transformujú všetky odvetvia a segmenty a zároveň aj ovplyvňujú fungovanie v dodávateľsko-odberateľskom reťazci a v neposlednom rade aj samotných koncových užívateľov.

Digitalizácia priemyslu a logistiky sa za posledné roky zaradila medzi hlavné priority podnikov aj vzhľadom na nesporné benefity a pridanú hodnotu, ktorú do procesov vnáša. Dôkazom je existencia aspoň čiastočnej digitalizácie takmer v každom podniku, minimálne v podobe základného vnútropodnikového digitálneho systému týkajúceho sa finančno-administratívnych procesov.

¹² [https://sk.wikipedia.org/wiki/Digitaliz%C3%A1cia_\(obraz\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Digitaliz%C3%A1cia_(obraz))

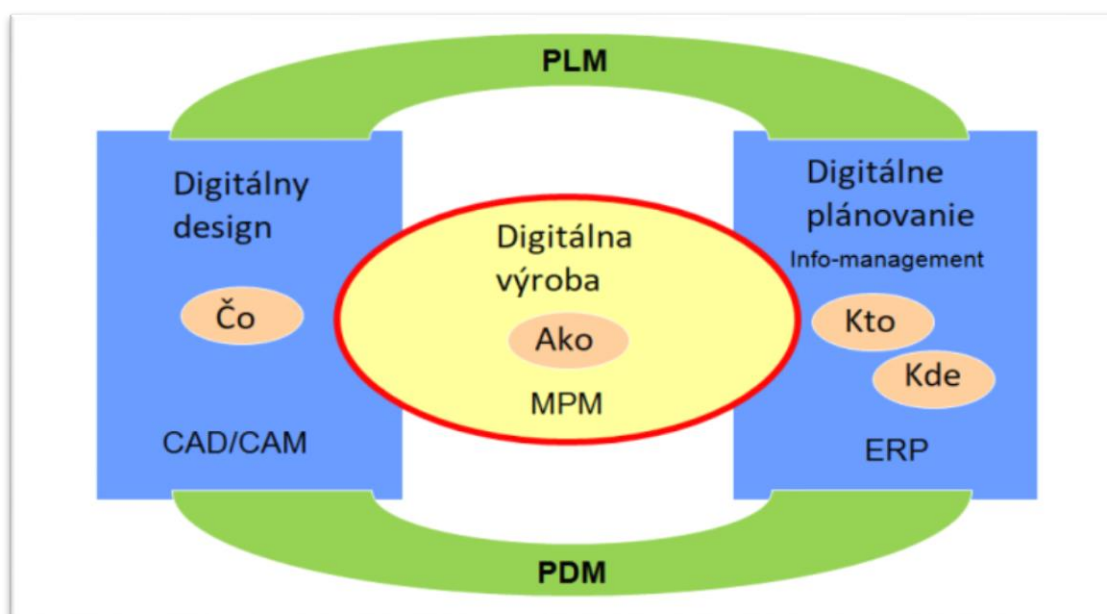
Výsledkom automatizácie, digitalizácie a robotizácie je aj tzv. *digitálna továreň*.

Digitálna továreň

Pojem digitálna továreň je možné chápať ako virtuálne zobrazenie reálnej doby, ktorá predstavuje reálne výrobné procesy vo virtuálnom prostredí. Jej cieľom je pomocou systémového plánovania, projektovania, presných simulácií a modelovania obmedziť počet chýb, ktoré sa prejavujú až pri reálnej výrobe. Vzájomné vzťahy digitálnej továrne sú zobrazené na obrázku 7., kde:¹³

- PLM popisuje životný cyklus výrobku od počiatočného návrhu cez konštrukciu, výrobu a servis až po jej následnú likvidáciu,
- PDM dátovo prepája jednotlivé konštrukčné, technologické a výrobné tímy,
- CAD/CAM obsahuje detailný návrh výrobku a rieši otázku „Čo sa bude vyrábať?“
- MPM je návrh spôsobu výroby a rieši otázku „Ako budeme vyrábať?“
- ERP je riadenie samotnej výroby a rieši otázku „Kedy a kto to bude vyrábať?“

Obr. č. 7 Vzájomné vzťahy v digitálnej továrni



Zdroj: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/digitalni-tovarna>

¹³ <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/digitalni-tovarna>

Výhody digitálnej továrne

Digitálna továreň svojimi možnosťami a metódami významne skracuje čas, zlepšuje kvalitu, flexibilitu a napomáha aj v ekonomickej oblasti podniku, a to tak, že:¹⁴

- znižuje sa počet rutinných prác,
- spresňuje a zrýchľuje sa komunikácia medzi výrobou a vývojom,
- simulácia dovoľuje návrh otestovať ešte pred uvedením do prevádzky,
- zvyšuje sa miera prepracovanosti výrobku,
- svojou optimalizáciou v plánovaní a projektovaní znižuje investičné náklady,
- znižuje sa chybnosť a počet zmätkov,
- investičné náklady sa znižujú pomocou optimalizácie v plánovaní a projektovaní,
- vďaka prehľadnosti v záznamoch sa odstraňujú duplicity v priebehu prípravných etáp,
- chyby sa odstraňujú priebežne vo fázach, kedy sú náklady ešte nízke.

2.3 Prínosy a riziká Industry 4.0

Tak ako každý nový koncept, vynález či metóda, má svoje prínosy i riziká, tak ich môžeme identifikovať aj u Industry 4.0. Je to úplne nová filozofia prinášajúca celospoločenskú rozsiahlu systematickú zmenu, ktorá rozhodujúcim spôsobom ovplyvní všetky oblasti sveta práce (Fifeková, Nemcová, 2016).

Prínosy Industry 4.0

- vyššia konkurencieschopnosť,
- minimalizácia nákladov,
- nízke skladové zásoby,
- hospodárnosť, efektivita, flexibilita a zvýšenie produkcie, personalizované produkty,
- eliminácia chýb, plytvania a oneskorenia,
- skrátený výrobný čas, efektivita, flexibilita,
- variantnosť v kontrole – pružné reakcie na výkyv dopytu,
- ziskovosť, výhody masovej produkcie – senzory chrániace bezpečnosť, možnosť okamžitej reakcie,

¹⁴ <https://www.digipod.zcu.cz/>

- obnoviteľné zdroje energie (Schmueckle, 2014).
- optimalizácia procesov,
- zvyšovanie kvality,
- zníženie množstva odpadu,
- schopnosť rýchlejšieho zasahovania v prípade problémov s výrobou,
- digitalizácia papierových dokumentov,
- lepšia možnosť údržby,
- monitorovanie v reálnom čase,
- lepšie pracovné podmienky a udržateľnosť,
- zvýšená ochrana v prípade nehôd, rýchla detekcia prítomnosti nebezpečných látok a. i ,
- lepšie možnosti komunikácie a spolupráce,
- zameranie sa na ergonómiu, ekológiu,
- využitie v údržbe budov, správe zariadení, atď.¹⁵

Okrem toho v rizikovom a veľmi nebezpečnom pracovnom prostredí prináša Industry 4.0 potenciál výrazne zlepšiť zdravie a bezpečnosť pracovníkov, ale aj lepšiu kontrolu dodávateľských reťazcov¹⁶.

Zmeny, ktoré Industry 4.0 prináša, znamenajú výhody aj pre malé a stredné podniky, najmä pre dodávateľov zariadení, technológií a služieb vďaka prepojenej priemyselnej výrobe. To zároveň umožní aj vznik nových podnikateľských modelov, ako aj rozvoj startupov.

Grafické znázornenie výhod I.4.0 je na obrázku č. 8.

¹⁵ <https://www.i-scoop.eu/industry-4.0>

¹⁶ <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/06/20/what-everyone-must-know-about-industry-4-0/#4f517446795>

Obrázok č. 8 Výhody I 4.0



Zdroj: <https://www.m2ms.sk/industry-40>

Riziká Industry 4.0

- riziká spojené s terorizmom, hackerskými útokmi, nákladmi na bezpečnosť IT. Otázky týkajúce sa bezpečnosti údajov sa výrazne zvýšili integráciou nových systémov a väčším prístupom k týmto systémom.
- problémy s dosiahnutím a udržiavaním vysokého stupňa spoľahlivosti a stability komunikácie,
- zabezpečenie dát, ochrana citlivých informácií a obchodného tajomstva,
- ochrana pred vírusmi a včasné odhalenie ich prieniku,
- integrita výrobného procesu s vzhľadom na menší dohľad ľudského faktora,
- strata vysoko platených pracovných miest,
- systematický nedostatok skúseností a pracovných síl na vytvorenie a implementáciu týchto systémov,
- potrebné šifrovanie, ochrana serverov pomocou firewallu, automatické skenovanie (Helbig, Wahlster, Kaggerman, 2013).
- predpoklad nárastu výdavkov na virtuálnu realitu a rozšírenú realitu do roku 2021¹⁷

¹⁷ <https://www.i-scoop.eu/industry-4.0>

- investície do vzdelávania, výskumu, vývoja a infraštruktúry,
- investície na vytvorenie priaznivej podnikateľskej klímy (Fifeková, Nemcová, 2016).

2.4 Vplyv Industry 4.0 na ľudské zdroje

Pod vplyvom štvrtej priemyselnej revolúcie dôjde k zmenám a trhu práce výrazne sa zmení sa nielen typ povolania, ale aj jeho štruktúra, profesionálny profil zamestnancov a ich kompetenčné modely, dôjde aj zániku niektorých povolání a vznikne potreba nových, aj takých o akých ešte nemáme ani predstavu.

Industry 4.0 bude potrebovať ľudí s technickým vzdelaním a analytickými schopnosťami, nové pracovné pozície, si budú vyžadovať kreatívne a odborné zručnosti, e-vedenie a inovatívne inžinierstvo¹⁸. Zároveň sa zmení kvalita zručností ľudí a taktiež sa zmení aj hodnota daných zručností ľudí. Najviac budú ohrození menej kvalifikovaní ľudia, s nízkymi digitálnymi zručnosťami, ale aj, ako sa už stáva štandardom, ľudia nad 50 rokov.

Podľa prognóz komputizácia ohrozuje predovšetkým povolania, na ktoré dnes stačí vzdelanie bez maturity. Hrozba sa týka takých profesií, ktoré pozostávajú z rutinných, ľahko algoritmizovateľných činností: úradníci spracovávajúci číselné údaje, všeobecní a pomocní administratívni pracovníci, vodiči motocyklov a automobilov a vôbec pracovníci v doprave a logistike, zamestnanci v službách, predaji, stavebníctve a pod. Niektoré z týchto pozícií sú už dnes nahraditeľné technológiami, ale vzhľadom k veľkému nepomeru medzi mzdovými nákladmi a nákladmi na automatizáciu na trhu práce stále prežívajú. Nahrádzanie ľudí technikou však nebude prebiehať naraz a kontinuálne. Naopak najmenej ohrozené sú profesie, ktoré vďaka svojim sociálnym, organizačným, fyzickým, kreatívnym či intelektuálnym požiadavkám nebude v dohľadnej dobe možné nahradiť automatizáciou ani digitalizáciou. Ide predovšetkým o riadiace pozície, a to napríklad v obchode, vzdelávaní, zdravotníctve, v sociálnych a ďalších oblastiach. O svoje miesta sa nemusia báť ani všeobecné sestry, pôrodné asistentky, veterinári a učitelia. Najviac žiadaní budú špecialisti na databázy a siete, riadiaci pracovníci v informačných a komunikačných technológiách, analytici a vývojári softvéru či počítačových aplikácií. Tieto pozície majú vo svete digitalizácie a automatizácie najväčší pozitívny potenciál. Navyše pribúda ľudí s vyšším vzdelaním, ktorí pre zamestnávateľov môžu

¹⁸ <http://www.goodwill.eu.sk/clanky/item/75-priemysel-4-0-a-slovensko-ako-sa-udrzat-medzi-elitou>

byť atraktívnejšími, ale zároveň sa prejavuje nedostatok špecialistov, ktorí programujú, udržujú a nastavujú roboty¹⁹ (Fifeková, Nemcová, 2016).

Pri výbere ľudských zdrojov sa bude potrebné sústrediť pozornosť na výber ľudí s vysokým stupňom učiteľnosti (tzv. *LQ – learnability quotient*), a vytvárať systém ich kontinuálneho rozvoja, teda zamestnanci budú musieť byť schopní učiť sa nové zručnosti, aby zostali zamestnateľní. Je nutné byť pripravení na pracovné miesta a zručnosti budúcnosti, stojíme pred nástupom „Revolúcie zručností“. Takže aj pre podniky bude platiť, že sa musia naučiť stať sa učiacimi organizáciami a stále viac sa stáva významným aplikovať do svojej praxe znalostný manažment v kvalitatívne a novej podobe (Fifeková, Nemcová, 2016).

Dôsledky pre ľudí

Podľa Arthura (2013) budú mať ľudia viac času, väčšinu práce za nás budú vykonávať stroje. S touto situáciou sa bude musieť spoločnosť vyrovnáť. Jedným z riešení môžu byť nové pracovné pozície, napríklad v sociálnych službách – pre dobro spoločnosti ako celku. Možno budeme mať kratší pracovný deň a dlhšiu dovolenku, čo by mohlo umožniť, aby sa práca, ktorá zostane, lepšie rozdelila medzi ľudí.

Bude nevyhnutné, aby sa zamestnanci preorientovali na nové typy zamestnaní, po ktorých bude zvýšený dopyt. Z dlhodobého hľadiska je možné očakávať, že približne pätina zamestnancov zmení zamestnanie mimo oblasti, na ktorú sa pôvodne zaúčali. Nové pracovné príležitosti vyplývajúce zo zavádzania automatizácie si budú vyžadovať zamestnancov s novými zručnosťami a schopnosťami, ktoré v súčasnosti nemajú. Zlepšenie kvalifikácie zamestnancov je dôležité naprieč odvetvami priemyslu a služieb, vo všetkých častiach hodnotového reťazca – od vývoja, cez produkciu až po predaj. Štvrtá vedecká revolúcia a Priemysel 4.0 ovplyvnia všetky aspekty ľudského života. Treba si uvedomiť, že sa nebude týkať len priemyslu, trhu práce, vzdelávacieho systému, ale sa stane bežnou každodennosťou. K dnešnému dňu tí, ktorí získali najviac z prístupu k digitálnemu svetu boli spotrebitelia. Technológia umožnila nové výrobky a služby, ktoré zvyšujú efektivitu a potešenie z našich osobných životov. Objednanie taxi, rezervácie letov, nákup tovaru, vykonanie platby, počúvanie hudby, sledovanie filmov alebo hranie hier väčšinou je možné vykonávať na diaľku. V budúcnosti tieto technologické inovácie povedú k zázračným zmenám v ponuke, s dlhodobými ziskami v náraste efektivity a produktivity.

¹⁹ <http://www.goodwill.eu.sk/clanky/item/159-digitalizacia-a-robotizacia-navzdy-zmenia-trh-prace>

Ekonomovia Erik Brynjolfsson a Andrew McAfee v knihe *The Second Machine Age* poukázali na to, že revolúcia by mohla priniesť medzi ľudí väčšie rozdiely, zvlášť narušením trhu práce. Nemôžeme predvídať aký scenár sa naplní, história naznačuje, že výsledok je pravdepodobne kompromisom pozitívnych a negatívnych vplyvov, s prevahou tých pozitívnych.

Kontraproduktívne rizikové a pozitívne hlasy:²⁰

- náhrada práce človeka robotom povedie k rastu podielu kapitálu na príjmoch, a naopak, k poklesu podielu práce tzn. na úkor pracovníkov.
- v Európe chýba v priemysle kvalifikovaná pracovná sila a navyše nastal populačný pokles (napr. odhaduje sa, že v roku 2030 sa v Nemecku asi o 20 % zníži počet pracovníkov v produktívnom veku oproti súčasnosti), takže pokles dopytu po pracovníkoch je skôr vítaný.
- rozhodujúcim faktorom úspešnosti firiem bude skôr talent pracovníkov, než kapitál. To bude viesť na pracovných trhoch k stále oddeľujúcim sa segmentom „nízka zručnosť/nízky plat“ a „vysoká zručnosť/vysoký plat“, čo povedie k zvyšovaniu sociálneho napätia.
- nahradenie pracovníkov technológiami bude v konečnom dôsledku viesť k čistejším, bezpečnejším a užitočnejším pracovným miestam.
- nespokojnosť môže byť tiež spôsobená prenikaním digitálnych technológií, a dynamikou zdieľania informácií typická pre sociálne médiá. Viac ako 30 percent svetovej populácie teraz používa platformy sociálnych médií. Ich prostredníctvom sa môžu vytvárať a propagovať nerealistické očakávania, pokiaľ ide o to, čo predstavuje úspech pre jednotlivca alebo skupiny, rovnako predstavujú príležitosť pre šírenie extrémnych myšlienok a ideológií.
- na jednej strane, techno-pesimisti tvrdia, že kritické prínosy digitálnej revolúcie už boli dosiahnuté, a ich vplyv na produktivitu je takmer vyčerpaný. V opačnom tábore, techno-optimisti tvrdia, že technológie a inovácie sú ešte pred inflexným bodom, a čoskoro sa rozpúta nárast produktivity a vyššieho hospodárskeho rastu.

²⁰ <https://industry4.sk/o-industry-4-0/co-je-industry-4-0/>

2.5 Iniciatívy podporujúce Industry 4.0, digitalizáciu a digitálnu transformáciu

2.5.1 Slovenská republika

Na nástup Industry 4.0 začalo reagovať aj Slovensko. V roku 2016 Ministerstvo hospodárstva SR uskutočnilo konferenciu s názvom Smart Industry – Inteligentný priemysel. Tu predstavilo štátnu koncepciu Inteligentný priemysel pre Slovensko (Smart Industry for 4.0)²¹. Víziou Smart Industry je prístup k automatizácii, digitálnej výrobe, digitalizácii systémov riadenia, flexibilita a interoperabilita výrobných a obchodných procesov prostredníctvom komunikačných sietí.

Ambíciou koncepcie je vytvoriť priaznivé rámcové podmienky pre rozvoj slovenského ekosystému IoT. Snahou tejto koncepcie je zohľadniť technologické trendy, rýchlu priemyselnú globalizáciu, zmeny v priemyselnej štruktúre a nové požiadavky na strane spotrebiteľov. Jedným z odporúčaní Ministerstva hospodárstva SR je zaistiť aktívnu účasť štátnych orgánov pri podpore a zavádzaní Inteligentného priemyslu. Taktiež bude nutné odstrániť regulačné prekážky, znížiť administratívne zaťaženie a podporiť medzinárodnú spoluprácu. Bude však potrebné ich zjednotenie, upraviť podmienky bezpečnosti dát, upraviť zodpovednosti za bezpilotné technológie a aj v ďalších oblastiach definovať jasné štandardy.

V marci 2017 EÚ vyhlásila sériu iniciatív na podporu priemyslu 4.0 v celej Európskej únii. Výbor pre priemysel, výskum a energetiku (ITRE)²² Európskeho parlamentu predstavil analýzu iniciatívy Industry 4.0. Táto štúdia informuje o úlohách v oblasti priemyslu na úrovni EÚ, podpore procesu prepájania digitálnych technológií s priemyselnými výrobkami a službami, analyzuje technologický, sociálny a firemný rozmer zmeny a poskytuje politické odporúčania.²³

Slovenská republika sa v súvislosti s nastupujúcimi procesmi digitálnej transformácie a rozvojom digitalizácie tiež pripravuje na možné dopady na všetky odvetvia hospodárstva a tento vývoj by sa mal intenzívne prejavovať najmä v oblastiach, ako sú školstvo a pracovné prostredie a ich rozvoj, riadenie a legislatíva. Slovenská vláda pri snahe pripraviť sa na dopady digitálnej transformácie v oblastiach výskumu, energetiky, výroby, trhu práce a ďalších odvetví pripravila viacero strategických materiálov a akčných plánov.

²¹ <https://www.mhsr.sk/inovacie/strategie-a-politiky/smart-industry>

²² <https://www.europarl.europa.eu/committees/sk/itre/home/highlights>

²³ <https://innonews.blog/2016/03/31/nieco-o-industry-4-0/>

Medzi kľúčové patria:

- Konceptia inteligentného priemyslu pre Slovensko, Ministerstvo hospodárstva SR, 2016;
 - Akčný plán inteligentného priemyslu SR 2018-2020, Ministerstvo hospodárstva SR, 2018;
 - Stratégia digitálnej transformácie Slovenska 2030 Stratégia pre transformáciu Slovenska na úspešnú digitálnu krajinu²⁴, Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, 2019;
- Stratégia digitálnej transformácie Slovenska 2030 je rámcovou nadrezortnou vládnu strategiou, ktorá definuje politiku a konkrétne priority Slovenska v kontexte už prebiehajúcej digitálnej transformácie hospodárstva a spoločnosti pod vplyvom inovatívnych technológií a globálnych megatrendov digitálnej doby. Stratégia predstavuje kľúčový a rozhodujúci materiál pre Slovensko na začiatku 21. storočia, kedy zákonite dochádza k transformácii industriálnej spoločnosti na spoločnosť informačnú. Pokrýva časové obdobie od roku 2019 do roku 2030 a bola tvorená v rámci rozbehnutých a čiastočne riadených procesov digitalizácie, informatizácie a agendy jednotného digitálneho trhu Európskej únie (ďalej len „EÚ“), ako aj v kontexte globálnych priorít širokej digitálnej transformácie. Stratégia tak dáva prvoradý dôraz na súčasné inovatívne technológie, ako sú umelá inteligencia (Artificial Intelligence, ďalej ako aj „AI“), internet vecí (Internet of Things, ďalej len „IoT“), technológia 5G, veľké dáta a analytické spracovanie dát, blockchain a super-výkonné počítanie (High Performance Computing, ďalej len „HPC“), ktoré sa stanú novým motorom ekonomického rastu a posilňovania konkurencieschopnosti. Na národnej úrovni je preto nevyhnutné akcelerovať naštartované procesy, prepojiť národné strategické opatrenia s globálnymi trendmi, ako aj realizovať nové politiky, ktoré vychádzajú z najaktuálnejších prierezových priorít EÚ, ako aj zo špecifických potrieb Slovenska.
- Akčný plán digitálnej transformácie SR na roky 2019 – 2022, Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, 2019²⁵.

Akčný plán digitálnej transformácie Slovenska na roky 2019 – 2022 vykonáva Stratégiu digitálnej transformácie Slovenska 2030, pričom pokrýva opatrenia, ktoré je možné uskutočniť

²⁴ https://www.mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2019/07/Akcny-plan-DTS_2019-2022.pdf

²⁵ <https://www.mhsr.sk/inovacie/strategie-a-politiky/akcny-plan-inteligentneho-priemyslu-sr>

v krátkodobom časovom horizonte, t. j. od septembra 2019 do konca roka 2022. Ich financovanie je naviazané na programové obdobie 2014 – 2020.

Digitálna koalícia

Na podporu rozvoja digitálnych zručností a kompetencií pre potreby praxe a vzdelávania bola v roku 2017 založená Národná koalícia pre digitálne zručnosti a povolania Slovenskej republiky (Digitálna koalícia)²⁶ (skrátene „Digitálna koalícia“, anglicky: Slovak National Coalition for Digital Skills and Jobs) je iniciatíva s národnou pôsobnosťou v Slovenskej republike založená na podnet Európskej komisie IT Asociáciou Slovenska a Úradom podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu za účasti 21 zakladajúcich členov dňa 27. septembra 2017. Jej cieľom je mobilizovať napriek spektrom verejných, súkromných, akademických a občianskych organizácií a inštitúcií na Slovensku pre zlepšovanie digitálnych zručností občanov, IT špecialistov, všetkých zamestnancov a vo vzdelávaní.

2.5.2 Európska únia

Strategické dokumenty a legislatíva v EÚ v oblasti digitalizácie

Európska komisia považuje budovanie jednotného digitálneho trhu za jednu zo svojich priorit. Kľúčovým faktorom úspechu, pokiaľ ide o využitie výhod jednotného digitálneho trhu v plnej miere, je vysoko konkurencieschopný digitálny priemysel v Európe a integrácia digitálnych inovácií vo všetkých odvetviach. Hoci je predovšetkým úlohou podnikov, aby sa prispôbovali trhovej realite, dôležité je aj intenzívne úsilie na úrovni EÚ pomôcť pri koordinácii národných a regionálnych iniciatív zameraných na digitalizáciu priemyslu.

Z tohto dôvodu akčný plán reflektuje aj na iniciatívu Európskej komisie – Digitalizácia európskeho priemyslu (Oznámenie Komisie Európskemu parlamentu, Rade, Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a Výboru regiónov – COM(2016)²⁷.

Podľa Európskej komisie európsky priemysel bez ohľadu na veľkosť spoločností stále čaká na využitie príležitostí digitalizácie, zatiaľ čo mnoho sektorov ekonomiky rýchlo prijalo digitálne technológie a procesy. Tradičné odvetvia a malé a stredné podniky vo svojej digitálnej transformácii obzvlášť zaostávajú. Európska komisia do roku 2020 investuje 500 miliónov

²⁶ <https://digitalnakoalicia.sk/>

²⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0180>

EUR do celoeurópskej siete Centier digitálnych inovácií, v ktorých budú podniky získavať poradenstvo a testovať digitálne inovácie.

Zabezpečením rozvoja Centier digitálnych inovácií (CDI) v celej Európe sa umožní všetkým priemyselným odvetviám v Európe prístup k najnovším technológiám s cieľom podnietiť vlnu inovácií zdola nahor naprieč odvetviami. Opatrenia na úrovni EÚ, ktoré podporujú takéto CDI, vykazujú nielen zvýšenie konkurencieschopnosti existujúcich podnikov, predovšetkým v prípade MSP a spoločností so strednou trhovou kapitalizáciou, ale aj zakladanie ďalších podnikov zabezpečujúcich nové digitálne produkty a služby. Vplyv je ešte väčší, keď sa podpora centier digitálnych inovácií kombinuje s opatreniami na uľahčenie prístupu k financovaniu, informovanosťou a sprostredkovateľskými činnosťami. Výsledkom je úplné CDI, ktoré podporuje mnohostranné prepojenia medzi centrami, priemyselnými používateľmi a dodávateľmi, technickými expertmi a investormi a uľahčuje prístup na trhy celej EÚ. Prepojením týchto CDI v celej Európe by sa vytvorilo jednotné kontaktné miesto pre najnovšie digitálne technológie dostupné pre všetky podniky.

Chorvátske predsedníctvo v Rade EÚ publikovalo Závery Rady o formovaní digitálnej budúcnosti Európy²⁸, na ktorých tvorbe a pripomienkovaní sa aktívne podieľal aj Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu. Prijatie Záverov všetkými členmi Rady EÚ je vyvrcholením snáh a iniciatív HR PRES v oblasti digitálnej transformácie.

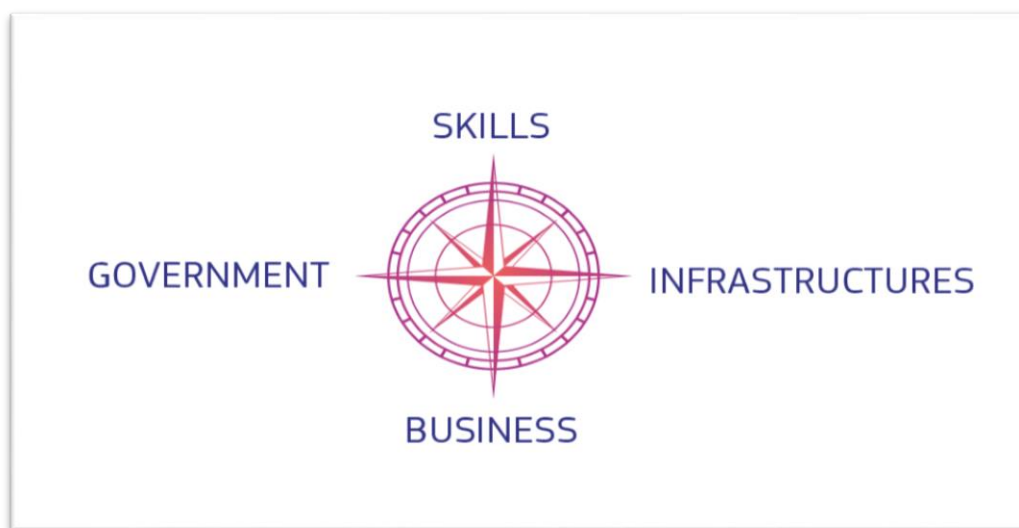
Závery Rady o formovaní digitálnej budúcnosti Európy nadväzujú na rovnomené oznámenie Komisie z 19. februára 2020, ktoré je súčasťou tzv. digitálneho balíčka (Oznámenie Formovanie digitálnej budúcnosti Európy, Oznámenie Európska údajová stratégia a Biela kniha o umelej inteligencii – európsky prístup k excelentnosti a dôvere). Dokument je vypracovaný v kontexte opatrení na boj proti pandémie COVID-19. Opiera sa tiež o strategické dokumenty EÚ v oblasti Jednotného digitálneho trhu, digitálnej transformácie, o strategické dokumenty tzv. priemyselného balíčka a Európsku zelenú dohodu.

Závery identifikujú zásadné témy pre budovanie digitálnej budúcnosti Európy, akými sú údaje a cloud; umelá inteligencia; inovačné technológie a digitálne hodnotové reťazce; kybernetická bezpečnosť; 5G/6G a konektivita; udržateľnosť životného prostredia; elektronické zdravotníctvo; Akt o digitálnych službách; mediálna politika; elektronická identifikácia a dôveryhodné služby, verejná správa, štandardy a blockchain; zručnosti a vzdelávanie; medzinárodná dimenzia a digitálne zdaňovanie. Komisia 9. marca 2021 predstavila víziu a

²⁸ <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8711-2020-INIT/sk/pdf>

spôsoby, ako dosiahnuť digitálnu transformáciu Európy do roku 2030. Tento Digitálny kompas pre digitálne desaťročie EÚ²⁹ sa vyvíja okolo štyroch základných bodov. Tieto body sú uvedené na obrázku č. 9.

Obrázok č. 9 Základné body digitálnej transformácie v EÚ (digitálny kompas)



Zdroj: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_sk



Zručnosti

Špecialisti v oblasti IKT: 20 miliónov + rodová konvergencia

Základné digitálne zručnosti: minimálne 80 % obyvateľstva

²⁹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_sk



Digitálna transformácia podnikov

Zavádzanie technológií: 75 % spoločností v EÚ používa cloud/AI/big data

Inovátori: rast scaleupov a financovanie na zdvojnásobenie hodnoty „jednorožcov“ v EÚ

Neskorí osvojovatelia: viac ako 90 % MSP dosahuje aspoň základnú úroveň digitálnej intenzity



Bezpečné a udržateľné digitálne infraštruktúry

Pripojiteľnosť: gigabitové pripojenie pre každého, 5G všade

Špičkové polovodiče: zdvojnásobiť podiel EÚ na celosvetovej produkcii

Dáta – edge a cloud: 10 000 klimaticky neutrálnych vysokobezpečných okrajových (edge) uzlov. Computing: prvý počítač s kvantovým zrýchlením



Digitalizácia verejných služieb

Kľúčové verejné služby: 100 % online

Elektronické zdravotníctvo: 100 % občanov má prístup k zdravotným záznamom

Digitálna identita: 80 % občanov používajúcich digitálne preukazy totožnosti

OECD

Podľa OECD ekonomiky a spoločnosti prechádzajú digitálnymi transformáciami, ktoré prinášajú príležitosti a výzvy a pripravenosť krajín využiť výhody digitálneho sveta do veľkej miery závisia od zručností ich obyvateľstva. Konštatuje v najnovšom vydaní Skills Outlook

2019 organizácia OECD.³⁰ Cieľom tohto vydania je pochopiť, ako môžu politiky, a najmä tie, ktoré ovplyvňujú rozvoj a využívanie zručností, formovať výsledky digitálnej transformácie a premietnuť sa do rovnomernejších spoločných prínosov medzi obyvateľmi krajín a v rámci nich. Zabezpečenie toho, aby ľudia mohli využívať nové technológie a nezostali pozadu, si vyžaduje komplexné a koordinované politické úsilie. Tento balík koordinovaných politík musí súčasne podporovať digitalizáciu tam, kde sa zvyšuje produktivita a blahobyt a inak zmierniť jeho negatívne vplyvy.

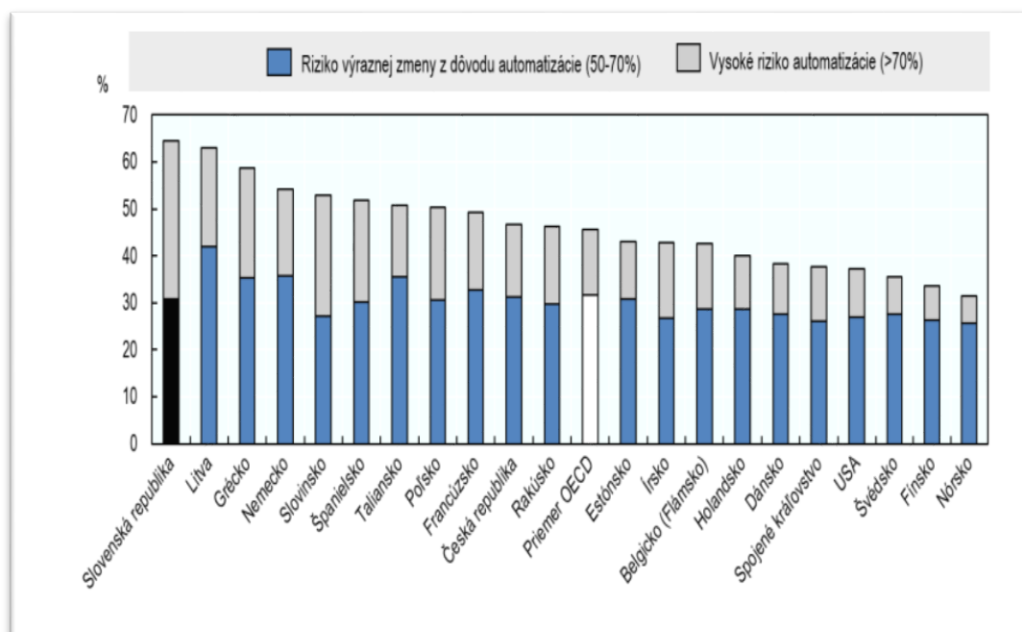
Podľa štúdie Organizácie pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (OECD)³¹ sú najviac ohrozené práve krajiny ako Slovensko. Dôvodom je vysoká závislosť ekonomiky na výrobe. Spomedzi krajín OECD je práve Slovenská republika tou s najvyšším počtom ohrozených typov zamestnaní. Prvé dôsledky tohto javu môžeme vidieť už teraz v podobe nedostatku kvalifikovaných pracovných síl. Vedomosti z oblasti IT budú v blízkej budúcnosti rozhodujúce. Dôležitou bude aj výrazná reforma v oblasti školstva, vzdelávania a rekvalifikačných programov. Dobrou správou však je že miznúce povolania budú postupne nahradené úplne novými.

Automatizácia pracovných miest predstavuje pre Slovensko vážnu výzvu. Digitálne inovácie ako strojové učenie (machine learning), veľké dáta alebo umelá inteligencia (AI), zmenia v budúcnosti charakter mnohých pracovných miest a transformujú výkon určitých pracovných úloh. Zistenia OECD na základe výsledkov Medzinárodného hodnotenia kľúčových kompetencií dospelých (Survey of Adult Skills, v skratke: PIAAC) indikujú, že približne 34 % zamestnancov v Slovenskej republike je výrazne ohrozených automatizáciou svojej pracovnej pozície, kým ďalších 31 % môže očakávať výrazné zmeny vo výkone svojich pracovných úloh. Z dôvodu veľkosti odvetvia výroby v Slovenskej republike je podiel pracovných miest ohrozených automatizáciou najvyšší spomedzi všetkých krajín OECD-PIAAC, pozri Graf č. 1.

³⁰ https://read.oecd-ilibrary.org/education/oecd-skills-outlook-2019_df80bc12-en#page1

³¹ https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019_9ee00155-en;jsessionid=LvY-UBO8au4l1L9CEdzL20F2.ip-10-240-5-88

Graf č.1. Prehľad možnej miery automatizácie a percentuálneho pomeru výrazne ohrozených pracovných miest v jednotlivých krajinách



Zdroj: <https://www.oecd.org/skills/centre-for-skills/OECDSkillsStrategySlovakRepublicReport%20SummarySlovak.pdf>, Nedelkoska, L. and G. Quintini (2018), „Automatizácia, zručnosti a výcvik“, OECD pracovné dokumenty – sociálne veci, zamestnanosť, migrácia, č. 202, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>

Eurofound – Európska nadácia pre zlepšovanie životných a pracovných podmienok so sídlom v Dubline

Eurofound venuje problematike digitalizácie, robotizácie, novým formám práce, platformovej práci a ich dopadom na trh práce, zamestnanosť a pracovné podmienky veľkú pozornosť. V roku 2021 napr. vydala publikáciu Digitalizácia na pracovisku³².

Výskum transformačného potenciálu digitálnej revolúcie má v dôsledku digitalizácie tendenciu uplatňovať skôr kvantitatívny prístup v snahe monitorovať zmeny na úrovni zamestnanosti. Strach z možných strát pracovných miest a negatívne narušenie, ktoré so sebou prinášajú digitálne technológie, prenikli do politických diskusií o digitalizácii. Naproti tomu sa v tejto správe založenej na výskume, ktorý vychádza z prípadových štúdií, uplatňuje k preskúmaniu vplyvu vybraných digitálnych technológií (internet vecí, 3D tlač a virtuálna a rozšírená realita) na pracovisku kvalitatívnejší prístup. Hoci digitálne technológie môžu priniesť veľa príležitostí

³² <https://www.eurofound.europa.eu/sk/publications/report/2021/digitisation-in-the-workplace>

a ukázalo sa, že sú prínosom pre pracovníkov, ako aj organizácie, je potrebné zaviesť ochranné opatrenia, aby sa zabezpečila ochrana údajov a súkromia zamestnancov. Dobre fungujúci sociálny dialóg je kľúčový pre využitie výhod spojených s digitálnymi technológiami a pre zabránenie akýmkoľvek negatívnym výsledkom alebo pre ich minimalizáciu.

V ďalšom reporte, *Automation, digitisation and platforms: Implications for work and employment* (2018), sa venovali riešitelia nástupu digitálnej revolúcie. Kľúčovým prvkom záujmu politikov je vplyv, ktorý budú mať tieto zmeny na svet práce a zamestnanosti. Táto správa skúma doterajšiu históriu digitálnej revolúcie, dáva ju do kontextu iných období výrazného technologického pokroku a skúma, ako technologické zmeny interagujú so zmenami v inštitúciách. Digitálne technológie majú značný rušivý potenciál vrátane zvýšenia flexibility výroby a jednoduchšej dostupnosti informácií. Zatiaľ čo sektor informačných technológií bol doteraz najviac zasiahnutý, ostatné sektory sa rýchlo menia s rozširovaním nových technológií. Správa tiež skúma tri kľúčové vektory zmien: automatizáciu práce, začlenenie digitálnych technológií do procesov a koordináciu ekonomických transakcií prostredníctvom digitálnych sietí známych ako „platformy“. Nasledujú ďalšie výskumné zistenia, napr.³³

2.6 Aktivity EU-OSHA v oblasti digitalizácie, robotizácie a pracovných podmienok

Európska agentúra EU-OSHA vykonáva rozsiahlu prácu v oblasti digitalizácie a BOZP, a to od podrobných prognostických správ, diskusných dokumentov, cez hlavný prehľad výskumov, zásad a činností realizovaných v rokoch 2020 až 2022, až po kampaň Zdravé pracoviská, ktorá sa začne v roku 2023.

K dispozícii je takisto špecializovaná časť webu s odkazmi na ďalšie informácie, vďaka ktorým budete informovaní o najnovšom vývoji v tejto oblasti. Prognóza nových a vznikajúcich výziev v oblasti BOZP spojených s digitalizáciou – Prognostická štúdia založená na scenároch.³⁴ Táto prognostická štúdia identifikuje kľúčové trendy a hnacie sily zmien, ktoré do roku 2025 významne pretransformujú pracoviská, a skúma možné vplyvy digitalizácie na BOZP pomocou

³³ <https://www.eurofound.europa.eu/data/digitalisation/research-digests/automation-digitisation-and-platforms-in-the-world-of-work#s-01>, <https://www.eurofound.europa.eu/data/digitalisation/research-digests/employment-impact-of-digitalisation>

³⁴ <https://osha.europa.eu/en/publications/foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated>

štyroch scenárov pracovného života v roku 2025. Keďže nedokážeme predpovedať budúcnosť, cieľom scenárov je podpora strategických diskusií s cieľom predvídať a účinne riadiť potenciálne výzvy v oblasti BOZP.

Jedným z hlavných cieľov agentúry EU-OSHA je poskytovať tvorcom politík a výskumným pracovníkom spoľahlivé informácie, ktoré potrebujú pre podniknutie včasných a účinných krokov a vytváranie bezpečných a zdravých pracovísk budúcnosti. Diskusné dokumenty Cieľom našich odborných diskusných dokumentov je informovať a stimulovať debatu o konkrétnych témach súvisiacich s digitalizáciou. Štúdia o regulačnom a politickom vývoji v EÚ spojenom s hospodárstvom online platforiem a jeho možnom vplyve na BOZP Táto správa popisuje riziká v oblasti BOZP, ktoré môžu vzniknúť ako dôsledok práce založenej na online platformách, a problémy, ktoré digitálne hospodárstvo predstavuje v súvislosti s regulačnými prístupmi k BOZP, pričom sa v nej takisto uvádzajú príklady existujúcich, resp. pripravovaných politík a regulačných snáh, ktorých cieľom je nájsť riešenia týchto rizík a problémov.

Projekty:

Prehľad digitalizácie a BOZP, 2020 – 2022

V rokoch 2020 až 2022 agentúra EU-OSHA organizuje projekt s názvom „Prehľad BOZP“³⁵ s cieľom poskytnúť hĺbkové informácie o politike, prevencii a praxi v súvislosti s výzvami a príležitosťami digitalizácie v kontexte BOZP, ako je opísané v tomto dokumente. Tento prehľad BOZP nadväzuje na prognostickú štúdiu o digitalizácii a BOZP a zahŕňa výsledky tretej vlny európskeho prieskumu podnikov v kontexte nových a vznikajúcich rizík (ESENER-3) agentúry EÚ-OSHA o digitalizácii na pracoviskách v EÚ.

Prehľad BOZP zahŕňa niekoľko projektov realizovaných kombináciou prehľadov literatúry, prieskumov, rozhovorov, prípadových štúdií a hodnotení politík a postupov.

Zameriava sa na tieto oblasti:

- pokročilá robotika a automatizácia úloh, a konkrétnejšie:
 - vplyv automatizácie úloh a zmeneného obsahu práce na BOZP,
 - inteligentná spolupracujúca robotika (coboty),
- monitorovanie pracovníkov a BOZP:

³⁵ <https://osha.europa.eu/en/publications/key-trends-and-drivers-change-information-and-communication-technologies-and-work-location>

- vrátane nových foriem riadenia pracovníkov s podporou umelej inteligencie alebo algoritmami, ako je napríklad gamifikácia práce,
- práca na online platformách s aktualizáciou regulačného a politického vývoja v rámci agentúry EU-OSHA, ako aj kvalitatívny a kvantitatívny výskum BOZP pracovníkov online platforiem,
- prípadové štúdie osvedčených postupov BOZP v digitálnom svete práce:
 - a to aj v súvislosti s technológiami, ako sú virtuálna realita, rozšírená realita a inteligentné OOP, za účelom získania informácií pre kampan Zdravé pracoviská týkajúcej sa digitalizácie.

Kampane:

Pripravovaná kampan Zdravé pracoviská týkajúca sa digitalizácie.

Kampan Zdravé pracoviská, ktorá sa začína v roku 2023, sa zameriava na digitalizáciu. Ďalšie praktické zdroje informácií o digitalizácii a BOZP budú uverejnené na webovom sídle agentúry EU-OSHA v rámci tejto kampane.

Publikácie vydané v rámci výsledkov projektu

- Kľúčové trendy a hybné sily zmeny v informačných a komunikačných technológiách a v mieste výkonu práce – Správa
- Prognóza nových a vznikajúcich rizík bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, súvisiacich s digitalizáciou do roku 2025 – Správa a zhrnutie
- Animované filmy pre prognostické scenáre (ppt.)
- Brožúra.

Nadväzujúce štúdie, ktoré sa ďalej zameriavajú na dôležité oblasti a výzvy

- Ochrana pracovníkov v rámci hospodárstva online platforiem: Prehľad v oblasti vývoja regulácie a politiky v EÚ – Správa a zhrnutie
- Workshop na tému Ochrana pracovníkov v rámci hospodárstva online platforiem

Týmito činnosťami by sa malo v budúcnosti pokračovať v zaisťovaní bezpečných a zdravých pracovísk v súlade s inteligentným, udržateľným a inkluzívnym rastom v EÚ³⁶.

Viac v ďalších kapitolách vo vzťahu k pracovným podmienkam a BOZP.

Filmy NAPO o digitalizácii a robotoch

Napo zohráva svoju úlohu pri bezpečnej digitalizácii

Budúcnosť je už tu a pracoviská sa prispôbujú novým spôsobom práce a technológiám. Napo chce, aby bol tento prechod čo najbezpečnejší a najzdravší, pričom sa využijú príležitosti a prekonajú výzvy pri vytváraní lepšieho pracovného prostredia. Automatizácia, kooperatívne roboty alebo exoskelety môžu pri správnom zavedení do praxe, riadení a údržbe zvýšiť bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. Smerodajným bodom je digitalizácia zameraná na človeka a Napo dáva toto posolstvo jasne najavo svojim vedúcim a kolegom. Pozrite si film [Napo a...roboty pri práci](#). Myslíte z hľadiska digitalizácie, bezpečnosti a ochrany zdravia.

³⁶ https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester_en

III. DOPADY PRIEMYSLU 4.0, AUTOMATIZÁCIE A DIGITALIZÁCIE NA PRACOVNÉ PODMIENKY A BOZP

3.1 Priemysel 4.0 a pracovné podmienky

V poradí štvrtá priemyselná revolúcia, označovaná ako Priemysel 4.0, predstavuje systematickú zmenu, ktorá preniká do všetkých oblastí spoločenského života, predovšetkým a vo veľkej miere do oblasti práce (Fifeková, Nemcová, 2016).

Tak ako každá spoločenská zmena, spočívajúca v inovatívnom postupe, tak aj príchod Priemyslu 4.0 predstavuje prínos v rôznych sférach, ktorý sa však nezaobíde aj bez negatívnych dopadov.

Štvrtá priemyselná revolúcia ponúka nový smer a jedinečné príležitosti pre rozvoj národných hospodárstiev. Táto rozsiahla spoločenská zmena značne ovplyvní trh práce, čo sa prejaví v tvorbe nových pracovných miest na strane jednej, avšak neoddeliteľným dôsledkom bude aj ohrozenie už existujúcich pracovných pozícií. Ohrozenie pracovných miest nemusí nevyhnutne znamenať ich stratu, v širšom ponímaní ide aj o ich transformáciu na pozície zatiaľ nepomenované. V súčasnosti sa objavujú rôzne výskumy a názory expertov percentuálne odhadujúce množstvo pracovných miest, ktoré majú v dôsledku digitalizácie zaniknúť. Druhá skupina názorov zastáva pozitívnejší prístup k tejto problematike a tvrdí, že moderné technológie ľuďom prácu nevezmú, len sa zmení jej charakter a podoba.

Ako príklad možno uviesť výsledky prezentácie spoločnosti ManpowerGroup³⁷ vychádzajúce z ankety medzi 18 000 zamestnávateľmi v 43 rôznych krajinách, v ktorej sa skúmal vplyv automatizácie na zamestnanosť v budúcich dvoch rokoch. Spoločnosť ManpowerGroup prezentovala na Svetovom ekonomickom fóre v Davose výsledky prieskumu „Skills revolution“ – Revolúcia zručností.

Vplyv digitalizácie a automatizácie na fungovanie spoločností predpokladá viac než 90 % zamestnávateľov, a to už v najbližších 2-3 rokoch. V dôsledku toho, približne rovnaké percento zamestnávateľov očakáva, že sa počet ich zamestnancov buď vôbec nezmení, alebo sa zvýši. Čo značí, že len desatina respondentov očakáva, že sa zamestnanosť pod vplyvom digitalizácie zníži. K vízii zvýšenia počtu zamestnanosti sa prikláňa až 25 % amerických firiem, pričom najoptimistickejší sú zamestnávatelia v Guatemale, Paname, Peru a USA, ktorí očakávajú

³⁷ <http://www.goodwill.eu.sk/clanky/item/159-digitalizacia-a-robotizacia-navzdych-zmenia-trh-prace>

nárast počtu zamestnancov od 21 % až do 50 %. v Európe očakávajú nárast najímania zamestnancov nemecké a holandské podniky, naproti tomu Severoeurópske a Východoeurópske podniky (vrátane slovenských) sa obávajú poklesu zamestnanosti.

Zavádzaním nových technológií v spoločnostiach dôjde k zmene charakteru práce a štruktúre povolania, čím sa výrazne mení aj hodnota zručností ľudí. Najviac budú ohrozené administratívne a kancelárske pozície a oblasť financií a účtovníctva, kde sa v nasledujúcich rokoch predpokladá pokles počtu zamestnancov až do 7 %.

Vo všeobecnosti možno hovoriť o ohrození pozícií, náplňou ktorých sú rutinné, opakované činnosti. Pôjde predovšetkým o menej kvalifikovaných zamestnancov, s nižšími digitálnymi zručnosťami, ale rizikovou skupinou sú aj zamestnanci nad 50 rokov.

Spracovateľský priemysel, oblasť obchodu a starostlivosti o zákazníkov, a najmä oblasť IT predpokladá nárast počtu zamestnancov o 9 %, pričom oblasť ľudských zdrojov sa pokladá za takmer neohrozenú. Ideálnym modelom v tzv. „revolúcii zručností“ bude kombinácia mäkkých zručností, technických zručností a digitálnych zručností. Hrozba nahradenia ľudskej pracovnej sily automatizáciou sa znižuje osobnostnými silnými stránkami a zručnosťami. Silné stránky alebo „mäkké zručnosti“ predstavujú typické ľudské vlastnosti, u ktorých nie je možné ich nahradenie strojmi. Patrí sem komunikácia, spolupráca a kreativita, a najmä jedinečné ľudské rysy, ktorými sú empatia, kognitívne schopnosti, zvedavosť a túžba učiť sa.

Z pohľadu zamestnávateľov patria medzi kľúčové zručnosti digitálneho veku komunikácia, spolupráca, riešenie problémov, organizácia, služby zákazníkom, vodcovstvo a manažment. Tieto sú najviac cenené a najťažšie získateľné. Komunikačné zručnosti (písomné či ústne) sú najcennejšími mäkkými zručnosťami, tie sú najdôležitejšie v oblasti IT (práca v tímoch, komunikácia so zákazníkmi). Spoločnosti majú preto dopyt po zamestnancoch, ktorí vedia čo najlepšie uspokojiť potreby zákazníkov a to práve cez komunikáciu, riešenie problémov a schopnosť orientovať sa v nových technológiách.

Technický rozvoj a zmenu formy práce je potrebné nutne spájať so vzdelávaním. V tomto kontexte sa nemá na mysli len rekvalifikácia zamestnancov, ktorých pracovné pozície zaniknú a presunú sa do iných aktivít, ale hovoríme aj o samotnej reforme vzdelávacieho systému.

Pre úspešné uplatnenie Inteligentného priemyslu bude nevyhnutné intenzívne prepojenie praxe so školami. So vzdelávacím procesom v oblasti digitalizácie a automatizácie sa preto odporúča začať už na najnižšom stupni vzdelávania. Doterajšie vzdelávanie bolo špecializované,

zameriavalo sa na prípravu na zamestnanie v jednom odbore. V dobe priemyselného pokroku odbornosť rýchlo zastaráva a žiadané je celoživotné flexibilné vzdelávanie zamerané na potreby trhu. Pri vzdelávaní zamestnancov, zvyšovaní ich kvalifikácie a ich rekvalifikácii bude dôležitú úlohu odohrávať nastavenie firemnej kultúry.

Podľa Bulla (2018) meniace sa podmienky na trhu práce, vyvolané nástupom štvrtej priemyselnej revolúcie, prinášajú aj nové výzvy pre pracovné právo a pre sociálnych partnerov. Pôvodne relatívne homogénny charakter pracovných síl je minulosťou a dochádza ku stále väčšej fragmentácii. Štandardná práca v pracovnom pomere na neurčitý čas a na plný úväzok je na ústupe, rozširujú sa najrôznejšie formy atypických zamestnaní, od pracovného pomeru na kratší pracovný čas, či na určitú dobu, cez teleworking, až po on-call contracts. Dochádza tiež k prelinaniu hraníc medzi závislou prácou a podnikaním, čo viedlo k vytvoreniu osobitnej kategórie ekonomicky závislých samostatne zárobkovo činných osôb, pre ktoré bol v niektorých krajinách vytvorený osobitný právny režim. Špecifickým problémom je čierna práca, ako aj obchádzanie pracovnoprávnej úpravy cez občianskoprávne a obchodnoprávne zmluvy. Tento fenomén sa bude ďalej posilňovať v súvislosti s nárastom využívania crowdworkingu.³⁸

Crowdsourcing je ďalším zo skupiny fenoménov spojených s vývojom nových technológií ovplyvňujúci ekonomickú (tzv. digitálna ekonomika) i pracovnoprávnu sféru (nové formy výkonu práce eventuálne organizácie práce).

EU-OSHA v dokumente „Prieskum o budúcnosti práce: výmeny práce online alebo „crowdsourcing“: dôsledky pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, upozorňuje na novovytvorený spôsob výkonu práce. Crowdsourcing je vymedzený ako platené práca organizovaná prostredníctvom pracovnej výmeny online.³⁹ Výkon práce crowdsourcingovou formou sa predpokladá aj pre vyššie analyzovaný koncept inteligentnej práce, s ohľadom na základný princíp jej fungovania - vykonávanie pracovnej úlohy na základe online komunikácie.

Crowdsourcingový spôsob výkonu práce môže byť vykonávaný aj bez používania technológií. Prijatie pracovnej úlohy, t. j. koordinácia práce prebieha online, pričom skutočný výkon práce sa realizuje výkonom manuálnej práce pre klienta, ktorý si požiadavku konkrétnej úlohy zadá na online portáli. Podstatným aspektom ale je, že zatiaľ čo pri smartworkingu alebo teleworkingu je ustálené, že výkon tejto práce prebieha v rámci pracovnoprávneho vzťahu

³⁸ <http://www.laborlaw.sk/wp-content/uploads/2018/05/Praca-4.0.pdf>

³⁹ <https://osha.europa.eu/en/publications/future-work-crowdsourcing>

zamestnanca a zamestnávateľa, s modalitami príznačnými pre povahu takto vykonávanej práce, pri prácach vykonávaných na online platformách (vrátane crowdsourcingu) sa dostávame do nevyriešenej zóny, a to či sa výkon tejto práce uskutočňuje/má uskutočňovať v rámci pracovnoprávneho režimu výkonu závislej práce – vo vzťahu zamestnanca a zamestnávateľa alebo vykonávateľa online ponúknutých/zadaných úloh vykazujú vo väčšej miere postavenie samostatne zárobkovo činných osôb (vychádzajúc z právnej regulácie de lege lata v Slovenskej republike). Od tejto skutočnosti sa následne odvíjajú ďalšie otázky, akými je najmä otázka zákazu diskriminácie, minimálna pracovnoprávna ochrana a najmä tiež zabezpečenie starostlivosti o bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci.

3.2 Priemysel 4.0, BOZP a starostlivosť o zdravie v práci

Rozvoj informačno – komunikačných technológií je nezadržateľný. Oblasť pracovného trhu nie je vo využívaní moderných technológií výnimkou. Prejavuje sa v digitalizácii pracovísk, robotikou, vznikom nanomateriálov, monitorovaním zamestnancov na pracovisku, komunikáciou online.

Voči pracovnoprávnej regulácii sa otvárajú výzvy, ako reagovať na výkon práce prostredníctvom informačných zariadení, pri ktorých dochádza k zmene tradičného miesta výkonu práce (práca z domu, mobilní zamestnanci, práca z knižníc, kaviarní, centier zriadených zamestnávateľom a pod.), ako zabezpečiť štandardnú úroveň bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, aké kontrolné mechanizmy uplatniť voči zamestnancom pracujúcim mimo priestorov zamestnávateľa, alebo či pojem súčasnej definície závislej práce by nemal podliehať transformácii z dôvodu pokrytia nových právnych vzťahov v oblasti výkonu pracovnej činnosti (napr. crowdsourcing). Predovšetkým s ohľadom na rozmáhajúci sa trend tzv. inteligentnej práce, možno predpokladať, že tradičný model obsahu pracovnoprávneho vzťahu nebude viac udržateľný. Pokroky v IKT tak otvorili dvere novým spôsobom práce. Práca na diaľku s využitím IT, teleworking a práce na platforme sa už stávajú súčasťou „flexibilných pracovných režimov“, zameraných na modernizáciu organizácie práce. Tieto nové formy práce však môžu znamenať aj bezpečnostné a zdravotné riziká pre zamestnancov, a to v prípade, že tieto riziká nebudú včas a adekvátne identifikované a následne riadené, pomocou vhodných preventívnych opatrení. Z tohoto dôvodu je potrebný výskum v tejto oblasti a masívna osвета všetkých zainteresovaných strán. Okrem novovznikajúcich výziev pre pracovnoprávnu reguláciu je dôležité upriamiť pozornosť na aspekt ochrany zdravia. Moderné zariadenia a ich využívanie

pri výkone práce v sebe prirodzene implikuje závažné faktory ohrozujúce fyzické a duševné zdravie jednotlivca/zamestnanca. O rizikách a následkoch používania informačno – komunikačných technológií pri výkone práce na fyzické a duševné zdravie zamestnancov (resp. osôb vykonávajúcich prácu na báze online platformy), bolo v jednotlivých štátoch zrealizovaných viacero výskumov. Dosvedčujú to dostupné výskumné správy a dokumenty EU-OSHA⁴⁰, MOPu⁴¹, či WHO⁴².

Zahrňajú jednak výsledky prieskumov uskutočnených vo všeobecnosti (bez spojitosti s výkonom práce), na vzorke zamestnancov vykonávajúcich teleprácu (s ďalšou možnou klasifikáciou z hľadiska ich mobility, resp. miesta výkonu práce) a rovnako i závery o rizikách a potenciálnych ochoreniach vyplývajúcich z práce vykonávanej v rámci pracovných výmen online. Pre všetky nové spôsoby a formy vykonávania práce používaním IKT v pracovnoprávných vzťahoch (teleworking, smartworking, crowdsourcing) je spoločné to, že práce s ich využitím sú vykonávané na inom mieste ako je prevádzka zamestnávateľa a pracovný čas/čas vykonávania pracovnej činnosti si títo zamestnanci rozvrhujú relatívne samostatne (odchýlky môžeme nájsť pri talianskej právnej úprave smartworkingu v aspekte práva na odpojenie). Práve od týchto dvoch skutočností sa podľa nášho názoru priamo odvíja úroveň ochrany zdravia pri práci.

Okrem negatív používania IKT pri výkone práce, je dôležité prvotne vyzdvihnúť i niektoré z nesporných pozitív. Umožnením plnenia pracovných činností z domu alebo iného miesta došlo k vyňatiu jednotlivca z nebezpečných prostredí, osobné stretnutia nahradili virtuálne kontakty (komunikácia cez videohovory), čo vedie k znižovaniu rizík poškodenia zdravia v súvislosti s cestovaním a v najväčšej miere sa ako pozitívne javí to, že prispieva k duševnej pohode zamestnanca pri výkone práce v dôsledku toho, že flexibilné modely výkonu práce dávajú väčšie možnosti k zosúladieniu pracovného a rodinného života. Na druhej strane existuje celá škála nepriaznivých faktorov, ktoré ohrozujú alebo priamo poškodzujú fyzické a duševné zdravie zamestnancov.

⁴⁰ <https://osha.europa.eu/en/publications/protecting-workers-online-platform-economy-overview-regulatory-and-policy-developments-eu>

⁴¹ <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2017/working-anytime-anywhere-the-effects-on-the-world-of-work>

⁴² <https://apps.who.int/iris/handle/10665/184264>

Vo všeobecnosti sa uvádza, že z hľadiska následkov používania technologických zariadení na fyzické zdravie sa tieto prejavujú predovšetkým vznikom:

- i. muskuloskeletálnych ťažkostí (bolesti krku, chrbta, ramien zápästia) spôsobených dlhými hodinami sedenia, prípadne tiež nesprávny ergonomickým nastavením miesta, odkiaľ sa práca vykonáva a zlým držaním tela,
- ii. nadváhy alebo obezity z dôvodu sedavého životného štýlu,
- iii. problémov s očami a videním – bolesti hlavy, rozmazané až dvojité videnie a
- iv. objavujú sa aj štúdie polemizujúce o vplyve radiačného žiarenia na zdravie fyzickej osoby,

pričom však niektoré názory uvádzajú, že priamy vzťah medzi radiačným žiarením a konkrétnymi symptómami nebol preukázaný.

Úmerne s vplyvmi výpočtovej techniky na poruchy fyzického zdravia, sa apeluje na monitorovanie a prevenciu psychosociálnych faktorov vyplývajúcich aj na mentálne zložky zdravia zamestnancov. K bežným psychosociálnym rizikám môžeme zaradiť najmä stres, technostres, vyhorenie, izoláciu, kyberšikanu a technologickú závislosť.

Jedným zo zásadných psychosociálnych faktorov, ovplyvňujúcich predovšetkým stav duševného zdravia zamestnanca, je stres (v kontexte IKT technostres), ktorého príčinou môžu byť práve negatíva, vyplývajúce z vykonávania práce na diaľku. Najčastejšou príčinou môže byť práve skutočnosť, že zamestnanec sa v „pracovnom prostredí“ nachádza 24 hodín denne a 7 dní v týždni.

Podľa Seilerová (2018): „Domnievame sa, že pre zamestnancov môže (neplatí výlučne) byť veľmi ťažké správne si rozvrhovať pracovný čas a vedieť oddeliť pracovný a súkromný život. Prerušovanie výkonu práce v priebehu dňa v dôsledku riešenia súkromných záležitostí (napr. starostlivosť o deti), vedie k odkladaniu plnenia pracovných úloh na nočné hodiny, prípadne dni keď iní zamestnanci čerpajú nepretržitý odpočinok v týždni. S ohľadom na ich účel, ktorým je regenerácia pracovných síl v nepretržitom intervale, môže mať takýto výkon práce priamy dopad na duševné i fyzické zdravie zamestnanca. Myslíme si, že účelom rozvrhovania pracovného času a dôb odpočinku v štandardnom pracovnoprávnom vzťah má zásadný význam z hľadiska ochrany zdravia zamestnanca. Práve vykonávanie práce v nepretržitom režime z domu/iného miesta každý deň v týždni z dôvodu nesprávneho rozdelenia pracovných a

súkromných aktivít môže viesť včasnému nástupu syndrómu vyhorenia, depresii či úzkostných stavov.“⁴³

Závažným rizikom, spojeným s prácou s technologickými zariadeniami a vplyvujúcim na duševnú pohodu a zdravie zamestnancov, je aj technostres a telešikana ako dôsledky možnosti telezamestnanca byť neustále pripojený online a zneužívania tejto „výhody“ zo strany zamestnávateľa. Podiel pracovníkov, ktorí zažívajú kognitívne preťaženie, digitálnu únavu, mentálne vyčerpanie a rôzne formy „technostresu“ (t. j. negatívne kognitívne, afektívne a behaviorálne psychosociálne reakcie na používanie ICT), by sa mal zvýšiť⁴⁴.

Digitalizácia výrobných postupov v prevažnej miere priaznivo ovplyvňuje bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, vytvára technickú bezpečnosť práce na relatívne vysokej úrovni. Na druhej strane má súčasne aj nepriaznivé sociálnoprávne výsledky na zdravie zamestnancov najmä v oblasti pracovného času. Často stiera rozdiel medzi pracovným časom a časom určeným na odpočinok zamestnanca. Z totálneho pracovného nasadenia zamestnanca vznikajú v súčasnosti mnohé psychické poruchy a choroby aj u relatívne mladých vekových kategórií zamestnancov. Aj z tohto dôvodu sa aktuálne aj v legislatívnej rovine členských štátov EÚ uvažuje o práve zamestnanca na odpojenie sa od mobilu či elektronickej komunikácie so zamestnávateľom v čase jeho pracovného voľna.

Bezpečnosť a ochrana zdravia zamestnanca vplyvom nových technológií sa znižuje aj v oblasti kyberšikany na pracovisku, ktorá je spojená a bezprostredne súvisí s kvalitou pracovného prostredia zamestnanca a ktorá vo významnej miere ohrozuje a poškodzuje zdravie zamestnanca. Digitalizácia pracovných procesov a postupov je spojená s mnohými, aj protirečivými pohybmi, ktoré vo svojich dôsledkoch spôsobujú nielen pozitívne, ale aj negatívne sociálnoprávne dôsledky. Najmä nové druhy a spôsoby práce zamestnancom uľahčujú prácu, no na druhej strane im prinášajú nové sociálnoprávne riziká.

Digitalizácia ekonomiky výrazne zmenila povahu a organizáciu práce v celej Európe, vrátane pracovnej doby, miesta výkonu práce, využívania informačných a komunikačných technológií (ako napríklad práce na diaľku, s využitím IT, teleworkingu a práce na platforme), a foriem

⁴³ Pozri aj : <https://osha.europa.eu/en/publications/key-trends-and-drivers-change-information-and-communication-technologies-and-work-location>

⁴⁴ <https://osha.europa.eu/cs/publications/digitalisation-work-psychosocial-risk-factors-and-work-related-musculoskeletal/view>

zamestnaneckého statusu. Digitalizácia ekonomiky bola posilnená pandémiou COVID-19, čo urýchlilo šírenie nových foriem práce, intenzifikáciu práce a fragmentáciu pracovnej sily v mnohých profesiách a priemyselných oblastiach. Svet práce sa tak rýchlo mení, čo si vyžaduje, aby inovatívne stratégie a vhodné regulácie sprevádzali zmeny v technológii, v organizácii práce a formách zamestnávania a obmedzovali ich dopady na pracovné podmienky a BOZP. A napokon, digitalizácia má vplyv aj na rýchly negatívny nástup muskuloskeletálnych porúch spojených s prácou (WRMSDs – work-related musculoskeletal disorders). Podľa pravidelných prieskumov európskych pracovných podmienok (EWCS 2005, 2010, 2015) a prieskumov ESENER⁴⁵ spolu so psychosociálnymi problémami predstavujú hlavný problém ochrany zdravia pri práci v Európe. Muskuloskeletálne poruchy (MSDs) sú hlavným zdrojom bolesti a nepohodlia vo väčšine odvetví a profesií, ktoré následne vedú k postihnutiu, dlhodobej pracovnej neschopnosti a prípadne i k strate zamestnania.⁴⁶

Ako môžeme riešiť výzvy a maximalizovať príležitosti v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci? ⁴⁷

Podľa EA OSH digitalizácia prinesie v oblasti BOZP nové a vznikajúce výzvy, ale aj príležitosti. Posúvanie rovnováhy smerom k príležitostiam bude závisieť od spôsobu implementácie, riadenia a regulácie technológií. Digitálne technológie môžu posúvať úsilie v oblasti BOZP rôznymi spôsobmi, napríklad tak, že umožnia vylúčenie pracovníkov z nebezpečných pracovných situácií, prostredníctvom inovatívnych spôsobov monitorovania expozície alebo zlepšením kvality práce pomocou oslobodenia pracovníkov od opakujúcich sa alebo rutinných úloh. Digitálne technológie a nové formy práce môžu pracovníkom takisto umožniť využívať výhody vyššej úrovne autonómie a flexibility. Takisto môžu uľahčiť prístup rôznorodejšej pracovnej sily na trh práce, a to najmä v prípade zraniteľných skupín, ako sú osoby so zdravotným postihnutím, starší pracovníci a osoby s povinnosťami starostlivosti v domácnosti. Digitalizácia ponúka aj príležitosti na efektívnejšiu odbornú prípravu v oblasti BOZP, pokročilé hodnotenie rizík na pracovisku, komunikáciu a výkon inšpekcie BOZP.

V závislosti od spôsobu, ako sú tieto technológie navrhnuté a zavádzané však môže digitalizácia v kontexte organizácie a v rámci postavenia v zamestnaní viesť k tomu, že niektorí pracovníci

⁴⁵ <https://visualisation.osha.europa.eu/esener/sk/survey/overview/2019>

⁴⁶ <https://www.etui.org/sites/default/files/EN-Report-142-MSD-Roquelaure-WEB.pdf>

⁴⁷ <https://osha.europa.eu/sk/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

budú viac vystavení rizikám BOZP, ako sú napríklad ergonomické a bezpečnostné riziká vrátane funkčných bezpečnostných rizík spojených s kybernetickou bezpečnosťou. Zvýšené organizačné a psychosociálne riziká, vrátane vyššieho stresu spojeného s prácou a zlým duševným zdravím, by mohli byť aj dôsledkom zvyšujúceho sa tlaku na výkon a zložitosť práce, nepravidelného pracovného času, nižšej miery sociálnej interakcie a podpory v práci, nejasných hraníc medzi pracovným a súkromným životom a nových foriem práce s nejasným postavením v zamestnaní. Digitalizácia sveta práce predstavuje aj výzvu a odhaľuje medzery v súčasných mechanizmoch riadenia a regulácie BOZP. Môže ísť napríklad o určité formy práce podporované online platformami alebo o situácie, keď sú pracovníci riadení inteligentnými strojmi. Digitálna technológia sama o sebe nie je dobrá alebo zlá. Udržiavanie rovnováhy medzi problémami a príležitosťami, ktoré digitalizácia prináša, závisí od správneho používania technológií a spôsobu ich riadenia a regulácie v kontexte sociálnych, politických a hospodárskych trendov, ako sú demografia pracovnej sily, stav ekonomiky, sociálne prístupy, vedenie a zručnosti.

Medzi príklady stratégií BOZP, ktoré môžu pomôcť zmierniť problémy v oblasti BOZP, ktoré prináša digitalizácia, patrí:

- vypracovanie etického rámca pre digitalizáciu, kódexov správania a správneho vedenia,
- dôrazný prístup „prevencie prostredníctvom návrhu“, ktorý integruje ľudské faktory a návrh zameraný na pracovníkov,
- zapojenie pracovníkov do navrhovania a zavádzania všetkých stratégií digitalizácie,
- spolupráca medzi akademickými pracovníkmi, priemyslom, sociálnymi partnermi a vládami v oblasti výskumu a inovácií v digitálnych technológiách s cieľom náležite zohľadniť ľudské aspekty,
- regulačný rámec na objasnenie povinností a zodpovedností v oblasti BOZP vo vzťahu k novým systémom a novým spôsobom práce,
- prispôsobený vzdelávací systém a odborná príprava pracovníkov,
- poskytovanie účinných služieb v oblasti BOZP všetkým pracovníkom v rámci digitálneho sveta práce.

Vplyv umelej inteligencie na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, skrátené podľa diskusného dokumentu EU-OSHA, autorka: Dr. Phoebe V. Mooreová, docentka politickej ekonómie a technológie, Management and Organisation Division, School of Business, University of Leicester, Veľká Británia, a výskumná pracovníčka, WZB Weizenbaum Institute for the Networked Society 2018-19

Vplyv umelej inteligencie na pracovisku môže vytvárať príležitosti, ale aj nové výzvy v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP)⁴⁸, jej riadenia a regulácie. Automatizácia úloh pomocou robotov môže nahradiť pracovníkov v nebezpečných situáciách a koboty (kolaboratívne roboty) môžu uľahčiť prístup k práci pre starších pracovníkov alebo pre pracovníkov so zdravotným postihnutím. Umelá inteligencia takisto uľahčila vznik nových foriem monitorovania a riadenia pracovníkov na základe zberu veľkého množstva údajov v reálnom čase. Tieto nové formy by mohli byť príležitosťou na zlepšenie dohľadu v oblasti BOZP, zníženie vystavenia rôznym rizikovým faktorom a na včasné varovanie pred stresom, zdravotnými problémami a únavou. Môžu však vyvolať aj právne, regulačné a etické otázky, ako aj obavy týkajúce sa BOZP. Umelá inteligencia môže priniesť okrem významnej možnosti rozvoja pracovísk a rastu produktivity, prináša so sebou aj otázky súvisiace z BOZP. Už bolo preukázané, že pracovný stres, diskriminácia, zvýšená neistota, muskuloskeletálne poruchy a možnosti intenzifikácie práce a straty pracovného miesta predstavujú psychosociálne riziká, vrátane fyzického násillia na digitalizovaných pracoviskách (Moore, 2018a).

Tieto riziká sa zhoršujú, keď umelá inteligencia rozšíri už existujúce technologické nástroje alebo sa zavádzajú nanovo kvôli riadeniu a plánovaniu pracoviska. UI na digitalizovaných pracoviskách skutočne zhoršuje riziká v oblasti BOZP, pretože umožňuje zvýšené monitorovanie a sledovanie a môže teda viesť k mikromanažmentu, ktorý je prvoradou príčinou stresu a úzkosti (Moore, 2018a). UI kladie dôraz na naliehavosť poskytnutia viacej dôveryhodnosti a možné právomoci strojom, ktoré Agarwal a kol. (2018) nazývajú „predikčné stroje“, robotike a algoritmickým procesom pri práci. Ale je treba podčiarknuť, že to nie je samotná technológia, ktorá vytvára prínosy alebo riziká pre BOZP. Je to skôr zavádzanie technológií, ktoré vytvárajú nepriaznivé, alebo priaznivé podmienky. Záverom je potrebné povedať, že zavádzanie umelej inteligencie do práce je relatívne nové, a preto sa dôkazy o rizikách a prínosoch pre oblasť BOZP len „rodia“.

⁴⁸ <https://osha.europa.eu/en/tags/ictdigitalisation>

Podľa správy EU-OSHA⁴⁹ existujú niektoré oblasti, kde boli zaznamenané a podporené prínosy a bolo upozornené na riziká aj na uplatňovanie opatrnosti a regulácie. Pri personalistickom rozhodovaní pomocou analytiky ľudí rozšíreným o umelú inteligenciu bolo poukázané na riziko nespravodlivého jednania a diskriminácie. Pri automatizácii a Priemysle 4.0 medzi riziká patria nevhodné alebo nedostupné školenia, čo vedie k prepracovaniu a stresu (Downey, 2018), a nepredvídané nehody, ako sú kolízie medzi ľuďmi a robotmi.

Vo výrobe a v ďalších odvetviach je pri integrácii postupov malých sérií a využívaní nositeľných technológií pre automatizované postupy školenia v stávke strata remeselnej zručnosti. Objavujú sa správy o ohrození súkromia v súvislosti so stupňujúcim sa dozorom a o pocitovaní mikromanažmentu, lebo vďaka nositeľným technológiám v továrňach i v kanceláriách môže vedenie získať prístup k dôvernejším údajom o pracovníkoch. Pozitívnym účinkom umelej inteligencie, pokiaľ je zavedená vhodnými postupmi, je, že môže vedeniu pomôcť obmedzovať ľudskú predpojatosť pri pohovoroch, ak sú algoritmy navrhnuté tak, aby identifikovali doklady predchádzajúcej diskriminácie pri rozhodovaní, a rozhodnutia sú prijímané pri plnej účasti človeka a dokonca s jeho potvrdením. Umelá inteligencia môže pomôcť zlepšovať vzťahy so zamestnancami i medzi nimi, keďže zhromaždené údaje ukazujú potenciál na spoluprácu. „Záverom chcem povedať, že to nie je samotná technológia umelej inteligencie, čo vytvára riziká pre bezpečnosť a zdravie pracovníkov, je to spôsob, akým sa zavádza, a je na nás všetkých, aby sme zaistili hladký prechod ku zvýšenej integrácii umelej inteligencie na pracoviská.“

⁴⁹ <https://osha.europa.eu/sk/publications/osh-and-future-work-benefits-and-risks-artificial-intelligence-tools-workplaces/view>

IV. ROBOTIKA, ROBOTY A ICH DOPADY NA BOZP

4.1 Robotika

V súčasnej dobe je už možné často stretnúť na rôznych pracoviskách roboty, kolaboratívne roboty – koboty, inteligentné exoskelety a inteligentné osobné ochranné pracovné prostriedky. Robotizácia a digitalizácia zasiahli aj do osobnej ochrany, do prostriedkov na ochranu zdravia pri práci či do samotnej výroby. Nové technológie menia povahu a spôsob práce a ochranu zdravia zamestnancov. Nové technológie však môžu prinášať aj bezpečnostné a zdravotné riziká. Robotika nie je len náhradou za chýbajúcu pracovnú silu, ale aj prostriedkom, ako odbremeniť pracovníkov od neergonomickej stereotypnej, fyzicky náročnej alebo nebezpečnej a zdravie ohrozujúcej práce. Robotika je tiež často vhodným riešením v prípadoch, keď je potrebné pokryť značný nárast dopytu alebo výrazne zvýšiť rýchlosť, presnosť, či spoľahlivosť výrobných operácií, ktoré ľudskými kapacitami nie je reálne dosiahnuť. Robotika je veľkým pomocníkom v situáciách, keď je pracovný proces pre človeka monotónny, fyzicky náročný, namáhavý, neznesiteľný, manuálne neuskutočniteľný, ohrozujúci zdravie alebo jeho dôstojnosť, jednoducho keď je ergonomicky málo alebo nevyhovujúci, čo je hlavne v týchto prípadoch:

- realizácia pracovných úkonov, kde nie je fyzické nasadenie človeka vhodné (napr. pre rozmery),
- ak je práca človeka nad možnosti jeho zmyslov,
- ak na danú prácu nestačia psychomotorické schopnosti človeka,
- ak sa požaduje pracovný výkon, ktorého človek nie je schopný,
- ak človek nie je schopný spracovať požadované množstvo informácií a údajov,
- práca v nebezpečnom prostredí.

Robotika je v rámci ergonómie ďalej výhodná vtedy, keď vedie k zníženiu preťaženia:

- pri úlohách, ktoré vedú k zahlteniu jeho vnemových kanálov,
- s cieľom zníženia spracúvaných úloh v určitom časom intervale,
- aby sa obmedzili úkony, ktoré treba vykonať naraz,
- pri pásovej výrobe – práca v takte,
- pri stále sa opakujúcich úkonoch,
- pri nudnej a demotivujúcej práci,
- pri práci v noci.

Tento diskusný dokument vychádza zo zhrnutia dlhšieho článku, ktorého vyhotovením bol na základe zadania agentúry EU-OSHA poverený Dr. Jari Kaivo-oja a obsahuje informácie získané zo siete kontaktných miest agentúry na seminári, ktorý sa uskutočnil 11. júna 2015 v Bilbao

Ako sa uvádza vyššie, šírenie inovácií v oblasti robotiky má významné dôsledky pre budúcnosť. Roboty ponúkajú možnosť udržania vysokej úrovne priemyselnej výroby v krajinách s vysokými nákladmi na prácu. Umožnia tiež vykonávanie produktívnych činností a úloh, ktoré nemôžu vykonávať ľudia, ako napríklad analýzy, kontrola a spracovanie veľkého množstva údajov alebo práca v prostredí, ktoré sú príliš náročné alebo nebezpečné. Okrem toho v súvislosti s aktuálnym problémom starnutia obyvateľstva, roboty ponúkajú riešenie vzťahujúce sa na rastúci nedostatok – a hodnotu – manuálnej pracovnej sily. Z hľadiska bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP) rozšírenie robotických technológií prináša príležitosti, ale aj výzvy.

K najväčším prínosom v oblasti BOZP vyplývajúcim z rozsiahlejšieho využívania robotiky by patrilo nahradenie ľudí pracujúcich v zdraví škodlivom alebo nebezpečnom prostredí. Vo vesmíre, v oblasti obrany, bezpečnosti alebo v jadrovom priemysle, ale aj v oblasti logistiky, údržby a kontroly sú autonómne roboty mimoriadne užitočné najmä pri nahrádzaní ľudí vykonávajúcich špinavé, jednotvárne alebo nebezpečné úlohy, a zabraňujú tak vystaveniu pracovníkov rizikovým faktorom a podmienkam a znižujú fyzické, ergonomické a psychosociálne riziká. Roboty sa napríklad už používajú na vykonávanie opakovaných a monotónnych úloh, pri spracovaní rádioaktívneho materiálu alebo pri práci vo výbušnom prostredí. V budúcnosti mnohé ďalšie často opakované, vysoko rizikové alebo nepríjemné úlohy budú vykonávať roboty v rozličných odvetviach, ako napr. poľnohospodárstvo, stavebníctvo, doprava, zdravotníctvo, požiarnické alebo upratovacie služby.

Napriek tomuto pokroku vďaka určitým schopnostiam budú nejakú dobu ľudia ešte stále vhodnejší ako stroje a otázkou je, ako dosiahnuť čo najlepšiu kombináciu schopností ľudí a robotov. K prínosom robotiky patrí vykonávanie namáhavých a opakovaných prác, ktoré si vyžadujú presnosť, zatiaľ čo k prínosom človeka patrí tvorivosť, rozhodovanie, flexibilita a adaptabilita. Výsledkom tejto potreby kombinovať optimálne schopnosti je, že spolupracujúce roboty a ľudia sa nachádzajú v užšom kontakte na spoločnom pracovnom priestore a táto potreba viedla k rozvoju nových prístupov a noriem na zaručenie bezpečnosti „fúzie človeka a robota“. Niektoré európske krajiny zahŕňajú robotiku do svojich národných programov a snažia sa podporovať bezpečnú a flexibilnú spoluprácu medzi robotmi a operátormi s cieľom

dosiahnuť vyššiu produktivitu. Nemecký spolkový inštitút pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (BAuA) organizuje napríklad každoročné semináre na tému „spolupráca medzi človekom a robotom“.

V budúcnosti sa spolupráca medzi robotmi a ľuďmi diverzifikuje, v prípade robotov sa zvýši ich autonómia a spolupráca medzi človekom a robotom nadobudne úplne nové formy. Súčasné postupy a technické normy zamerané na ochranu zamestnancov pred rizikom práce so spolupracujúcimi robotmi sa budú musieť pri príprave na tento vývoj revidovať. Objavujú sa ďalšie výzvy v oblasti BOZP v súvislosti s budúcim výskytom autonómnych robotov a servisných robotických technológií, ktoré treba riešiť.

- Robotika zohráva dôležitú úlohu v oblasti inovácií súvisiacich so zdravotnou starostlivosťou a pri poskytovaní zdravotnej starostlivosti pre starších ľudí (vrátane starších pracovníkov). Robotické technológie sa úzko spájajú s vývojom v oblasti protetiky a technológií implantátov a tieto dve oblasti sa zase vo veľkej miere opierajú o neurológiu a informačnú vedu. Najnovší vývoj zahŕňa rozhranie medzi mozgom a počítačom, protézy spojené s nervovým systémom, umelý zrak, IKT implantáty a dokonca aj neuročipy (stále ešte len v počiatočnom štádiu).

Tento a ďalší pokrok v robotike umožňujú rozvoj technológií na podporu ľudí, ktoré nie sú zamerané len na zdravotné postihnutie, ale aj na zlepšenie schopností zdravých osôb. Exoskelety alebo „nositeľné roboty“ napríklad posilňujú schopnosť pracovníkov niesť ťažké bremená, používajú sa však aj ako rehabilitačné alebo pomocné zariadenia, ktoré umožňujú ľuďom so zdravotným postihnutím prístup k práci alebo návrat do práce. Zavádzanie technológií na zlepšenie ľudských schopností znamená potrebu nových požiadaviek v oblasti riadenia bezpečnosti a ochrany zdravia v súvislosti s monitorovaním vznikajúcich rizík, ale vyvoláva tiež nové právne a etické otázky.

- Prevažná väčšina ľudí nemá skúsenosti so vzájomnou interakciou s robotmi, toto sa však v dôsledku nárastu interakcií typu stroj-človek pri práci zmení. Nepriame vplyvy komunikácie typu stroj-stroj nie sú známe, ale mohli by byť významné. Ergonomické a logistické usporiadanie autonómnych robotov si vyžaduje nové skúšky a testovacie režimy v priemyselných odvetviach a v sektore služieb a pracovníkom, ktorí budú tieto roboty programovať, riadiť, vykonávať ich údržbu, alebo sa budú s nimi nachádzať na pracovisku, by sa mali poskytovať konkrétne zamerané programy vzdelávania.

- Vplyvy robotiky na motiváciu a pohodu pracovníkov a manažérov nie sú všeobecne známe. Psychosociálne faktory súvisiace s robotikou si budú vyžadovať viac pozornosti v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia.
- V dôsledku rozdielov v rozvoji jednotlivých oblastí použitia, nie je možné poskytnúť jednotné usmernenia týkajúce sa bezpečnosti a riadenia rizík. V prípade niektorých použití sa bezpečnosť a bezpečnostné záležitosti riadia profesionálne, existujú však aj také použitia robotických aplikácií, ktoré sú menej bezpečné. Viac analýz by sa malo uskutočniť na identifikáciu rizikových a nebezpečných činností autonómnych robotických technológií, najmä v poľnohospodárskom a potravinárskom priemysle, v oblasti ošetrovacích služieb, domácich služieb, v odvetviach výroby, profesionálnych služieb a dopravy.
- Vzhľadom na to, že robotika v oblasti profesionálnych služieb predstavuje pomerne novú oblasť, nie sú jasné otázky právnej zodpovednosti v prípade nehôd vo verejnej sfére. Pred zavedením technológií je potrebné uskutočniť viac právnych analýz súvisiacich s otázkami týkajúcimi sa zodpovednosti.

Vyžaduje sa teda vytvorenie tematického bezpečnostného rámca pre autonómnu priemyselnú robotiku a servisnú robotiku. Kľúčové strategické témy sú:

- riadenie technológií,
- regulácia a dobrá správa a
- užívateľské rozhrania a skúsenosti. Potrebná je rozsiahlejšia spoločná európska vedomostná základňa týkajúca sa metód v oblasti bezpečnosti v prípade menej inteligentných systémov (napr. vozidlá a automobily), aby sa mohli prispôbiť servisnej robotike a autonómnej robotike, ktoré budú v budúcnosti oveľa „inteligentnejšie“.

Z histórie je známe, že nové technológie poskytujú nielen nové prínosy a nové možnosti, ale vyžadujú si aj nové náklady a predstavujú nové hrozby. Panuje všeobecná zhoda v tom, že dochádza k urýchľovaniu zmien a že tempo, akým sa z budúcnosti stáva pre nás veľká neznáma, sa zrýchľuje, a to najmä v oblasti robotiky a umelej inteligencie, kde sa takmer každý týždeň zavádzajú nové vynálezy a inovácie. Tento pokrok prináša určité výhody, ktoré prispievajú k zlepšeniu zdravia, pohodlia, produktivity, bezpečnosti a k zvýšeniu objemu užitočných údajov, informácií a poznatkov pre ľudí a organizácie. Potenciálne nevýhody zahŕňajú výzvy v oblasti ochrany osobného súkromia a ochrany údajov, prehnané očakávania a nárast zložitosti technológií.

Potrebné je zvýšiť spoluprácu v rámci Európy v týchto oblastiach:

1. požiadavky na bezpečnosť robotiky (súbory požiadaviek, normy bezpečnej prevádzky a osvedčené postupy),
2. konštrukčné pokyny pre ergonómiu robotiky,
3. metódy na zlepšenie robotických aplikácií v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia,
4. validačné a verifikačné metódy (metódy na kontrolu, či sa požiadavky a usmernenia uplatňujú správne),
5. skúsenosti a správanie užívateľov v súvislosti s robotikou,
6. vzdelávacie modely na zaškolenie pracovníkov na prácu s robotmi,
7. osvedčené postupy v oblasti priemyselných (najmä autonómnych robotov) a servisnej robotiky (najmä robotov pre oblasť ošetrovania a starostlivosti) a
8. technologické možnosti na vytvorenie bezpečných systémov na elimináciu alebo obmedzenie možných rizík robotiky.

4.2 Vplyv robotizácie na kultúru bezpečnosti na pracoviskách

Podľa EU-OSHA z využívania robotov môžu profitovať nielen zamestnávateľia, ale aj zamestnanci. Vďaka robotom tak odpadnú fyzicky namáhavé činnosti alebo práce náročné na pozornosť, či detaily. Na druhú stranu, robotizácia môže u niektorých ľudí vyvolávať aj negatívne dôsledky ako napr. psychosociálne riziká. Tie obvykle vyplývajú zo zlej organizácie práce, prípadne zlého spoločenského kontextu, a vyvolávajú tiež pracovný stres. Ten sa môže prejaviť nielen na psychike alebo telesnej kondícii daného jednotlivca, ale môže ovplyvniť aj sociálne vzťahy na pracovisku. Je známe, že dlhodobý stres vedie i k závažným problémom, akými sú kardiovaskulárne ochorenia, alebo muskuloskeletálne obtiaže.⁵⁰

V prípade robotizácie sa najčastejšie hovorí o tom, že zamestnanci pociťujú stres vyvolaný neistotou svojej pracovnej budúcnosti. Obavy, že by ich roboty mohli pripraviť o prácu, sa viacmenej zatiaľ ukazujú ako nepravdivé. Čiastočne je to aj tým, že roboty sa zatiaľ

⁵⁰ EU-OSHA. Psychosociální rizika a stres při práci. [online]. [cit. 2021-07-28]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/psychosocial-risks-and-stress>

nepoužívajú v takom rozsahu, aby to zásadným spôsobom ovplyvnilo trh práce. Nie je však možné vylúčiť, že sa to v budúcnosti zmení. Dá sa však očakávať, že prípadné zníženie pracovných miest sa dotkne prakticky len niektorých manuálnych profesií. Na druhú stranu širšie používanie robotov si vynúti tiež vznik nových pracovných pozícií najmä podporného a dozorného charakteru. Bude treba viacej opravárov, zoraďovačov, programátorov a pod., teda ľudí, ktorí sa budú starať o prevádzku robotov a dohliadať na ich bezproblémové fungovanie a chod. Takýto ľudia a pracovníci budú však musieť disponovať potrebnými znalosťami a technickými zručnosťami, čo logicky vyvolá tlak na priebežné zvyšovanie ich kvalifikácie a celoživotné vzdelávanie. Nepôjde teda len o klasických operátorov vo výrobe, ale aj o technických špecialistov, ktorí sa budú orientovať v novinkách a sledovať technický pokrok. V mysliach ľudí táto predstava možno už dnes vyvoláva obavy a strach. Jadrom tohto problému je ale obyčajný fakt, že títo ľudia nie sú zvyknutí sa priebežne profesijne vzdelávať.

Ako sa obavy z robotov odrážajú v mysliach súčasných a budúcich zamestnancov, sa pokúsili zistiť v Českej republike. V roku 2020 bol uskutočnený výskumný projekt TL02000177 „Výzkum vlivu digitalizace pracovišť a pracovních operací na kulturu bezpečnosti v průmyslovém sektoru“ (RIDWOS), ktorý bol riešený v rámci programu aplikovaného výskumu ÉTA Technologické agentúry Českej republiky.⁵¹

Účelom výskumu bolo získať komplexnú a ucelenú spätnú väzbu o tom, ako v súčasnosti prebieha kooperácia ľudí s robotmi na pracoviskách, ako rôzne skupiny ľudí vnímajú zavádzanie robotizácie, respektíve ako pozerajú na technologický vývoj v tejto oblasti a v neposlednom rade tiež o tom, ako robotizácia ovplyvňuje úroveň bezpečnosti na pracoviskách. Na účely prevádzaného výskumu preto boli definované tri východiskové hypotézy, ktorých platnosť si autori overovali dotazníkovým prieskumom.

- Hypotéza 1: Spolupráca s robotmi je zamestnancami vnímaná pozitívne, t. j. zamestnanci vo využívaní robotov pri práci nachádzajú prínosy.
- Hypotéza 2: Spolupráca s robotmi nie je náročná na poznatky, zručnosti a fyzický a mentálny výkon zamestnancov.
- Hypotéza 3: Spolupráca s robotmi sa pozitívne premietla do úrovne BOZP na skúmanom pracovisku.

⁵¹ <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/59f6440a-3025-449c-9209-d27be0268e6a.pdf>

Uskutočnený výskum ukázal, že obavy či strach zamestnancov, vyplývajúce zo zavádzania robotizácie, nie sú (prinajmenšom v súčasnosti) na mieste. Tam, kde boli roboty už do výrobnjej praxe nasadené, došlo podľa názoru troch zo štyroch oslovených skupín respondentov k signifikantnému zlepšeniu stavu BOZP, resp. k zníženiu počtu pracovných úrazov. Zavádzanie robotizácie si totiž nezriedka vyžaduje vykonanie úprav pracovísk a zlepšenie pracovného prostredia, čo má pochopiteľne pozitívny vplyv aj na úroveň BOZP. Rovnako podľa (Marek Skřehot, 2020) sa začína prejavovať ďalší fenomén, a to kultivácia ľudských zdrojov. Ľudia, ktorí roboty obsluhujú a s nimi (spolu)pracujú, sú nútení priebežne sa vzdelávať, resp. na dané pozície sú vyberaní zamestnanci s vyššou kvalifikáciou. Táto skutočnosť sa tak nepriamo premieta aj do oblasti zlepšovania kultúry bezpečnosti. Je možné očakávať, že pri masovejšom využívaní robotizácie bude úloha človeka, čoby dominantného faktoru utvárajúceho pracovné prostredie, postupne slabnúť, podobne ako to bolo i v priebehu 2. priemyselnej revolúcie. Avšak, na rozdiel od tejto epochy, je štvrtá priemyslová revolúcia založená nie na dosahovaní masovej priemyselnej produkcie, ale na zlepšovaní kvality jednotlivých produktov, zrýchlenie ich výroby a zníženie výrobných nákladov. A ak ide o horkú pravdu, je nutné si pripustiť, že v tomto závode nemôže človek pred robotmi výhľadovo obstať. Stavba nášho tela, ako aj naše fyziologické vlastnosti, nás totiž limitujú v drvivej väčšine výkonových parametrov (fyzické, mentálne a senzorické), v nich sú roboty naopak už dnes výrazne lepší než my, ľudia. Jediné, v čom nás stroje, dúfajme, nikdy nepredbehnú, je schopnosť poradiť si v neočakávaných situáciách. Improvizácia, dôvtip, predvídavosť, intuícia, či schopnosť vycítiť určitú situáciu sú práve tie jedinečné schopnosti, ktoré budú ľudí vždy pred robotmi favorizovať.

Robotika prináša však i významné ekonomické aspekty, napríklad zvýšenie kvality a spoľahlivosti výrobkov, zvýšenie stability výrobných procesov, vyššiu produktivitu práce, a taktiež zvyšuje kultúru výroby. Robotické zariadenia umožňujú veľkú flexibilitu výroby a variabilitu výrobkov, nakoľko priemyselné roboty môžu flexibilne meniť svoju činnosť, pričom tieto zmeny sú riešené iba na úrovni programovania (Kalaš, 2004).

4.3 Roboty, koboty, exoskelety a inteligentné OOPP

4.3.1 Roboty a robotizované pracoviská

Názov „robot“ v zmysle nahradenia ľudskej činnosti po prvýkrát použil v roku 1922 spisovateľ Karel Čapek vo svojej divadelnej hre „Rozumové univerzálne roboty“. Týmto slovom označili umelo vytvorené bytosti vykonávajúce ľudské činnosti.

V súčasnosti je toto slovo aplikované v celosvetovom meradle a vo všeobecnosti v priemysle označuje automatizované stroje, ktoré nahrádzajú vo výrobe ľudí, a čiastočne alebo úplne ich dokážu nahradiť.

Issac Asimov vo svojom diele The caves of steel, Galaxy No. 13, 1950, ustanovil tri robotické zákony:

1. *Robot nesmie ublížiť človeku alebo svojou nečinnosťou dopustiť, aby mu bolo ublížené.*
2. *Robot musí poslúchnuť človeka, okrem prípadov, keď je to v rozpore s prvým zákonom.*
3. *Robot sa musí chrániť pred poškodením, okrem prípadov, keď je to v rozpore s prvým alebo druhým zákonom.*

Pojem „robot“ taktiež dobre vystihuje definícia Ing. Ivana Havla, CSc.: „Robot je automatický alebo počítačom riadený integrovaný systém, schopný autonómnej, cieľovo orientovanej interakcie s prirodzeným prostredím, podľa inštrukcií od človeka. Táto interakcia spočíva vo vnímaní a rozpoznávaní tohto prostredia a v manipulovaní s predmetmi, popr. v pohybovaní sa v tomto prostredí.“ (Havel, 1980).

Podľa vymedzenia Medzinárodnej robotickej asociácie priemyselný robot je „riadené automaticky programovateľné, multifunkčné manipulačné zariadenie s minimálne tromi programovateľnými osami, ktoré môžu byť buď pripevnené na mieste, alebo môžu byť mobilné, určené na použitie v priemyselných automatizovaných aplikáciách“ (ako je vymedzené v norme ISO 8373: 1994).

Prof. P. N. Beljanin (Kolíbal, Knoflíček, 2000) ho definoval nasledovne: Priemyselný robot je autonómne fungujúci stroj-automat, ktorý je určený k reprodukcii niektorých pohybových a duševných funkcií človeka pri výkone pomocných a základných výrobných operácií bez bezprostrednej účasti človeka a ktorý je na tento účel vybavený niektorými jeho schopnosťami

(sluchom, zrakom, hmatom, pamäťou atď.), schopnosťou samoučenia, samoorganizácie a adaptácie, čiže prispôsobivosti sa danému prostrediu.

Robotické zariadenia predstavujú v súčasnosti plne rozvinuté technické systémy, ktoré efektívne spolupracujú s výrobnými systémami ako v priemyselných odvetviach, tak aj v nevýrobných a nepriemyselných odvetviach. Súčasná produkcia robotických zariadení dosiahla vysokú technickú úroveň, ktorá sa ďalej zvyšuje vďaka vplyvu vývoja jednotlivých subsystémov, ale aj vďaka inováciám prvkov podieľajúcich sa na architektúre a morfológii (Palko, 2004).

Prvý priemyselný robot bol nasadený v roku 1959 v závode General Motors v Trentone v štáte New Jersey a jeho úlohou bolo vyberať horúce kovové odliatky zo stroja a ukladať ich na určené miesto. Robotické rameno s označením Unimate 1900 sa stalo vôbec prvou robotickou technológiou masovo rozšírenou v priemyselnej automatizácii, keďže krátko nato sa v zlievarenstve nasadilo ďalších 450 kusov tohto robota. Za vyše polstoročie od svojho zrodu prešla robotika značným vývojom, ktorý pre priemyselnú sféru vyprofiloval niekoľko základných typov robotov. Vo fabrikách dnes už prakticky neexistuje opakujúca sa činnosť, ktorá by sa nedala robotizovať. Roboty možno podľa ich predpokladaného použitia klasifikovať ako priemyselné roboty alebo servisné roboty.

Servisné roboty sú určené na podporu, sprevádzanie ľudí a starostlivosť o nich, majú spoločné prostredie s človekom a vykazujú základné inteligentné správanie na plnenie určených úloh.

Rozdeľujú sa do troch tried:

1. roboty 1. triedy nahrádzajú človeka pri práci v špinavom, nebezpečnom prostredí a pri zdĺhavých operáciách;
2. roboty 2. triedy pracujú v úzkom kontakte s ľuďmi s cieľom zvýšiť ich komfort, ako napr. zábava, pomoc seniorom, starostlivosť o pacientov alebo spolupráca s ľuďmi;
3. roboty 3. triedy pracujú na človeku, napr. medicínske roboty na diagnostiku, chirurgiu, ošetrovanie a rehabilitáciu.

Roboty boli pôvodne vytvorené na vykonávanie jednoduchých pracovných činností, ale čoraz častejšie sa vyrábajú na účely myslenia za použitia umelej inteligencie. Základné delenie robotov je znázornené na obrázkoch č. 10 a 11.

Obrázok č. 10 Sériové roboty

Základné delenie robotov

Sériové roboty

a) **Angulárne roboty**

- najčastejšie využívané priemyselné roboty,
- manipulácia bremien, rôzne technologické operácie,
- 6-osí robot.



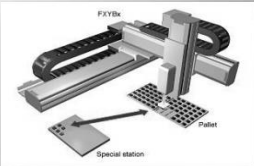
b) **SCARA roboty**

- vykonávania operácií „pick and place“ (uchop a prelož - manipulácia s bremenom),
- vysoká rýchlosť pohybu a presnosť polohovania,
- balenie, paletizácia.



c) **Kartézske roboty**

- 3-osé manipulátory
- manipulácia s bremenami (portálový žeriav), technologické procesy (nanášanie lepidla, kontrola osadených súčiastok plošného spoja kamerovým systémom).



Obrázok č. 11 Paralelné a hybridné roboty

Základné delenie robotov

Paralelné roboty

a) **Delta roboty**

- využitie je veľmi široké,
- najčastejšie ide o aplikácie, podobne ako u SCARA robotov, „pick and place“,
- stretávame sa v potravinárskom priemysle.



b) **Hexapody**

- v súčasnosti nie veľmi žiadané,
- má 6 nôh,
- veľká flexibilita,
- testovanie biologických teórií o pohybe hmyzu, kontrola motorov a neurobiológia.



Hybridné roboty

- sú kombináciou paralelnej a sériovej kinematickej štruktúry.



Handle od Google

Zdroj: vlastné spracovanie

Štruktúra robotov a robotických manipulátorov

Roboty predstavujú zložité integrované systémy, ktoré podľa ich zostrojenia tvoria:

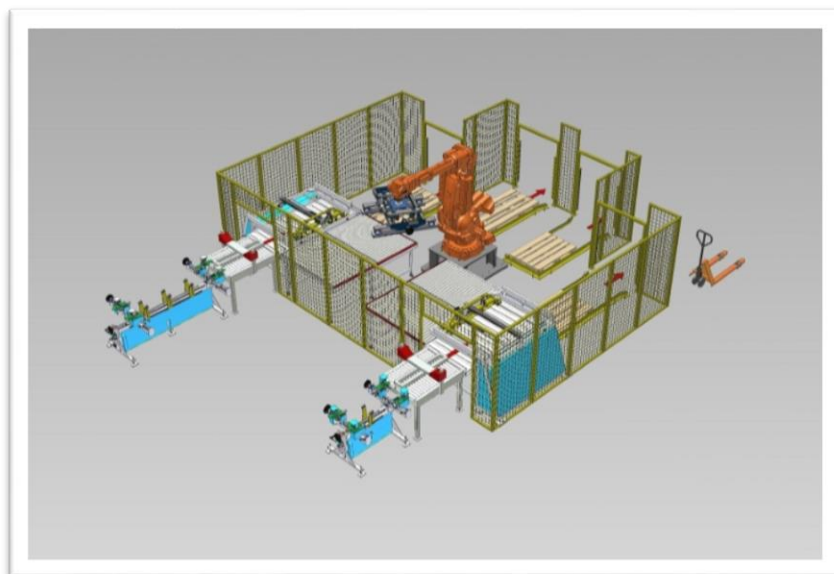
- Mechanická štruktúra robota – pozostáva z týchto hlavných častí:
 - základňa,
 - článková konštrukcia,
 - strojové pohony,
 - ochranné kryty,
 - ochranné zariadenie
- Elektrické a elektronické zariadenia robota – napriek svojej rozmanitosti ich účelovo tvoria:
 - vnímací systém,
 - riadiaci systém,
 - ovládací systém,
 - silové ovládacie prvky.

Na základe tohto prehľadu konštrukčného usporiadania a hlavných funkcií robota sa vytvárajú podmienky na diferencované zostavovanie bezpečnostných požiadaviek.

Robotizované pracovisko

Robotizované pracovisko (ďalej len „RP“) je základnou prevádzkovou jednotkou, ktorá je schopná samostatnej automatizovanej funkcie. Pohľad na jedno z možných robotizovaných pracovísk je na obr. č. 12.

Obr. č. 12 Pohľad na robotizované pracovisko



Zdroj: Automatica, <https://automatica.sk/produkty/robotizovane-pracoviska/>

Podľa Kolíbal (2016) je RP charakteristické tým, že dokáže zaistiť tri hlavné skupiny činností bez priameho zásahu človeka:

1. Technologický proces – vykonáva sa na automatických alebo automatizovaných strojoch, alebo môže byť priamo uskutočňovaný robotom, ktorý sa označuje ako technologický robot (zváranie, lakovanie)
2. Manipulačné operácie – zaistenie prísunu materiálu a polotovarov k technologickej operácii, odber dielov z dopravníkov a zásobníkov, vkladanie súčiastok do strojov a ich vyberanie, ukladanie na paletu atď.
3. Riadiace procesy – zabezpečenie riadenia výrobných, manipulačných, kontrolných funkcií, vrátane väzieb na prostredie, v ktorom je pracovisko realizované.

Medzi najväčšie výhody robotizovaných pracovísk patrí spoľahlivosť a dlhodobá výdrž. Sile, rýchlosti a presnosti, s akou dokážu spraviť celý cyklus činností, nemá šancu konkurovať ani najlepší zamestnanec. Robot opakovane spraví rovnaký úkon bez ohľadu na pracovné podmienky.

Priemyselné roboty sa využívajú na robotizovaných pracoviskách na:

- paletizáciu krabíc, vriec, hranolov,
- stohovanie a manipuláciu s ťažkými výrobkami,

- obsluhovanie obrábacích strojov,
- montážne operácie, kovanie, lisovanie a zváranie výrobkov,
- mazanie, povrchovú úpravu, nanášanie farby a lepidiel na výrobky,
- meranie a testovanie.

Prehľad bezpečnostných prvkov RP

Bezpečnostné prvky sú podstatnou a neopomenuteľnou časťou robotického pracoviska. Využívajú sa za účelom ochrany ľudskej obsluhy pred možným úrazom, či dokonca usmrtením. Každé RP musí byť vybavené bezpečnostnými prvkami tak, aby bolo v súlade s príslušnými právnymi predpismi EÚ. Možností, ako zabezpečiť robotické pracovisko je hneď niekoľko, pričom jednotlivé bezpečnostné prvky musia byť napojené na bezpečnostný riadiaci systém, ktorý dá v prípade potreby pokyn na zastavenie nebezpečných pohybov. Väčšina bezpečnostných prvkov je označená výraznou žltou farbou.⁵²

Príklady druhov bezpečnostných prvkov na robotickom pracovisku:

- bezpečnostné oplotenie,
- bezpečnostný dverný zámok,
- tlačidlo núdzového zastavenia,
- svetelná závara,
- laserový skener,
- nášľapná rohož,
- signalizačný stĺpik.

Bezpečnostné oplotenie

Najčastejšie je priestor okolo RP ohradený bezpečnostným oplotením k zamedzeniu vstupu ľudskej obsluhy do nebezpečného priestoru. Často ide o stavebnicový systém, navrhnutý presne pre potreby konkrétneho zákazníka tak, aby nedošlo k ohrozeniu obsluhy pracujúcimi zariadeniami, a tiež aby oplotenie nezasahovalo do pracovného priestoru robota a neznižovalo jeho pracovný rozsah. Pri zváracích operáciách je oplotenie doplnené o plné ochranné krytovanie, ktoré chráni obsluhu pred škodlivým zváracím oblúkom. Ochranné oplotenie je kotvené v zemi kotviacimi skrutkami. Príklad bezpečnostného oplotenia je na obrázku č. 13.

⁵² Bezpečnostné prvky – Úvod. Daily Automation [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <http://dailyautomation.sk/01-bezpecnostne-prvky-uvod/>

Obrázok č. 13 Príklad bezpečnostného oplotenia robotického pracoviska



Zdroj: <https://www.dailyautomation.sk/bezpecnostne-prvky-uvod/>

Bezpečnostný dverný zámok

Vstup do pracovnej oblasti robota je umožnený servisnými dverami, vybavenými bezpečnostným zámkom na obrázku č. 14. Pokiaľ sú v priebehu činnosti robota náhle otvorené bezpečnostné dvere, bezpečnostný systém dá okamžité pokyn k zastaveniu všetkých nebezpečných pohybov. Ak obsluha potrebuje vstúpiť do pracovného priestoru robota, musí najskôr na ovládacom paneli zvoliť požiadavku vstupu do danej oblasti a následne riadiaci systém bezpečne zastaví prebiehajúci proces, uvedie robota do servisnej polohy a odomkne bezpečnostný zámok pre vstup do oblasti. Po vykonaní potrebných úkonov je potrebné zavrieť dvere a na ovládacom paneli zvoliť uzamknutie dverí, čím sa pracovisko opäť stane zabezpečeným proti vstupu.

Obrázok č. 14 Dverný bezpečnostný zámok a monitorovanie vstupu



Zdroj: <https://www.dailyautomation.sk/blokovanie-dveri/>

Tlačidlo núdzového zastavenia

Samozrejmosťou musí byť napojenie bezpečnostného obvodu na panely s tlačidlom núdzového zastavenia, stlačením ktorého sa zariadenie okamžite núdzovo zastaví. Musí byť umiestnené na viditeľnom a ľahko dostupnom mieste pre obsluhu v okolí zariadenia a pokiaľ je to nutné, je ich niekoľko. Po núdzovom zastavení zariadenia je nutné odstrániť nebezpečenstvo, resp. poruchu a následne reštartovať a opätovne spustiť pracovný cyklus. Požiadavky na zariadenia núdzového zastavenia sú uvedené v norme ČSN EN ISO 13850.

Svetelná závara

Na bezpečnostný obvod riadenia robota musia byť, v prípade ich použitia, napojené tiež svetelné závory. Nebezpečná zóna je vyhradená infračervenými lúčmi, vytvárajúcimi dvojrozmerné ochranné pole. Infračervené lúče sú emitované vysielačom a prijímané prijímačom. Prerúšením infračervených lúčov napr. časťou tela obsluhy, dôjde k zastaveniu prevádzky stroji, resp. roboti. Tento jav môže byť sprevádzaný aj svetelnými a akustickými výstražnými systémami k upozorneniu obsluhy a eliminácii hroziaceho nebezpečia. Používajú sa v oblastiach, kde sa obsluha pohybuje v tesnej blízkosti nebezpečných strojov, ako lisy alebo RP, a tiež tam, kde je potrebné zabezpečiť správny priebeh výrobného procesu alebo počítanie kusov výrobkov.

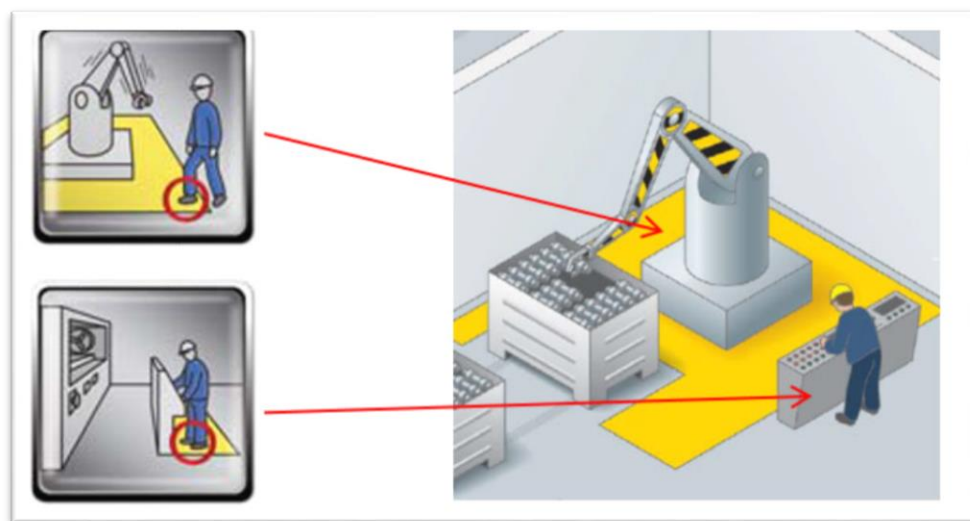
Laserový skener

Laserové skenery majú v sebe zabudovaný vysielač aj prijímač infračervených laserových lúčov. Zariadenie vysiela krátke svetelné impulzy, ktoré sa odrážajú od okolitých objektov a prijímač ich následne zachytí. Na základe časového rozpätia medzi okamihom vyslania a prijatia signálu si zariadenie automaticky vypočíta vzdialenosť od objektu a porovnáva ju s nastavenou hodnotou veľkosti a tvaru ochranného, resp. výstražného poľa. Pokiaľ objekt, resp. obsluha dostane do výstražného poľa, skener spustí akustický alebo svetelný signál, ktorý s predstihom upozorňuje na hroziace nebezpečenstvo. Ochranné pole má spravidla menšiu veľkosť ako výstražné pole a prítomnosť objektu, resp. obsluhy v ňom zapríčiní zastavenie zariadenia.

Nášľapné rohože

Nášľapné rohože bývajú umiestnené v okolí zariadení a robotov. Rohože reagujú na tlak a pokiaľ na ňu vstúpi obsluha, bezpečnostný systém dá pokyn na zastavenie činnosti robotu. Používa sa napríklad v znečistených priestoroch alebo tam, kde je použitie bezdotykových bezpečnostných zariadení obtiažne. Príklad použitia nášľapnej rohože je na obrázku č. 15.

Obrázok č. 15 Príklady nášľapných rohoží v pracovisku robota



Zdroj: <https://www.dailyautomation.sk/bezpecnostne-naslapne-rohoze/>

Signalizačný stĺpik

Signalizačný stĺpik zobrazuje stavy procesu, strojov, robotického pracoviska. Podľa normy ISO obsahuje 3 farby, a to červenú, oranžovú a zelenú. Zelená farba označuje normálny stav strojov, resp. procesu, žltá mimoriadny stav a červená núdzový stav, kedy je činnosť zariadení zastavená. Na základe svetelných signálov obsluha ľahko rozpozná aktuálny stav pracoviska.

Pred uvedením pracoviska do prevádzky musí byť zostavená analýza rizík a vyhodnotenie nebezpečných situácií, ktoré môžu nastať pri prevádzke na konkrétnom pracovisku.

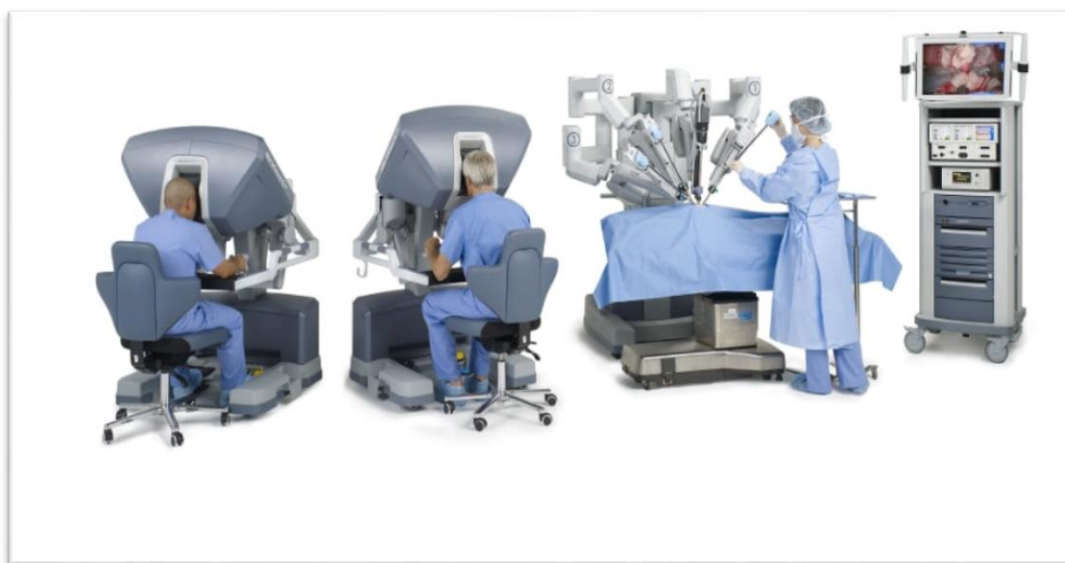
Roboty už nachádzajú svoje uplatnenie aj vo farmácii či medicíne. Sú veľmi efektívne pri výrobe a balení a sú schopné pracovať v extrémnych podmienkach žiarenia, ktoré sa používa na zachovanie sterility prostredia. Okrem toho sa aktívne zúčastňujú na výskumných prácach v laboratóriách, kde sa pomocou nich môže denne realizovať špičkovy aj 100 000 pokusov. Našli si svoje miesto v chirurgii, oftalmológii a iných disciplínach. Robotické technológie môžu byť presnejšie a flexibilnejšie ako ľudskí chirurgovia, vďaka čomu je chirurgická asistancia obľúbenou voľbou. Pretože sú imúnni voči infekčným chorobám, boli počas pandémie COVID-19 implementované aj lekárske roboty. Tiež sa často používajú v diagnostickej, rehabilitačnej a ošetrovateľskej starostlivosti.⁵³

⁵³ <https://industry4.sk/magazin/technologie/7-robotov-priekopnikov-v-oblasti-zdravotnej-starostlivosti/>

Chirurgický systém da Vinci

Chirurgický systém da Vinci je chirurgický robot, spájajúci odbornú prácu chirurga s najmodernejšími technológiami – mikromechanikou, trojrozmernou vizualizáciou a počítačovým riadením. Navrhla ho americká firma Intuitive Surgical. Je ovládaný chirurgom a umožňuje vykonávať veľmi citlivé operačné zákroky a procedúry. Dnes sa používa v nemocniciach po celom svete (obr. č. 16).

Obrázok č. 16 Chirurgický systém da Vinci



Zdroj: <https://industry4.sk/magazin/technologie/7-robotov-priekopnikov-v-oblasti-zdravotnej-starostlivosti/>

Senhance Robot asistent

Senhance, robotický chirurgický asistent vyvinutý spoločnosťou TransEnterix, umožňuje chirurgom ovládať chirurgické nástroje prostredníctvom počítača. Senhance riadi chirurg z platformy pripomínajúcej kokpit lietadla. Vizuálne spojenie sprostredkováva špeciálne 3D rozhranie, ktoré detailne zachytáva operovanú časť tela. Doktor tak na diaľku ovláda až tri robotické ruky vybavené rôznymi chirurgickými nástrojmi (obr. č. 17).

Obrázok č. 17 Senhance Robot asistent

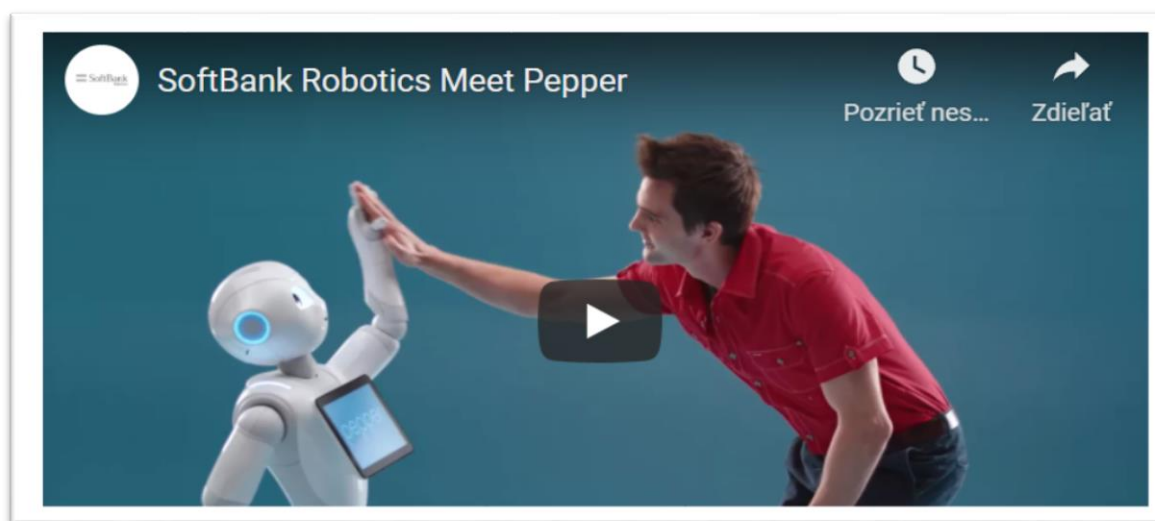


Zdroj: Transentrix.com

Robot Pepper

Dobrý deň, som Pepper. Aj takto sa vám môže prihovoriť prvý humanoidný robot na svete, schopný rozpoznávať ľudské emócie. Pochádza z dielne spoločnosti SoftBank Robotics a bol vytvorený na komunikáciu pomocou pohybov tela a hlasu. Doteraz sa využíval v rôznych oblastiach – maloobchode, hotelierstve či bankách. V roku 2016 našiel Pepper uplatnenie aj v oblasti zdravotnej starostlivosti. Malí roboti pomáhajú napríklad pri rehabilitačnom cvičení, ale takisto umožňujú deťom prekonať ich obavy z návštevy lekára či konkrétnych zákrokov, na obrázku č. 18.

Obrázok č. 18 Robot Pepper



Zdroj: <https://industry4.sk/magazin/technologie/7-robotov-priekopnikov-v-oblasti-zdravotnej-starostlivosti/>

Robear

Robear je robot ošetrovateľ, vyvinutý spoločnosťou RIKEN-SRK v Japonsku. Robot pomáha najmä starším pacientom pri pohybe a presunoch. Robear je dostatočne silný na zdvíhanie pacientov z postele, ale aj dostatočne jemný a šetrný na to, aby poskytoval podporu, keď sedia na invalidných vozíkoch (obr. č. 19).

Obrázok č. 19 Robot Robear



Zdroj: <https://industry4.sk/magazin/technologie/7-robotov-priekopnikov-v-oblasti-zdravotnej-starostlivosti/>

Manipulátor – zariadenie s dvojpolohovými pohybovými jednotkami s vlastným pohonom a riadením na automatickú operačnú a medzioperačnú manipuláciu podľa stanoveného programu a časového priebehu v súlade s činnosťou výrobných strojov a ostatných doplnkových zariadení. Manipulátory (teleoperátory) sú zariadenia ovládané človekom. Ich úlohou je násobiť sily, resp. moment a pohybové možnosti operátora.

4.3.2 Legislatívne požiadavky a normy na bezpečnosť práce s robotmi a robotickými systémami

Čo sa týka legislatívy a noriem v oblasti robotov, povinnosti treba rozdeliť medzi výrobcu, integrátora⁵⁴ a prevádzkovateľa. Výrobca so svojim tímom (projektant, konštruktér, priemyselný inžinier atď.) vyrobí robotizované zariadenie. Pri návrhu postupuje v zmysle ISO 12100: 2011 a ISO 10218-1: 2011 a na základe posúdenia rizík navrhuje a konštrukčne rieši danú zákazku. Na záver vydá vyhlásenie o zhode v zmysle zákona č. 56/2018 Z. z. (zákon o posudzovaní zhody výrobku, sprístupňovaní určeného výrobku na trhu a o zmene a doplnení niektorých zákonov). V §5 tohto zákona je presne uvedené, čo je povinnosťou výrobcu pred uvedením určeného výrobku na trh, a v §22 si zvolí, podľa akého spôsobu (modulu) vykoná posudzovanie zhody. Na uvedenie strojného zariadenia (v tomto prípade robotov a robotických systémov) na trh musí výrobca zabezpečiť, aby toto zariadenie spĺňalo všetky požiadavky na bezpečnosť a ochranu zdravia, ochranu životného prostredia, ďalej musí byť k dispozícii technická dokumentácia, návod na použitie, prehlásenie o zhode a pod. Technická dokumentácia robotov a robotických systémov je vždy uvedená v úradnom jazyku EÚ.

Integrátor (často je to výrobca) tak v zmysle ďalších predpisov (hlavne ISO 10218: 2, ISO 11161: 2007 a príbuzných noriem) a v spolupráci s prevádzkovateľom integruje (zavádza) robotizované pracovisko do prevádzky. Je veľký rozdiel, či ide o nové pracovisko alebo o integráciu do už existujúceho pracoviska. Takisto je veľký rozdiel, či ide o aplikáciu s priemyselným robotom (tzv. silák v kletke) alebo kolaboratívnu aplikáciu. Prevádzkovateľ postupuje v zmysle zákona č. 124/2006 Z. z. (o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov) a nariadenia vlády č. 392/2006 Z. z. (nariadenie vlády Slovenskej republiky o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách pri

⁵⁴ Integrátori robotov koncipujú a stavajú výrobné zariadenie, od malých montážnych staníc až po veľké výrobné linky s viacerými robotmi. Integrujú teda roboty do výrobného prostredia, ktoré sa skladá z rôznych strojov.

používaní pracovných prostriedkov). Aj vzhľadom na to, že toto nariadenie vlády je z roku 2006, nerieši samostatne robotizované pracoviská, ale len všeobecne minimálnu bezpečnosť všetkých pracovísk. Konkrétne o robotizovaných pracoviskách hovoria ISO, IEC, EN a STN.

Napríklad v ISO 10218-2: 2011 sa v prílohe A nachádza zoznam nebezpečenstiev, ktoré môžu byť spojené s robotom. Výrobca by mal vykonať analýzu nebezpečenstiev, dané riziká posúdiť a vhodným návrhom ich eliminovať alebo znížiť na prijateľnú úroveň, a to predovšetkým konštrukčným riešením. Bezpečnostné časti ovládacieho systému by mali byť navrhnuté tak, aby spĺňali minimálnu úroveň vlastností PLd so štruktúrou kategórie 3 (ISO 13849-1: 2006), alebo aby spĺňali úroveň integrity bezpečnosti SIL 2 s toleranciou chyby hardvéru 1 so skúšobným intervalom testu nie menej ako 20 rokov (ISO 62061: 2005).

Čo sa týka slovenskej legislatívy, v tomto smere je zamestnávateľ povinný plniť podmienky §5 nariadenia vlády č. 392/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách pri používaní pracovných prostriedkov (kontrola pracovného prostriedku). Túto kontrolu pre neho vykonávajú oprávnené osoby podľa právnych predpisov a ostatných predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (revízny technik, oprávnená právnická osoba, inšpektorát práce).

Keďže každé robotické pracovisko je elektrické zariadenie, pred uvedením do prevádzky alebo počas skúšobnej prevádzky príde revízny technik elektrických zariadení vykonať prvú odbornú prehliadku a odbornú skúšku.

Medzi také najčastejšie nezhody patria:

- nekompletná sprievodná technická dokumentácia (má byť vypracovaná v rozsahu prílohy č. 4 vyhlášky č. 508/2009 Z. z.);
- posúdenie rizík nie je vypracované v požadovanom rozsahu, hlavne absentuje posúdenie úrovne vlastností (PLr) komponentov použitých na ovládanie bezpečnostných prvkov zariadenia a väčšinou chýba aj posúdenie rizík celku, do ktorého bol integrovaný robot, čo je pri týchto aplikáciách z bezpečnostného hľadiska podstatné;
- v návode na používanie nie sú uvádzané informácie, kto a v akom rozsahu môže zasahovať do riadiaceho softvéru zariadenia (PLC). Už sme zaznamenali prvé kybernetické útoky. Rastú externé prístupy, napríklad diaľkové programovanie a monitorovanie (aj z iných krajín ako EÚ). Integrátor by mal toto zohľadniť a riešiť

minimálnu požiadavku na nastavenie komunikačného protokolu (softvérové ochranné kľúče a heslá, kryptografia atď.);

- návod na použitie je vypracovaný len pre aplikované robotické zariadenie, nezohľadňuje podmienky používania zariadenia, príp. časti zariadenia, do ktorého bolo integrované a pod.

Bežnou praxou je, že integrátor aplikuje robot tak, že zasahuje do priestoru iných zariadení. Činnosťou robota sa vlastne nahrádza opakovaná činnosť človeka (operátora), napr. vkladanie a vykladanie materiálu do/z stroja, pričom robotická aplikácia musí zasiahnuť do iného stroja. Pri takýchto aplikáciách integrátor ruší alebo upravuje bezpečnostné systémy stroja, ktoré chránili operátora, čo je podstatný zásah do strojového zariadenia. V takomto prípade je povinnosťou integrátora posúdiť riziká nielen integrovaného robotického, ale aj strojového systému, do ktorého zasahuje. Je nutnosťou najskôr vymedziť hranice integrovaného systému a pri posudzovaní rizík postupovať v súlade s platnými predpismi (napr. EN ISO 12100: 2011, EN ISO 10218-1, 2: 2011, ISO 11161: 2007, ISO/TS 15066: 2016 a iné). Do procesu posudzovania rizík a dosiahnutia požadovanej úrovne bezpečnosti integrovaného systému je nutné zapojiť prevádzkovateľa, dodávateľa zasiahnutého strojového zariadenia (ak existuje) a odborníka na riziká (ABT), čo sa v praxi vykonáva len zriedka. Väčšinou integrátor vôbec neposudzuje riziká komplexne, ale uvažuje len s rizikami vyplývajúcimi z pohybov ním aplikovaného robota. Proces posudzovania rizík musí integrátor ukončiť implementovaním bezpečnostných opatrení (výstup z posúdenia rizík) do návodu na používanie robotizovaného pracoviska.⁵⁵

ISO/TS 15066 je navrhnutá tak, aby dopĺňala požiadavky a pokyny na implementáciu kolaboratívnych robotov uvedených v ISO 10218-1 a ISO 10218-2 (Požiadavky na bezpečnosť priemyselných robotov), a špecifikuje bezpečnostné požiadavky systémov priemyselných kolaboratívnych robotov a pracovného prostredia. Konkrétna technická špecifikácia poskytuje komplexný návod na hodnotenie rizika pre aplikácie kolaboratívnych robotov.⁵⁶

Jednou z najdôležitejších vecí, ktoré integrátor musí vykonať, je hodnotenie rizík. V mnohých krajinách to vyžadujú právne predpisy. Robot je čiastočne skompletizované strojové zariadenie,

⁵⁵ https://www.atpjournals.sk/rubriky/rozhovory/bezpecnost-robotizovanych-pracovisk-a-jej-dolezite-aspekty.html?page_id=28880

⁵⁶ https://www.atpjournals.sk/rubriky/prehladove-clanky/uvod-do-iso-ts-15066.html?page_id=24990

pretože bezpečnosť inštalácie robota závisí od spôsobu jeho integrácie (napr. nástroja/koncového efektora, prekážok a iných strojových zariadení). Odporúča sa, aby integrátor používal počas hodnotenia rizík ISO 12100 a ISO 10218-2. Integrátor môže ako ďalšie pokyny použiť technické špecifikácie ISO/TS 15066. Pri hodnotení rizík, ktoré vykoná integrátor, treba zvážiť všetky pracovné postupy počas celej doby životnosti použitia robota, okrem iného aj:

- učenie robota počas nastavenia a prípravy jeho inštalácie;
- riešenie problémov a údržbu;
- normálnu prevádzku inštalácie robota.

Hodnotenie rizík sa musí vykonať pred prvým spustením ramena robota. Súčasťou hodnotenia rizík, ktoré vykoná integrátor, je identifikácia správnych nastavení konfigurácie bezpečnosti, ako aj potreby dodatočných tlačidiel núdzového zastavenia a/alebo ďalších ochranných opatrení požadovaných pre konkrétne použitie robota. Identifikácia správnych nastavení konfigurácie bezpečnosti je obzvlášť dôležitou súčasťou príprav pre kolaboratívne použitia robota.

4.3.3 Nehody a úrazy na pracoviskách s robotmi

Štúdie vo Švédsku a Japonsku naznačujú, že k mnohým nehodám robotov nedochádza pri normálnych prevádzkových podmienkach, ale najmä počas programovania, opráv alebo zdokonaľovaní programu, údržby, opráv, testovaní, nastavovaní. Počas týchto operácií môže byť operátor, programátor alebo pracovník údržby dočasne v pracovnom dosahu robota, kde nezamýšľané operácie môžu viesť k zraneniu. K typickým nehodám patrí napr., že rameno robota počas programovania funguje nepredvídateľne a zasiahne operátora, alebo pracovník vykonáva údržbu montážneho robota, kolega náhodou zapne hlavný vypínač a rameno robota udrie pracovníka údržby. V tomto prípade je možné použiť ochranné zariadenia, ktoré by samé osebe nemali predstavovať nebezpečenstvo.

Americká organizácia Occupational Safety and Health Administration (OSHA) identifikuje štyri kategórie pracovných úrazov spojených s robotickými pracovnými bunkami, ktoré sú potenciálne škodlivé pre výrobu a pre dodržiavanie predpisov⁵⁷.

⁵⁷ <https://www.accidentlawgrouppa.com/blog/2020/08/4-types-of-robot-related-work-accidents/>

Robotické incidenty (nehody) je možné rozdeliť do štyroch kategórií:

1. Nárazy alebo kolízie. Neočakávané pohyby, poruchy súčiastok alebo nepredvídané zmeny programu, súvisiace s ramenom robota alebo periférnym zariadením, môžu viesť ku kontaktným nehodám.
2. Rozdrvenie a zachytenie. Končatina pracovníka alebo iná časť tela môže byť zachytená pažou robota a iným periférnym zariadením, alebo môže byť pracovník vtiahnutý do iného periférneho zariadenia a to ho môže rozdrviť.
3. Nehody mechanických častí, kam patrí napr. uvoľnenie dielov alebo poruchy ramenového mechanizmu.
4. Iné nehody.

Zariadenie, ktoré dodáva energiu, predstavuje potenciálne elektrické nebezpečenstvo. Môžu tiež nastať ekologické nehody spôsobené elektrickým oblúkom, rozstrykom kovu, prachu, elektromagnetickým alebo vysokofrekvenčným rušením. Zariadenia a napájacie káble na podlahe navyše predstavujú nebezpečenstvo zakopnutia.

OSHA: 7 zdrojov nehôd robotov⁵⁸

Americká organizácia pre BOZP – Organizácia OSHA – definuje sedem zdrojov alebo príčin vyššie uvedených nehôd robotov:

1. Ľudská chyba: Nebezpečný, nepredvídaný pohyb robotov, spôsobený ľudskými chybami v programovaní a nastavení periférnych zariadení alebo nedostatočná opatrnosť kvôli neznalosti pohybov robotov.
2. Chyba riadenia: Nesprávna funkcia softvéru, elektromagnetické a vysokofrekvenčné rušenie a poruchy v riadiacich systémoch a hydraulických, elektrických alebo pneumatických čiastkových riadiacich systémoch.
3. Neoprávnený prístup: Prítomnosť akejkoľvek osoby v operačnej zóne robota bez dostatočného zoznámenia sa so strojom a bez opatrnosti, na ktorú je treba okolo neho dbať.
4. Mechanické zlyhanie: Kumulatívne zlyhanie mechanických súčastí alebo nepredvídateľné operácie nemusia byť prevádzkovými programami zohľadnené.

⁵⁸ <https://www.vseoprumsly.cz/automatizace/strojni-a-procesni-bezpecnost/identifikujte-a-snizujte-rizika-u-robotu.html>

5. Rušenie z vonkajšieho prostredia: Vonkajšie vplyvy na prevádzku robota.
6. Kolísanie energetického systému: Poruchy v energetických systémoch, ktoré priamo komunikujú s robotickou pracovnou bunkou.
7. Nesprávna inštalácia: Nedodržanie predpisov pri inštalácii robotického systému a jeho pravidiel pre funkčné testovanie pre ochranu pred incidentami.

Aby sa minimalizovalo riziko takýchto nehôd robotov, NIOSH (National Institute Of Occupational Safety And Health) odporúča pre robotické systémy nasledujúce ⁵⁹:

- Fyzické bariéry, ktoré obsahujú dvere vybavené elektrickým blokováním, takže činnosť robota sa zastaví, keď sa dvere otvoria.
- Snímače pohybu, svetelné clony atď. ako podpora elektrického blokovania.
- Bariéry medzi zariadeniami robota a ľubovoľnými voľne stojacimi predmetmi, aby sa zabránilo zachyteniu zamestnancov medzi robotom a miestom priškrpnutia.
- Dostatočná bezpečná vzdialenosť okolo všetkých pohyblivých súčastí robotického systému. Čo najviac vzdialený prístup, aby bolo možné vykonať maximálny rozsah riešenia problémov z oblastí mimo prevádzkovú dosah robota.
- Dostatočné osvetlenie v riadiacich a prevádzkových priestoroch.
- Jasne viditeľné značky, ktoré označujú zóny pohybu robota.

4.3.4 Posúdenie rizika pri práci s robotmi a bezpečnostné opatrenia

Od chvíle, keď sa v továrňach objavili prvé roboty, priemysel skúmal, ako môžu roboty a ich okolité zariadenia potenciálne ublížiť ľudským pracovníkom. Postupne dospel k tomu, že je dôležité položiť si v prvom rade tieto štyri hlavné otázky:

- I. Ako rýchlo sa robot pohybuje?
- II. Ako ďaleko sa môže pohybovať?
- III. Aké nebezpečné sú operácie, ktoré robot vykonáva?
- IV. Ako možno zabrániť tomu, aby silné a rýchle roboty zasiahli pracovníka?

⁵⁹ <https://www.osha.gov/otm/section-4-safety-hazards/chapter-4>

Na základe týchto otázok sa vykonáva posúdenie rizík a identifikujú sa bezpečnostné prvky, ktoré by sa mohli pridať do robotickej bunky, aby boli ľudia počas práce robota v bezpečí. Bežným riešením býva obohnanie robota bezpečnostným oplotením, ktoré bráni akémukoľvek vzájomnému kontaktu s ľuďmi. Často si ho vyberajú ako jednu z prvých volieb aj špecialisti na posudzovanie rizík.

Čo je posúdenie rizika?

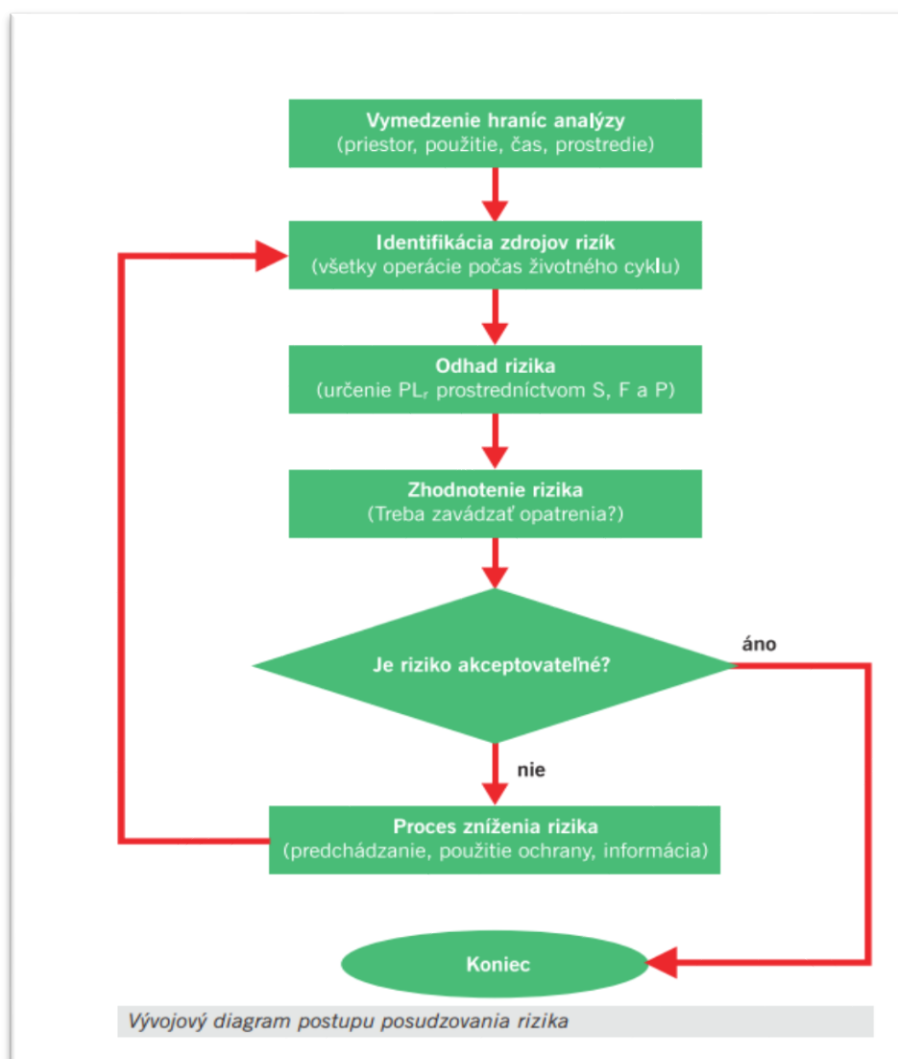
Stručná definícia posúdenia rizika znie takto:

Je to identifikácia, odhad a zhodnotenie úrovni rizika spojeného s danou situáciou, ich porovnanie s referenčnými kritériami alebo štandardmi a určenie akceptovateľnej úrovne rizika. Vo svete robotiky sa posúdenie rizika používa na zhodnotenie možností ublíženia ľudskému pracovníkovi počas prevádzky robotického systému a následne na zníženie týchto možností na akceptovateľnú úroveň. Aby sa zaistila potrebná bezpečnosť, musia všetky strojné zariadenia absolvovať posúdenie rizika. Niektoré zariadenia dostupné na trhu sú schválené samotnými výrobcami alebo organizáciami tretích strán, čo zjednodušuje proces posúdenia, pretože netreba overovať úroveň bezpečnosti niektorých dielov, napr. koncového robotického nástroja. V každom prípade aj keď sú certifikované vnútorné komponenty a softvér robota, neznamená to, že robot ako celok je bezpečný. Najmä v prípade priemyselných aplikácií je používanie také rozmanité, že pre výrobcu dielov je nemožné schváliť žiaden daný proces. A vtedy prichádza na rad postup posúdenia rizika. Ďalším uhlom pohľadu je, že treba vyhodnotiť každú priemyselnú aplikáciu ako celok a nie každé zariadenie samostatne. Ak si vezmeme príklad ostrého dielu alebo noža, ktorým manipuluje certifikovaný robot, neznamená to, že aplikácia je bezpečná, aj keď je bezpečná každá časť sama o sebe.

Postup pri posudzovaní rizika

Väčšina zariadení používaných v robotických bunkách už bude mať stanovenú výkonnostnú úroveň (PL), posudzovanie rizika bude preto pre koncového používateľa alebo integrátora väčšinou o aplikácii samotnej. Postup pri posudzovaní rizika je uvedený vo vývojovom diagrame na obrázku č. 20.

Obrázok č. 20 Vývojový diagram postupu posudzovania rizika



Zdroj:

https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/dokumenty/kniznica_dokumentov/analzy_trhu/Analzya_trhu_ROBOTIKA.pdf

Vymedzenie hraníc analýzy

Táto časť posudzovania rizika je opisom kontextu použitia stroja. Kde sa bude robot používať? Ktoré nástroje sa použijú? Aké objekty budú súčasťou operácie? Musíte tiež uviesť údaje, ako sú maximálna rýchlosť a zrýchlenie robota, efektívna hmotnosť (užitočné zaťaženie robota), hmotnosť kusu atď. To poskytne všetky potrebné informácie, ktoré budete potrebovať ďalej pri posudzovaní rizika.

Identifikácia nebezpečenstva

V ďalšom kroku musíte identifikovať všetky operácie, ktoré obsahujú akékoľvek nebezpečenstvo. Tieto operácie nezahŕňajú len prevádzku robota, ale všetko od okamihu, keď je robot odovzdaný z prepravného nákladného auta, do momentu jeho vyradenia z prevádzky. Táto časť analýzy sa môže zdať trochu prehnaná, ale niekedy môže byť tiež podceňovaná. V praxi sa stal napríklad prípad, keď robot zabil pracovníka počas inštalácie. Posudzovanie rizika preto analyzuje rozličné pohyby a činnosti robota počas jeho životnosti a jednoducho oddelí každú operáciu na osobitnú analýzu. Tento proces sa nazýva posudzovanie rizika na základe úloh.

Odhad rizika

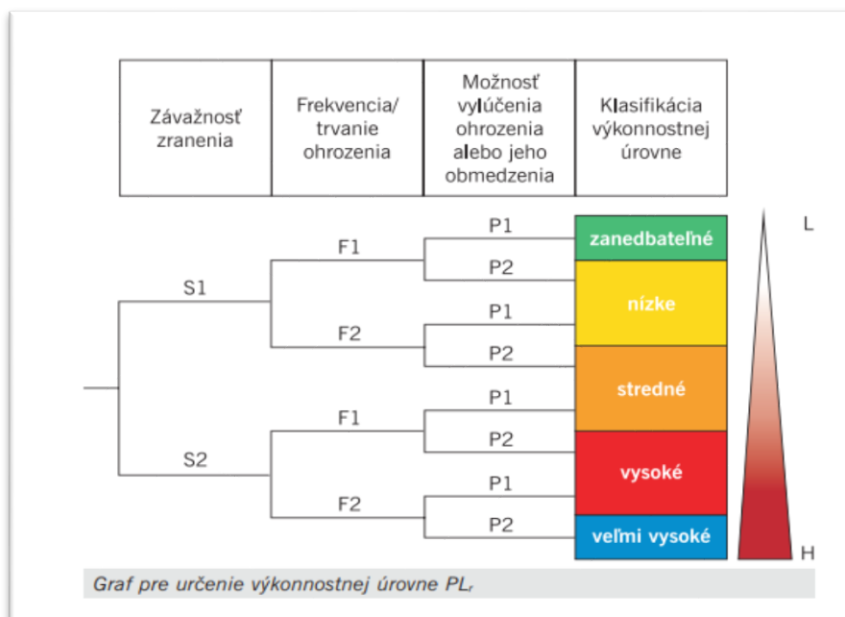
Z pozorovaní uskutočnených počas analýzy identifikácie rizika musíte vytvoriť rebríček rizík daných pohybov. Existujú rôzne spôsoby, ako monitorovať alebo klasifikovať riziko. Na zjednodušenie vysvetlenia je dobré si vypomôcť normou ISO 13849-1. Riziko sa odhaduje pomocou nomenklatúry klasifikácie výkonnostnej úrovne (PLr).

Táto analýza používa tri rôzne parametre:

- I. závažnosť zranenia (S),
- II. frekvenciu alebo trvanie ohrozenia (F)
- III. a možnosť vylúčenia ohrozenia alebo jeho obmedzenia (P).

Základným spôsobom odhadovania rizika je teda hodnotenie každého parametra a aplikácia grafu určenia výkonnostnej úrovne na zistenie úrovne rizika. V grafe predstavuje L najnižšie riziko a H najvyššie riziko.

Graf č. 2 Graf pre určenie výkonnostnej úrovne PL



Zdroj:

https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/dokumenty/kniznica_dokumentov/analzy_trhu/Analzya_trhu_ROBOTIKA.pdf

Na kvantifikáciu PLr treba vyhodnotiť nasledujúce parametre:

S: závažnosť zranenia:

- S1: ľahké (zvyčajne s prechodnými následkami),
- S2: závažné (zvyčajne s trvalými následkami).

F: Frekvencia alebo trvanie ohrozenia:

- F1: zriedka až málo časté a/alebo čas vystavenia je krátky,
- F2: častá až nepretržitá a/alebo čas vystavenia je dlhý.

P: možnosť vylúčenia ohrozenia alebo jeho obmedzenia:

- P1: možné za určitých podmienok,
- P2: sotva možné.

Treba podotknúť, že niektoré grafy určenia výkonnostnej úrovne budú mať ďalšie možnosti výberu. Niektoré nomenklatury rozdeľujú parametre do troch alebo viacerých kategórií intenzity namiesto dvoch. To poskytuje presnejší odhad rizika. Cieľom je určiť, či je riziko pre robotickú bunku príliš vysoké. To nás privádza k ďalšiemu kroku posudzovania rizika, a to k zhodnoteniu rizika.

Zhodnotenie rizika

Aké opatrenia sú potrebné na zníženie rizika? Za pozornosť stojí, že existuje zhoda medzi klasifikáciou výkonnostnej úrovne (PL_r) a celkovou výkonnostnou úrovňou (PL). Inými slovami ak odhadnete, že vaša bunka alebo aplikácia má vysoké riziko (PL_r = vysoké), musíte zaistiť, aby bezpečnostné funkcie, ktoré túto aplikáciu zabezpečia, mali výkonnostnú úroveň rovnú alebo vyššiu ako d (PL ≥ d). V tomto prípade d alebo e. Tým sa zabezpečí, že riziko bude monitorované alebo zaistené zariadením, ktoré bude schopné akceptovať existujúcu úroveň nebezpečenstva. Zobrazenie zhodnotenia rizika a ich porovnanie (PL_r a PL) je uvedené v tabuľke č. 2.

Tabuľka č. 2 Zobrazenie zhodnotenia rizika a ich porovnanie (PL_r a PL)

PL _r	PL
zanedbateľné	a
nízke	b
stredné	c
vysoké	d
veľmi vysoké	e

Zdroj:

https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/dokumenty/kniznica_dokumentov/analzy_trhu/Analzya_trhu_ROBOTIKA.pdf

Je riziko akceptovateľné?

Dôležitosť tohto kroku spočíva v otázke: Je toto riziko prijateľné? Vo väčšine prípadov chcete byť v kategórii nízke až zanedbateľné, aby ste sa uistili, že vaši zamestnanci sú v bezpečí. Ak sa v takej kategórii nachádzate, ste hotoví, ak nie, sú nevyhnutné ďalšie kroky. Pokiaľ je

výsledkom zhodnotenia potenciálne vysoké riziko, musíte sa naň zamerať a znížiť ho alebo eliminovať. Po znížení rizika sa treba vo vývojom diagrame postupu posudzovania rizika vrátiť späť na krok identifikácie rizika (nebezpečenstva) a následný proces dokončiť, aby ste sa uistili, či práve znížené riziko náhodou neprodukuje iné riziko. Ukážeme si to na príklade. Povedzme, že integrujete ochranu, aby ste predišli kolíziám, ale táto ochrana zvyšuje možnosť nárazu a závažnosť zranenia zamestnanca počas výkonu údržby. Konfiguráciu tejto ochrany musíte preto vyhodnotiť, výsledkom čoho bude možno jej premiestnenie alebo zmena jej konfigurácie. Majte na pamäti, že po každej zmene uskutočnenej vo vašej aplikácii treba opäť vykonať jej vyhodnotenie z hľadiska rizika. Postup posudzovania rizika je určený na ochranu pracovníkov, ktorí používajú priemyselné stroje a zariadenia. V prípade robotiky sa tento postup implementuje na to, aby sa zabezpečilo, že používatelia robotických buniek budú pri práci s robotom a jeho príslušenstvom v bezpečí. Posúdenie rizika sa vykonáva aj s cieľom štandardizácie integrácie robotov a aby sa zabezpečilo to, že robotická bunka dosiahne určitú úroveň bezpečnosti. Postup posudzovania rizika by sa však mal vykonávať aj v súlade so zákonmi a legislatívou, ktoré sa uplatňujú tam, kde je bunka integrovaná. Dokonca aj vtedy, keď výrobcovia robotov a robotických zariadení stanovili pre svoje zariadenia bezpečnostnú výkonnostnú úroveň (PL = d kategória 3), stále je tu veľká časť z postupu posudzovania rizika, ktorú treba vykonať s ohľadom na samotnú aplikáciu a okolité prostredie.

Nebezpečenstvo pri práci s robotmi a robotickými systémami

Prevádzkové vlastnosti robotov sa môžu výrazne líšiť od ostatných strojov a zariadení. Vyžadujú si veľký priestor na automatické premiestňovanie predmetov, z čoho plynie riziko úrazu po celej dráhe pohybu robota. Roboty sú schopné rýchlych, výkonných pohybov vo veľkom priestore a v rôznych smeroch aj za ich základnými rozmermi. Vykonávajú sa súčasne pohyby na niekoľkých osiach, čo zhoršuje únik z ohrozeného priestoru. Akákoľvek zmena spracovávaného objektu (t. j. zmena fyzického modelu) alebo prostredia môže ovplyvniť naprogramované pohyby. Pracovník môže byť zasiahnutý pri práci jedným robotom, uväznený medzi nimi alebo iným zariadením, alebo zasiahnutý letiacimi predmetmi uvoľnenými ramenom robota. Ďalšie riziká môžu tiež vyplývať z nesprávnej funkcie alebo chýb v prepojení alebo programovaní iného procesného alebo periférneho zariadenia. Prevádzkové zmeny môžu spôsobiť, že robot bude reagovať iným spôsobom. Roboty nadväzujú na technologický proces (napr. zváranie, nástreky, brúsenie a pod.). Zo zdanlivej nečinnosti robota a jeho neočakávaného pohybu vznikajú najťažšie úrazy.

Príčiny vzniku nebezpečnej situácie na robotizovanom pracovisku sú:

- konštrukčné riešenie umožňuje vznik nežiaducich udalostí pri obsluhu a údržbe,
- ochrana pracoviska svoju koncepciou neplní funkcie zaistenia bezpečnosti práce, poprípade táto vôbec chýba,
- ovládanie funkcie robota a periférnych zariadení umožňuje navodenie chybných operácií,
- zaistenie bezpečnej obsluhy je na nízkej technickej úrovni,
- návrh určitej konfigurácie jednotlivých prvkov pracoviska vyvoláva zvýšené ohrozenie obsluhy,
- použitie daného typu robota v nevhodnom prostredí,
- nútený vstup do nebezpečného priestoru,
- úmyselné vyradenie bezpečnostných prvkov z funkcie,
- zanedbanie zásad bezpečnej práce.

Povinnosťou každého výrobcu je počas vývoja nového robota a robotického systému identifikovať všetky nebezpečenstvá, ktoré môžu tieto zariadenia vytvárať. Patria k nim najmä:

➤ Mechanické nebezpečenstvo

Mechanické nebezpečenstvá, súvisiace s robotmi a robotickými systémami, ich časťami alebo povrchmi, koncovými efektormi, manipulovanými alebo spracovávanými materiálmi, môžu spočívať v zaťažení, vymrštení pevných materiálov alebo vystreknutí kvapalín.

Ohrozenie zdravia a nebezpečné následky môže spôsobiť:

- stlačenie,
- strih,
- porezanie alebo odrezanie,
- mliaždenie,
- navinutie,
- vtiahnutie alebo zachytenie,
- náraz,
- bodnutie alebo prepichnutie,
- trenie alebo odrenie,
- účinok v dôsledku zlomených častí,

- vystreknutie alebo výron vysokotlakovej kvapaliny/plynu,
- a iné.

➤ Elektrické nebezpečenstvo

Toto nebezpečenstvo môže vyvolať smrteľný úraz elektrickým prúdom, šok, popálenie alebo vystrelenie roztavených častíc. Zranenia môžu byť spôsobené:

- dotykom osôb a vodičov alebo vodivých častí, ktoré sú pod napätím,
- dotykom osôb sa časťami, ktoré sa ocitli pod napätím v dôsledku závady, napríklad počas poruchy izolácie,
- nevhodnou izoláciou s ohľadom na podmienky používania,
- tepelným žiarením a iné.

Elektrické nebezpečenstvo môže zaviniť pád osôb alebo predmetov, ktoré osoby pustia následkom prekvapenia, ktoré vyvolá zásah elektrickým prúdom.

➤ Tepelné nebezpečenstvo

Tepelné nebezpečenstvo môže vyvolať popáleniny, napr. kontaktom osoby s predmetom, ktorý má vysokú teplotu. Úrazy môžu byť spôsobené:

- horúcimi povrchmi alebo predmetmi, ktoré sú spojené s koncovým efektorom alebo spracovávaným materiálom, tým sa myslia napr. zváracie hlavice, rozhorúčené materiály pri tvárniacich a obrábacích strojoch,
- horľavými materiálmi – napr. čistenie, údržba, tesniace aplikátory a pod.,
- extrémnymi teplotami špecifických výrobných procesov (rozhorúčený materiál pri zlievaní, podchladený materiál pri chladení a mrazení).

➤ Nebezpečenstvo vyvolané hlukom

Hluk sa šíri vo vzduchu, v pevnej hmote a v kvapaline. Pri práci s robotmi a robotickými systémami, môže dôjsť na pracovisku kde je hluk, ku strate sluchu, hučaniu v ušiach, únave, odvádzaniu pozornosti, pracovnému stresu a k poruchám rovnováhy tela (napr. strata vedomia). Príčinami hluku môžu byť napr. obrábanie materiálu, rezanie vodným lúčom, vibrácie

spôsobené čerpadlami a pod. Vysoká úroveň hluku okolitého prostredia obmedzuje komunikáciu medzi obsluhou stoja a vedúcim zmeny a môže tiež potlačiť vnímanie varovných bezpečnostných signálov.

➤ Ostatné nebezpečenstvo

Medzi ďalšie nebezpečenstvo patria napr. intenzívne vibrácie, ktoré môžu poškodiť chrbticu, ruky, paže a ramená. Príčinami vzniku poškodení môže byť kontakt so zdrojom vibrácií, prípadne nesprávna alebo nevhodná montáž súčiastok. Ďalším nebezpečenstvom môže byť ožiarenie, ktoré má okamžité účinky (napríklad popálenie, poškodenie očí a kože) alebo dlhodobé účinky (napr. genetická mutácia). Nebezpečenstvá vznikajú žiarením neionizujúcim (laser, intenzívny zdroj svetla) a ionizujúcim žiarením (α , β , γ , RTG žiarením).

Pre zabezpečenie budúceho optimálneho stavu robotov a robotických strojov je rozhodujúce včas identifikovať všetky ohrozenia a analyzovať s nimi spojené riziká. Tieto riziká je potrebné následne zohľadniť pri plánovaní organizácie, kde sa budú tieto zariadenia vyskytovať. Príklad posúdenia rizika pre robotické pracovisko sa nachádza v prílohe č. 2.

A napokon, treba prijať a realizovať bezpečnostné opatrenia.

Realizácia bezpečnostných opatrení

Bezpečnostné opatrenia sú permanentnou záležitosťou, ktorej treba venovať pozornosť počas celej doby životnosti robota. Bezpečnostné opatrenia pri robotoch realizuje okrem výrobcu aj užívateľ. Zavádzajú sa počas celej doby životnosti robota. Zostatkové riziká, ktoré nebolo možné odstrániť pri výrobe robota, musia byť užívateľovi známe (napr. z dokumentácie k robotovi od výrobcu – dodávateľa). Na základe týchto poznatkov je užívateľ povinný (v súlade s príslušnou legislatívou) zavádzať adekvátne bezpečnostné opatrenia na dosiahnutie zníženia rizika na prijateľnú úroveň.

Medzi bezpečnostné opatrenia patria najmä:

- školenie a výchova pracovníkov na dodržiavanie technologických postupov,
- nosenie predpísaných OOPP,
- získavanie trvalého prehľadu o dodržiavaní (porušovaní) bezpečnostných predpisov a evidencia všetkých prípadov nebezpečných situácií udalostí,

- podľa príslušných legislatívnych ustanovení je daná povinnosť spracovania prehľadu nebezpečenstiev a rizík vyskytujúcich sa pri práci na robote.

Viac o bezpečnostných opatreniach technického charakteru sa nachádza v kapitole 4.2.1 Roboty a robotizované pracoviská a v prílohe č. 2.

4.3.5 Koboty

Podľa Medzinárodnej federácie robotiky tvoria v súčasnosti kolaboratívne roboty, ktoré sú určené na pomoc pracovníkom v priemyselných aplikáciách, 3 % z globálneho predaja robotov. Avšak do roku 2025 bude tento podiel pravdepodobne stúpať na zhruba 40 % s predpokladanou trhovou hodnotou 9 miliárd dolárov. Väčšina kobotov je vybavená automatickými optimalizovanými algoritmami, čo im umožňuje učiť sa od človeka. S rastúcim využívaním umelej inteligencie budú koboty schopné vykonávať nielen fyzické úlohy, ale stále viac aj kognitívne úlohy. Používanie kobotov na pracoviskách stúpa, a napr. spoločnosť Amazon už využíva viac ako 100 000 kobotov s umelou inteligenciou, ktoré podporujú ich distribučnú činnosť.

V čom teda ich výhody spočívajú?

Vedia pracovať na rôznych úlohách. Vedia na svoje plecia prevziať činnosti, ktoré môžu byť pre zamestnancov nudné a monotónne. Napríklad, také ťahovanie skrutiek. Zamestnanec sa predsa môže venovať iným, oveľa komplexnejším úlohám. Dnešné kolaboratívne roboty sa navyše už ľahko programujú a dajú sa využiť flexibilnejšie. Medze sa im naozaj nekladú. ABB⁶⁰ uviedla na trh svoj prvý kolaboratívny robot YuMi v roku 2015. Dnes pracuje spoločne s ľuďmi po celom svete vo fabrikách aj laboratóriách a vykonáva rozličné úlohy od montáže elektronických súčiastok až po testovanie bankomatov. Ľahké programovanie kolaboratívnych robotov je presne to, po čom dnes túžia aj menšie podniky, ktoré môžu vyrábať širšiu škálu produktov. To je typ spoločností, ktoré sa čoraz viac rozhodujú pre koboty/coboty; menšie podniky so stále sa meniacimi výrobnými linkami môžu profitovať najmä z jednoduchosti preprogramovania týchto robotov. Myšlienka kolaboratívneho robota vznikla v roku 1995 v rámci výskumného projektu General Motors Foundation. Kolaboratívne roboty (koboty)

⁶⁰ <https://new.abb.com/products/robotics/sk/kolaborativne-roboty>

predstavujú rozšírenie akčného rádiusu priemyselných robotov. To znamená, že v porovnaní s priemyselným robotom nie je potrebné ochranné oplotenie. Práca bez oplotenia umožňuje spoluprácu medzi človekom a kobotom, a to bez rizika úrazu. Takáto spolupráca prináša vyššiu flexibilitu práce ako u priemyselného robota. Porovnanie kolaboratívneho a priemyselného robota popisuje obrázok č. 21.

Obr. č. 21 Porovnanie kolaboratívneho a priemyselného robota

KOLABORATÍVNE ROBOTY MENIA PODMIENKY V PRIEMYSELNEJ VÝROBE	
PRIEMYSELNÉ ROBOTY	KOLABORATÍVNE ROBOTY
Pevná inštalácia, potrebný veľký priestor	Flexibilné nasadenie, práca vo vymedzenom priestore
Potrebné bezpečnostné oplotenie	Spolupráca človeka s robotom
Je potrebná vysoká odborná znalosť programovania	Ľahké programovanie
Náročnejšia inštalácia	Rýchla inštalácia
Dodatočné náklady	Najrýchlejšia návratnosť investície v priemysle

Zdroj: <https://www.mts.sk/komponenty/kolaborativne-roboty/>

V tabuľke č. 3 je uvedené porovnanie priemyselných a kolaboratívnych robotov.

Tabuľka č. 3 Porovnanie priemyselných a kolaboratívnych robotov

Vlastnosť	Priemyselný robot	Kolaboratívny robot
Inštalácia	fixné	flexibilné
Požiadavky na kvalifikáciu obsluhy	vysoké	nízke
Pracovný priestor	oddelený	zdieľaný
Interakcia s ľuďmi	nechcená (nebezpečná)	bežná (bezpečná)
Maximálne zaťaženie	veľké	malé
Maximálna rýchlosť	veľká	malá
Nutnosť posúdenia rizika kolízie s obsluhou	nie	áno
Dosah	až 6 m	cca ako človek
Maximálne zaťaženie	až 2300 kg	až 110kg

Výhody a nevýhody kolaboratívnych robotov a ich využitie

Nasledujúca tabuľka č. 4 ukazuje výhody a nevýhody spolupracujúcich robotov oproti tradičným priemyslovým robotom.

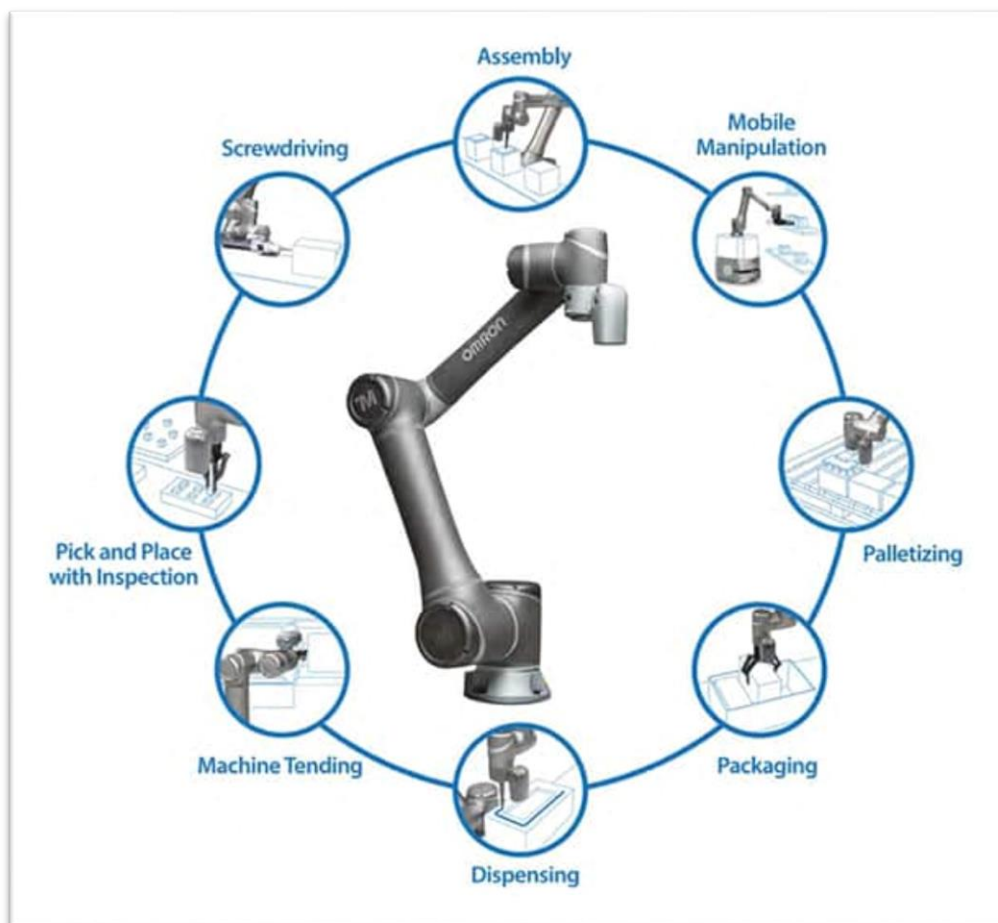
Tabuľka č. 4 Výhody a nevýhody používania kolaboratívnych robotov

Výhody	Nevýhody
Jednoduchšie programovanie	Relatívne vysoká cena
Jednoduchšie ovládanie spolupráce	Na dosiahnutie maximálneho využitia potenciálu je nutné zakúpiť relatívne drahé komponenty a príslušenstvo
Jednoduchšia údržba a opravy	Nižšia odolnosť stroja
Vyššia citlivosť pri kontakte s ľuďmi	Robot sa zastaví uprostred operácie v dôsledku kontaktu s ľuďmi
Nie je potrebné používať ochranné kletky alebo kryty	Nie je príliš presná a jasná legislatíva pre tento typ robota
Zahŕňa kamery a senzory na detekciu objektov a osôb	Priemyselné použitie v porovnaní s tradičnými priemyselnými robotmi len 10 %
Relatívne malé rozmery	
Jednoduchšia manipulácia	
Väčší potenciál v súčasnom priemysle	
Algoritmy v reálnom čase na riešenie ciest bez kolízie	
Možnosť dokúpenia ďalšieho vybavenia	

Zdroj (tabuľka 3 a 4): DJURIC, Ana, R. J. URBANIC a J. L. RICKLI. A Framework for Collaborative Robot (CoBot) Integration in Advanced Manufacturing Systems. SAE International Journal of Materials and Manufacturing [online]. 2016, 9(2), 458 [cit. 2018-04-11]. DOI: 10.4271/2016-01-0337. ISSN 1946-3987.

Kolaboratívny robot zaberá v priestore omnoho menší priestor ako priemyselný robot, ale naproti tomu kolaboratívny robot nedosahuje takej záťažovej nosnosti ako priemyselný. Všetky robotizované bunky kolaboratívnym robotom musia spĺňať bezpečnostnú normu ČSN EN ISO 10218-1 a ISO 10218-2. V tejto norme je stanovené, ktoré bezpečnostné zaistenia musia roboty obsahovať. Prvé tri zaistenia sú pre priemyselné roboty a štvrté zaistenie prináleží kobotom. Aktuálna ponuka na trhu kobotov je bohatá. Vo svojom portfóliu ich majú všetci hlavní výrobcovia priemyselných robotov a okrem nich aj niekoľko malých firiem, ktoré sa na koboty priamo špecializujú. K najvýznamnejším patria Fanuc, ABB, Kuka, Nachi, Denso, Yaskawa, Universal Robots, Rethink Robotics, Aubo, Techman, Hanwha ai.

Obrázok č. 22 Príklady typov a využitia kobotov



Zdroj: <https://www.digikey.pl/pl/articles/robots-evolve-to-cobots-in-industry-4-0>

Koboty sa obvykle pohybujú menšou rýchlosťou a nesú menšie hmoty, než je obvyklé pri klasickej priemyselnej robotike, pracovisko je tak v súlade s bezpečnostnými požiadavkami.

Niemenej najmä v prípadoch, keď bezpečnosť nie je zaistená iným zariadením a rieši ju priamo kobot, je potrebné venovať zvýšenú pozornosť analýze rizík. Obvykle sa koboty vyznačujú ľahkou a kompaktnou konštrukciou, ktorú je možné ľahko premiestniť a preprogramovať na plnenie nového zadania. Kobot je navrhnutý tak, aby tak, aby jeho konštrukcia eliminovala ostré a strižné hrany a jeho časti sú vyrobené z bezpečných materiálov, ako je napríklad mäkkená guma, plasty a penové materiály, slúžiace na pohltie energie pri kolízii s človekom, alebo sú týmito materiálmi iba pokryté. Kobot za pomoci senzorov a ďalších bezpečnostných funkcií tiež dokáže detekovať pohyb človeka na pracovisku a adekvátne na túto informáciu zareagovať. Je rovnako vybavený senzormi, ktoré pri zaznamenaní vyššieho odporu alebo vonkajšej sily zastaví pohyb stroja.

Ako sa líši kobot od robota?

Rozdielny režim práce robotov jasne ukazuje, v čom sa líši konvenčný priemyslový robot od kobota: v oplotení, zabezpečení, v oblastiach použitia a v príprave k práci.

Pri bezpečnostne monitorovanom zastavení je robot riadený automaticky až do okamžiku, kedy je funkcia aktivovaná. To znamená, že ak vstúpi osoba do monitorovaného priestoru robota, robot sa zastaví. Je to typické pre oplotený priestor a kletku. Používa sa tejto funkcie pri údržbe, výmene nástroja a podobne. Pri ručnom navádzaní robota je robot navádzaný ľudskou obsluhou a následne po ukončení funkcie sa opäť spustí automatické riadenie. Je to typické pre učenie robota. Pri sledovaní rýchlosti a vzdialenosti je robot riadený svojím riadiacim systémom a ak dôjde k kontaktu s obsluhou, tak sa zastaví alebo spomalí na bezpečnostnú rýchlosť a zníži silu na hranicu bezpečnosti. Toto zaistenie je vhodné v prevádzke, kedy obsluha v určitú dobu spolupracuje s robotom, ale nedochádza k bezprostrednému kontaktu. Pri obmedzení sily a výkonu je robot riadený tak, aby obsluha nemohol nijak ublížiť. Je to jediná funkcia robota (kobota), ktorá umožňuje plnú spoluprácu riadiaceho systému robota s obsluhou.

Zatiaľ čo konvenčné priemyslové roboty sú striktne izolované od ľudskej obsluhy (či už mechanickým oplotením alebo optickými závorami, ktoré pri akomkoľvek narušení zastavia pohyb robota), koboty pracujú na výrobných linkách priamo pri človeku. Pomôžu mu s namáhavými rutinnými prácami, náročnými operáciami (skrútkovanie na neprístupných miestach) alebo s manipuláciou s ťažkými či miniatúrnymi súčiastkami.

Ako je technicky vyriešené, aby kobot nezranil obsluhu?

Keďže môžu koboty do ľudského operátora naraziť, existujú nasledujúce konštrukčné prvky, ktoré zabránia neprimeranému tlaku.

- *Rýchlostné a momentové senzory v kĺboch robota* signalizujú, akou silou pôsobí rameno robota pri kontakte s obsluhou a v prípade prekročenia nastavených medzí sa robot okamžite zastaví.
- *Čo najľahšie ramená kobotov* – čím je rameno ľahšie, tým menší je náraz do obsluhujúceho pracovníka.
- *Pomalší pohyb ramien robotov* – kobot sa nikdy nepohybuje tak rýchlo, aby sa nemohol okamžite zastaviť.
- *Zaoblené tvary robotov* – sila ramena sa rozloží na väčšiu plochu a tak sa tým zníži náraz.
- *Mäkká vrstva na povrchu ramena robota* zmierni náraz.
- *Sensitive skin* – citlivá vrstva na povrchu ramena kobotov je tvorená veľkoplošným kapacitným senzorom, ktorý detekuje približovanie objektu k ramenu robota a vydá pokyn k zabrzdzeniu, aby v okamihu dotyku rýchlosť vyhovovala požiadavkám ISO/TS 15066.
- *Sériové elastické členy v kĺboch ramien.*
- *Kamery sledujúce okolie kobotov* upozornia na blížiacu sa obsluhu, a umožnia tiež zbierať rôzne typy výrobných súčiastok a vkladať ich do rúk ľudského pracovníka.

Konvenčné roboty a koboty si rozhodne nekonkurujú. Každý typ má na trhu svoj vlastný priestor. Koboty sa uplatnia hlavne pri týchto úlohách:

- malé série produktov, každý z nich môže byť v inom prevedení,
- robotické operácie prevádzané súbežne s manuálnymi prácami,
- prevádzky, ktoré nie je možné kompletne automatizovať,
- manipulácia s ľahšími súčiastkami.⁶¹

Konvenčné priemyslové roboty pracujú väčšinou v automatizovanej výrobe. O inštaláciu a programovanie sa starajú špecialisti v odbore a spustiť robotizovanú linku môže trvať týždne.

⁶¹ <https://www.talentica.sk/robot-alebo-kobot/>

Kolaboratívne roboty sa ľahko inštalujú a nastavujú na požadovanú operáciu. Pomocou intuitívneho rozhrania ich dokážu pripraviť na prácu pracovníci prevádzky behom jedného dňa. Roboty sa tiež ľahko inštalujú na iné miesto a naprogramujú na novú prácu.

Aké výhody prináša spolupráca človeka s robotom?⁶²

Spolupráca človeka s robotom: technológia

Pri spolupráci človeka s robotom asistuje robot človeku. To znamená, že stroj človeka nenahrádza, ale dopĺňa jeho schopnosti a robí za neho náročnú prácu. Môže to byť práca vykonávaná nad hlavou alebo zdvíhanie ťažkých bremien. Taktiež sa využívajú autonómne, spolupracujúce roboty pri zásobovaní pracovísk vo výrobe.

V továrni budúcnosti neexistuje žiadne rozdelenie medzi automatizovanými a manuálnymi pracoviskami. Človek a robot spolu optimálne spolupracujú – bez oddelenia, a bez bezpečnostného oplotenia.

Spolupráca človeka s robotom: výhody

Spolupráca človeka s robotom je revolúciou v priemyselnej výrobe v továrňach budúcnosti a prináša so sebou tieto výhody:

1. Maximálna flexibilita vo výrobe
2. Úľava pre zamestnancov vďaka prevzatíu doteraz neautomatizovaných, ergonomicky nevýhodných manuálnych pracovných krokov
3. Redukcia nebezpečenstva poranenia a zamedzenie infekcií, napríklad vďaka špeciálnym podávačom
4. Kvalitatívne vysoko akostné prevedenie reprodukovateľných procesov – bez typovo špecifického alebo pre diel relevantného “investmentu“
5. Zvýšenie produktivity a komplexnosti zariadení vďaka integrovanej senzorike

Možné prostriedky na zníženie rizika sú zhrnuté v tabuľke č. 5. Využiť sa dajú všetky, ale odporúča sa využívať najmä tie v horných riadkoch smerom dolu, ide o prostriedky doplnujúce a pomocné, ktoré riziko síce znižujú, ale samy osebe nie dostatočne.

⁶² <https://www.automatizacia365.sk/2021/06/04/vyhody-spoluprace-cloveka-s-robotom-hrc/>

Tabuľka č. 5 Opatrenia na zaistenie bezpečnosti pracovísk s kolaboratívnymi robotmi

	Opatrenie	Popis	Poznámka
Bezpečná konštrukcia (zabezpečuje výrobca robota, chápadlá nástroje)	eliminácia	eliminácia nebezpečenstva zaškripanutia alebo nebezpečného dotyku; v tejto časti je nutný tiež správny návrh celého robotizovaného pracoviska	
	náhrada	menej nebezpečné materiály, obmedzenie rýchlosti, rozsahu pohybu	
	obmedzenie interakcii	vylúčenie dotyku s obsluhou, zvlášť s citlivými časťami tela (obmedzenie rozsahu pohybu)	
Bezpečnostné prostriedky a doplňujúce opatrenia	bezpečnostné prostriedky	kryty, zámky, mreže, bezpečnostné spínače, funkcie a systémy	parametre je potrebné nastaviť podľa konkrétnych požiadaviek
	doplňujúce opatrenia	núdzové zastavenie, bezpečné odpojenie momentu, zabezpečenie prístupu, možnosti úniku z nebezpečnej zóny, prevencia pádu	
Opatrenia na strane užívateľa	výstražné zariadenia	signálne svetlá, majáky, sirény, bezpečnostné tabuľky a označenie	
	administratívne opatrenia	školenia, inšpekcia, revízie, kontroly bezpečnosti práce	
	osobné ochranné pracovné prostriedky	ochranný odev, ochranné topánky, okuliare, rukavice a pod.	

Zdroj: http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/11040.pdf

Správa holandskej Organizácie pre aplikovaný vedecký výskum (TNO) uvádza, že pri interakciách medzi človekom, kobotom a prostredím existujú tri druhy rizík v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia zamestnancov:⁶³

- riziká kolízie medzi robotom a človekom, kedy môže strojové učenie viesť k nepredvídateľnému chovaniu robota,
- riziká zabezpečenia, kedy môžu internetové prepojenia robota ohroziť integritu programovania softwaru, a to môže spôsobiť zraniteľnosť v oblasti zabezpečení, a
- riziká pre životné prostredie, kedy môže degradácia senzora a nečakaná činnosť človeka v neštruktúrovanom prostredí spôsobiť ohrozenie životného prostredia.

Aj keď sú kolaboratívne roboty relatívne bezpečné a konštruované na súčinnosť s človekom, môžu pracovníkovi spôsobiť zranenie. Príčinou zranenia môže byť napríklad ich nesprávne použitie v daných aplikáciách a ignorovanie bezpečnostných predpisov. Koboty môžu riziká pre bezpečnosť a ochranu zdravia zamestnanca znižovať, pretože umožňujú systémom umelej inteligencie vykonávať v továrňach a skladoch ďalšie druhy „všedných“ a rutinných servisných úkonov, ktoré v minulosti vyvolávali stres, prepracovanie, muskuloskeletálne potiaže i nudu, ako dôsledok opakujúcej sa činnosti. Koboty v továrňach a skladoch rozšírené o umelú inteligenciu však na druhú stranu môžu vyvolávať i stres a celý rad ďalších závažných problémov, ak nie sú správne zavádzané.⁶⁴

Posúdenie rizík kobotov

Bezpečnosť kobota spočíva v starostlivom posúdení rizika zamýšľanej robotickej operácie a použitého modelu kobota. Je nutné zvážiť nielen využitie samotného kobota, ale celej aplikácie a operačného prostredia. Pri manipulácii s ostrými kovovými hranami existuje väčšie riziko poranenia než pri manipulácii s lepenkovými krabicami. Podobne sa určujú riziká pre rôzny typ chápadla, nástroja. Určite bude rozdiel, pokiaľ chápadlo obsahuje vrtáčku alebo spájkovačku. Je potrebné posúdiť celý systém, v ktorom bude kobot pracovať. Zamerať sa na pohybové vlastnosti kobota, pracovnú plochu, workflow a ďalšie faktory, ktoré pomôžu identifikovať potenciálne zdroje rizík v prevádzke. Akonáhle sú riziká identifikované, tak je potrebné ich starostlivo vyhodnotiť. Proces je obdobný ako u robotov. Pozri kapitolu roboty.

⁶³ Emergent risks to workplace safety: working in the same space as a cobot. Haag: TNO, 2018.

⁶⁴ OSH and the Future of Work: Benefits and risks of artificial intelligence tools in workplaces. European Agency for Safety and Health at Work, 2019.

Roboty a koboty sú čoraz viac vítanejšou súčasťou výrobných a iných pracovných procesov, ale predstavujú potenciálne riziko, ktoré je potrebné v priemyselnej automatizácii vziať do úvahy. Novovyvinuté štandardy pre bezpečnosť robotov musia dodržiavať všetci výrobcovia robotov (spracované podľa Petra Valiauga: ATP Journal 9/21: https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/casopisy_cele/ATP%20Journal%209%202021.pdf).

To, že robot môže mať podiel na úmrtí človeka, nie je nič nové. Smrť muža, ktorého zachytil robot a pritlačil o kovovú platňu v továrni Volkswagen v nemeckom Baunatale v roku 2015, pritiahla pozornosť. Podľa vyhlásenia spoločnosti Volkswagen sa však robot nepokazil. Pracoval vnútri bezpečnostnej klietky, do ktorej technik omylom vstúpil. Tento prípad je podobný jednému z prvých zaznamenaných prípadov smrti spôsobenej priemyselným robotom v roku 1979, keď montážny robotník v závode Ford Motor Company v americkom Michigane utrpel zranenia nezlučiteľné so životom, keď do jeho hlavy narazilo rameno robota. Na výrobnjej linke neboli inštalované ochranné klietky a takisto nebola prítomná žiadna technológia, ktorá by zmenila smer robota v prítomnosti človeka. Súd dospel k záveru, že bol udrutý do hlavy kvôli neadekvátnym bezpečnostným opatreniam. Jeho rodine bola vyplatená náhrada škody vo výške 10 miliónov dolárov. Podobných prípadov by sme vedeli napočítat minimálne na prstoch jednej ruky. Aj keď sa bezpečnostné štandardy stále zvyšujú a pravdepodobnosť nehody, ku ktorej dôjde pri akejkoľvek interakcii človeka s robotom, klesá, takéto udalosti budú častejšie len kvôli stále rastúcemu počtu robotov v priemysle a v spoločnosti.

Roboty nezabljajú

Po smrti muža v továrni Volkswagen mnohé médiá uverejnili správu o tom, ako „robot zabil človeka“. Môže robot zabiť človeka, keď nedokáže vyjadrovať emócie? Nemôže. Tvrdiť opak je zavádzajúce a mimoriadne nezodpovedné. Oveľa lepšie by bolo vyjadriť to ako prípad „pracovníka, ktorý nedodržiaval bezpečnostné opatrenia pri práci v blízkosti robota“. Avšak to by nebolo dostatočne pútavé pre čitateľa.

Neopodstatnený strach z robotov

Spôsob podania takejto informácie môže viesť k dvom názorom: roboty sú dobré pre priemysel a spoločnosť, alebo sú nevhodné pre priemysel a spoločnosť. Možno prevyšujú nevýhody nad

výhodami, a to práve kvôli nehodám s robotmi. Treba si však uvedomiť, že roboty nie sú zodpovedné za to, čo robia. Za to, čo robia, sú zodpovední ľudia.

Ak by došlo k „problému s robotom“, či už ide o chybné materiály, nesprávne fungujúcu dosku počítača, zlé programovanie, zlý návrh inštalčných alebo operačných protokolov, tento problém – alebo to, že sa s ním nepočítalo –, by bol stále spôsobený ľudským zlyhaním. Z toho plynie jediné: neviňte robota za chybu, ktorú spôsobil človek.

Bezpečnosť na prvom mieste

Predošlé sa týkalo najmä priemyselných robotov, ktoré nie sú stavané na prácu v blízkosti človeka. No ako je to s bezpečnosťou kolaboratívnych robotov? Schopnosť kobotov deliť sa o úlohy s ľuďmi a flexibilne sa prispôbiť novým požiadavkám môže znamenať vysokú návratnosť investícií do najrozmanitejších priemyselných aplikácií. Rôzne priemyselné podniky používajú tieto roboty, aby využili výhody integrovaných bezpečnostných funkcií, ktoré im umožňujú pracovať s ľuďmi alebo blízko nich a zvýšiť produktivitu pri rôznych opakujúcich sa úlohách. Napriek mnohým bezpečnostným vlastnostiam, ktoré zahŕňajú napríklad odľahčenú konštrukciu a technológiu detekcie kolízií, treba pri celkovej aplikácii stále zohľadňovať vhodné bezpečnostné opatrenia vrátane koncového efektora a ďalšieho zariadenia umiestneného v blízkosti spoločného pracovného priestoru. Bezpečná implementácia, založená na komplexnom hodnotení rizík, je rozhodujúca pre zaistenie úspechu kolaboratívnej robotickej aplikácie.

Ak chcete zabezpečiť čo najbezpečnejšie pracovné prostredie, treba sa držať bezpečnostných noriem. Bezpečnostná norma ISO 10218 a technická špecifikácia RIA TS 15066 podrobne opisujú požiadavky a poskytujú informácie o bezpečných spolupracujúcich robotoch, definujú bezpečnostné požiadavky, maximálne limity sily a rýchlosti pre kolaboratívne roboty. V oblasti posudzovania bezpečnosti robotov a pracovísk s robotmi sú najdôležitejšie práve medzinárodné normy ISO 10218-1 a ISO 10218-2. Technická špecifikácia nie je štandard, a preto ide naozaj len o súbor informácií a odporúčaní pre konštruktérov robotov a robotizované pracoviská.

Vyčlenenie kolaboratívneho priestoru a posúdenie rizika

Oblasť, v ktorej kolaboratívny robot pracuje, vrátane akéhokoľvek náradia alebo dodatočného vybavenia, je známa ako spoločný pracovný priestor. Podľa ISO 10218 je to priestor v

chránenej oblasti, kde robot a človek môžu vykonávať úlohy súčasne počas výrobných operácií. Podobne ho TS 15066 definuje ako oblasť v operačnom priestore, kde robotický systém môže počas výroby vykonávať úlohy súbežne s človekom. Avšak vyčleniť takýto priestor nestačí. Je nesmierne dôležité, aby bol takýto pracovný priestor na spoluprácu človeka a stroja jasne označený aj pre ostatných pracovníkov, ktorí sa v jeho blízkosti pohybujú alebo pracujú. Požiadavka na posúdenie rizika je jednou z najväčších zmien v novom štandarde. Integrátor musí teraz posúdiť riziko každého robotického systému použitého na prácu s človekom a zhrnúť spôsoby, ako toto riziko zmierniť. Môže ísť o postupy a školenia zahŕňajúce požadované zabezpečenie stroja a základné riadenie bezpečnosti. Posúdenie rizika zahŕňa potenciálnu závažnosť poranenia, vystavenie operátora nebezpečenstvu a náročnosť pri vyhýbaní sa nebezpečenstvu pri dosiahnutí špecifickej úrovne rizika od zanedbateľnej po veľmi vysokú.

Umelá inteligencia v boji s bezpečnosťou

Priemyselné podniky kladú nároky na kolaboratívne roboty, aby boli čoraz rýchlejšie a výkonnejšie. Zároveň však musia mať na pamäti, že tieto koboty musia byť bezpečné pre zamestnancov, ktorí pracujú v ich blízkosti. Niektorí si môžu myslieť, že jednoduchým pridaním oplotenia môže byť kobot bezpečnejší, ale existuje alternatíva, ktorá často funguje lepšie. Prečo je umelá inteligencia bezpečnejšia ako fyzická bariéra? Ľudia sú vynaliezaví a v bežnom živote niektorí z nich obchádzajú pravidlá. To sa týka aj pracovného prostredia, kde hľadajú možnosti, ako si niečo uľahčiť, prípadne obísť. A preto sa stáva, že nachádzajú spôsob, akým prekonávať fyzické bariéry. Z dôvodu bezpečnosti bývajú roboty oplotené a navrhnuté tak, aby bola práca robota prerušená pred vstupom osoby do pracovnej bunky. No je možné, že pracovník sa pokúsi obísť bezpečnostný mechanizmus len preto, aby prácu robota neprerušil. Prečo by to robil? Z jednoduchého dôvodu. Nechce prerušiť výrobu, na ktorú sú naviazané ďalšie procesy. Prípadne jeho plat je závislý od jeho šikovnosti a efektivity práce. Implementácia umelej inteligencie môže výrazne zvýšiť bezpečnosť. Umožní kobotom lepšie vidieť, spracovávať informácie, rýchlejšie sa rozhodovať a nemožno ju obísť tak ľahko ako fyzickú bariéru.

4.3.6 Exoskeletony

Technológia exoskeletonov sa rozvíja už niekoľko desaťročí a nástupom priemyslu 4.0, najmä posilňovaním interakcie človeka a stroja, dostala nový impulz. „*Vo svojom okolí časom uvidíme čoraz viac exoskeletonov, pretože budú cenovo dostupnejšie. Sú riešením na každodenné použitie a predpokladám, že o desať rokov bude exoskeleton vlastníť prakticky každý,*“ myslí si Kevin Dacey, vedúci inžinier projektu EskoVest.

Exoskeleton nie je novinka – vývoj strojovej technológie, ktorá v spojení s ľudským telom násobí silu človeka, siaha do šesťdesiatych rokov minulého storočia. Začiatky súviseli najmä s potrebami armády. Neskôr japonské firmy experimentovali, ako by táto technológia mohla pomôcť starnúcej populácii a skvalitniť život zdravotne postihnutým.

Ale až po tom, ako sa o exoskeletony začali zaujímať spoločnosti, ako napríklad Siemens, Boeing či Ford, sa vytvoril priestor na ich využitie aj v priemyselnej výrobe. Zareagovali viaceré startupy a pustili sa do vývoja zariadení, ktoré majú šancu uplatniť sa vo výrobných halách.

Automobilka Ford testovala v pätnástich závodoch stovku robotických zariadení Ekso, ktoré vyvinul startup Ekso Bionics v kalifornskom Richmonde. Ide o exovestu určenú na podporu hornej polovice tela, predovšetkým chrbtice a ramien. Navrhnutá je tak, aby zdvihla a podoprela ruky pracovníka pri plnení úloh v rozsahu od výšky hrudníka až po prácu nad hlavou. Každou rukou dokáže človek udržať nástroj ťažký 6,8 kilogramu a pracovať tak trebárs aj celý deň. Cieľom je zabrániť únavovým zraneniam, ku ktorým bežne dochádza pri celodennej práci s rukami nad hlavou. Počas dlhodobých skúšok klesol v roku 2016 počet pracovných úrazov o 83 percent. „*To je vynikajúci výsledok,*“ povedal Marty Smets, odborník na ergonómiu v technologickom laboratóriu Fordu v Dearbone neďaleko Chicaga. Ako dodal, poškodenie ramien je najčastejšou príčinou pracovných úrazov. Zároveň sa zdĺhavo a komplikovane liečia, takže pre firmu je dôležitá aj finančná stránka. Príklad exosketu je na obrázku č. 23.

Obrázok č. 23 Exoskelet – Robotický priemyselný Vest Exoskeleton (VEX)



Zdroj: <https://www.automatizacia365.sk/2020/04/17/roboticky-priemyselny-exoskeleton-interakcia-cloveka-a-stroja/>

Spoločnosť Hyundai Motor Group pracuje nielen na robotoch VEX, ale aj na ďalšom ľahkom nositeľnom zariadení s označením CEX – Chairless Exoskeleton, tzv. „nohavicová stolička“. Ak je pracovník vybavený zariadením CEX, môže ľahko sedieť aj bez stoličky.

Ide teda o vonkajšiu kostru, ktorá má podporný a ochranný charakter. Primárne je tento vynález určený pre mechanikov a pracovníkov vo výrobe, ktorí potrebujú pri určitých činnostiach dlhšie stáť alebo pracovať mierne sklonení a stolička by v pracovnom prostredí bola na prekážku.

Výsledkom je lepšie držanie tela, vyššia bezpečnosť práce, menej zdravotných ťažkostí spôsobených prácou, menej absencií v práci a najmä lepší pracovný výkon aj u starších zamestnancov. Ukážka je na obrázku č. 24.

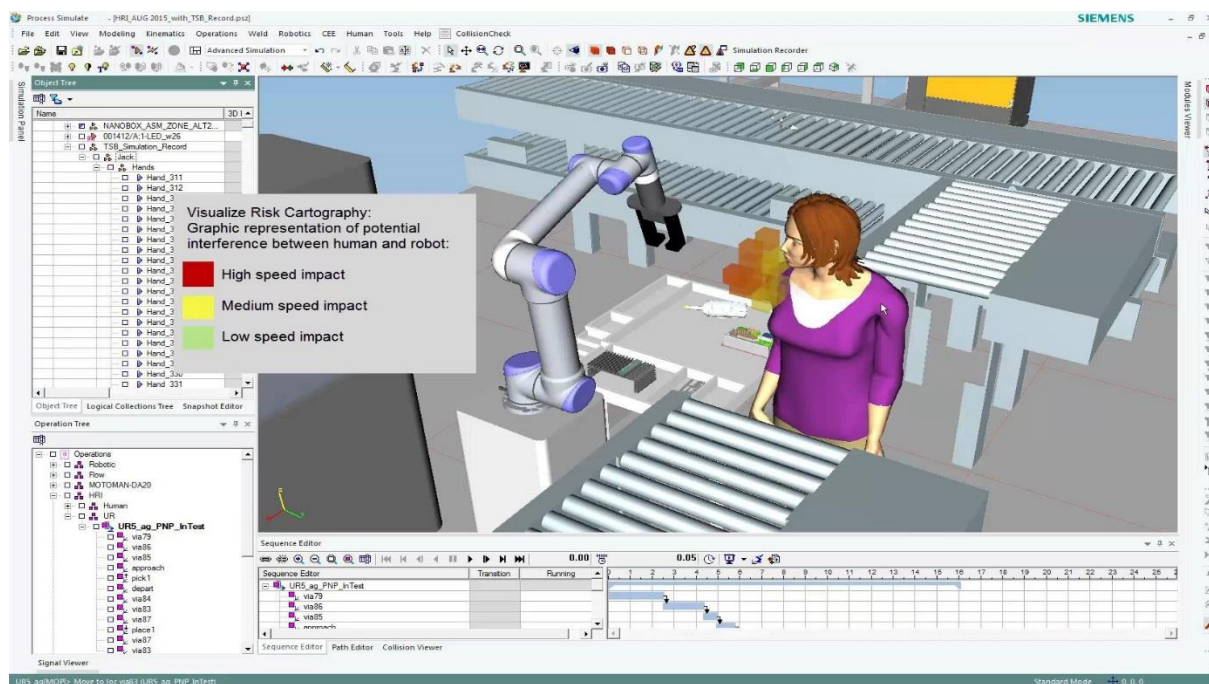
Obrázok č. 24 Nohavicová stolička CEX



Zdroj: https://t.tyden.cz/rubriky/auta/aktuality/hyundai-motor-group-pronika-do-robotiky-budoucnosti_501287.html

Využitie exoskeletonu pri manuálnej manipulácii a iných pracovných operáciách možno testovať vo virtuálnych modeloch. Softvér Siemens Tecnomatix simuluje vzťah človek – stroj a využíva sa pri ergonomických návrhoch pracovísk. Pôvodne ho vyvinuli na Pensylvánskej univerzite na overovanie všetkých ľudských činností v americkom raketopláne. Dnes pracuje s avatarmi Jackom a Jill a v aplikácii JackEx (Jack a exoskeleton) dokáže porovnávať situácie, ktoré vzniknú spojením ľudského operátora s exoskeletonom a bez neho. Zobrazenie softvéru je na obr. č. 25.

Obrázok č. 25 Softvér Siemens Tecnomatix simuluje vzťah človek-stroj a využíva sa pri ergonomických návrhoch pracovísk



Zdroj: <https://www.nextech.sk/a/Exoskeleton-nezmeni-cloveka-na-robotu>

Exoskeleton/exoskelet je možné definovať ako osobný asistenčný systém, ktorý mechanicky pôsobí na telo (Liedtke a Glitsch, 2018). V užšom slova zmysle sú exoskeletony prenositeľné robotické technológie, ktoré modifikujú vnútorné alebo vonkajšie sily pôsobiace na telo.

Sú to kompenzačné pomôcky, ktoré znásobujú silu ľudských svalov tam, kde je nedostatočná. Ich konštrukcia vychádza z poznania biomechaniky a antropometrie. Niektoré sú poháňané a doplnené riadiacimi funkciami, potom sú to v podstate „nositeľné roboty“. V odbornej literatúre sa uvádza najčastejšia definícia ako vonkajšie mechanické konštrukcie umiestnené na tele, napr. (De Looze a kol., 2016) Najčastejšou klasifikáciou sú aktívne alebo pasívne systémy. Aktívne exoskelety používajú poháňacie mechanizmy (mechanické časti pohonu) na podporu ľudských pohybov. Tieto mechanické časti tvoria elektromotory, ale ich pohon môže byť tiež na hydraulickú alebo pneumatickú bázu (Gopura a Kiguchi, 2009). Vďaka tejto podpore poskytujú prídavnú silu, čím zvyšujú výkonnosť pracovníka. Naproti tomu pasívne exoskelety na podporu ľudských pohybov využívajú vratnú silu pružín, tlmiče alebo iné materiály. Energia uložená v pasívnom exoskelete je generovaná výhradne pohybom užívateľa (De Looze a kol., 2016). Okrem toho je pôsobenie síl prerozdeľované tak, aby boli chránené určité oblasti tela. Zmena výkonnosti užívateľa pramení nielen z prídavnej fyzickej sily, ale aj zo schopnosti

vydržať v namáhavých pozíciách dlhšiu dobu, napríklad v podmienkach práce nad hlavou. Výnimku zatiaľ predstavujú hybridné exoskelety, ktoré môžu mať funkciu aktívnych i pasívnych systémov. Na aktiváciu pohybov využívajú elektrické impulzy v mozgu (signály EEG) alebo aktiváciu svalov. Tieto sa však využívajú najmä v zdravotníctve a rehabilitácii osôb po úrazoch.

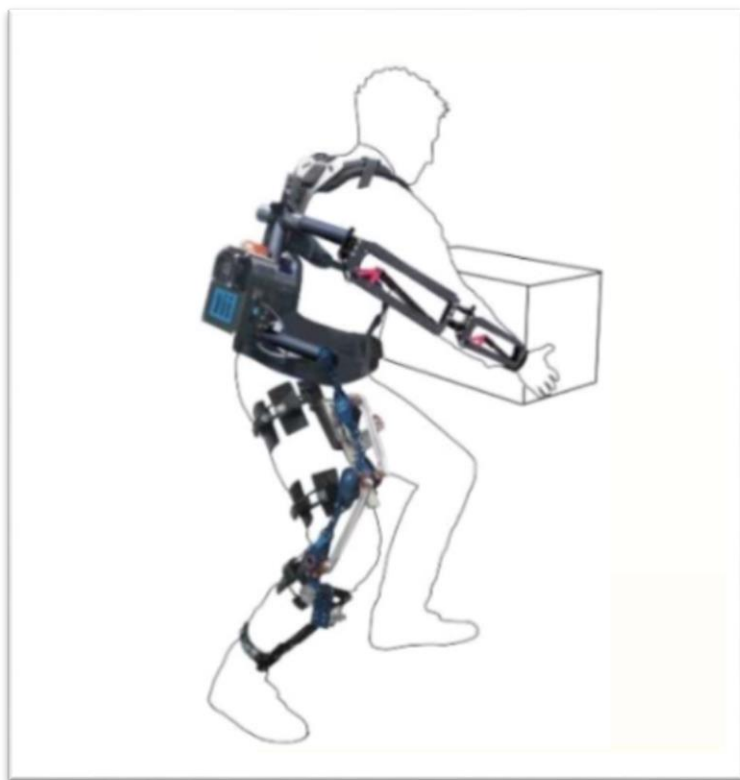
Druhy exoskeletov

Exoskelety možno rozdeliť do troch skupín:

1. exoskelety pre hornú časť tela,
2. exoskelety pre dolnú časť tela,
3. a celotelové exoskelety.

Exoskelety pre hornú časť tela obvykle využívajú pevnú mechanickú konštrukciu na prerozdelenie telesnej záťaže vyvíjanej na horné končatiny či na trup. (napr. na hornú časť paží, dolnú časť paží, ramená či bedernú časť chrbtice). V tomto prípade sa prerozdelením záťaže rozumie skutočnosť, že nadmerná záťaž sa prenesie na iné časti tela, na bedrá, na nohy a pod. Exoskelety pre dolnú časť tela dokážu prenášať kinetické sily na zem a znížiť tak záťaž muskuloskeletálneho systému. Je však dôležité upozorniť na to, že tieto princípy veľmi závisia od konštrukcie a funkcie exoskeletu. Asistenční systémy, ktoré podporujú hornú časť tela a spodnú časť tela súčasne, možno definovať ako celotelové exoskelety. Príklad celotelového exoskeletu je na obrázku č. 26.

Obrázok č. 26 Celotelový exoskeleton podľa návrhu INAIL/Italian Institute of Technology (IIT) project on collaborative exoskeletons



Zdroj: INAIL/Italian Institute of Technology (IIT) project on collaborative exoskeletons
<https://osha.europa.eu/sk/publications/occupational-exoskeletons-wearable-robotic-devices-and-preventing-work-related>

Potenciál využitia exoskeletonov je veľký – možno ich využiť v automobilovom a leteckom priemysle, pri výrobe lodí, v potravinárstve alebo na stavbách. Exoskeleton sa ľahko oblieka a vyzlieka a je možné ho nepretržite nosiť i viac ako osem hodín.

Používanie exoskeletov a ich dopady na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci

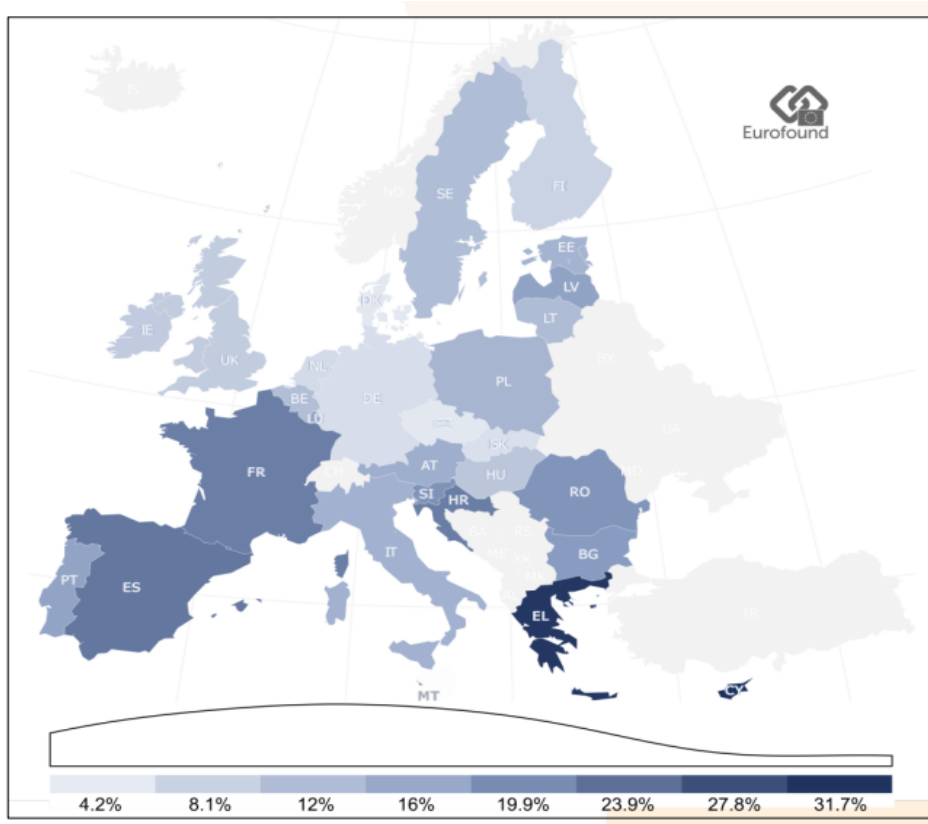
Spracované podľa EU-OSHA – Vplyv využívania exoskeletov na bezpečnosti a ochranu zdravia pri práci

V posledných rokoch začali byť na pracoviskách zavádzané nové nositeľné kompenzačné pomôcky – tzv. exoskelety. Očakáva sa, že ich používanie bude v budúcnosti bežnejšou praxou, pretože prototypy exoskeletov sa ukázali byť prínosné napr. v oblasti zdravotnej starostlivosti

a rehabilitácie. Exoskelety sa javia najmä ako nový prístup k riešeniu problematiky muskuloskeletálnych porúch súvisiacich s pracou (MSD). Muskuloskeletálne poruchy súvisiace s prácou predstavujú pre pracoviská v Európe jeden z najnáročnejších problémov.⁶⁵

Obrázok č. 27 znázorňuje percentuálne podiely pracovníkov, ktorí sa pri svojej pracovnej činnosti dostávajú do únavných a bolestivých pozícií, ktoré súvisia s nevhodným usporiadaním pracoviska, lebo pracovné podmienky v celej Európe sú stále závažným problémom. Na riešenie tohto problému boli vyvinuté exoskelety.

Obrázok č. 27 Percentuálne podiely pracovníkov s MSD poruchami v Európe



Zdroj: EU-OSHA, <https://osha.europa.eu/en/publications/impact-using-exoskeletons-occupational-safety-and-health>

⁶⁵ Viac ako 40 % pracovníkov v Európe trpí bolesťou v bedrovej časti chrbta alebo sa sťažuje na problémy s ramenami. Okrem toho 63 % pracovníkov vykonáva opakované úlohy alebo často pracuje v potenciálne nebezpečných pozíciách (46 %) (Eurofound, 2012). Ročné náklady vyplývajúce z týchto zdravotných problémov spôsobených pracovnými podmienkami predstavujú zhruba 2 % hrubého domáceho produktu Európskej únie (EÚ) (Bevan, 2015). Mnohé z týchto problémov sú spôsobené úlohami pri ručnej manipulácii s materiálom, medzi ktoré patrí zdvíhanie, spúšťanie, držanie alebo prenášanie bremien (Zurada, 2012; Collins a O'Sullivan, 2015). Otáčanie, ohýbanie a práca nad hlavou tiež zvyšujú riziko rozvoja poruchy súvisiacej s prácou. Muskuloskeletálne poruchy súvisiace s prácou preto nie sú len problémom spojeným so zdravím, ale problémom, ktorý má zásadný ekonomický význam.

Potenciálny prínos exoskeletov na prevenciu MSD porúch súvisiacich s prácou by mohol byť značný, je však potrebné vziať do úvahy skutočnosť, že tieto kompenzačné pomôcky vyvolávajú nové otázky v súvislosti s BOZP.

V tejto súvislosti Francúzsky národný výskumný a bezpečnostný inštitút pre prevenciu pracovných úrazov a chorôb z povolania (INRS) zverejnil prehľad nových rizikových faktorov na pracovisku pri používaní exoskeletov. (INRS, 2019).⁶⁶

Na jednej strane môžu byť exoskelety považované za príležitosť na obmedzenie svalovej záťaže pri práci tým, že pracovníkom fyzicky pomáhajú a potenciálne predchádzajú vzniku MSD porúch súvisiacich s prácou alebo poskytujú podporu pracovníkom s telesným postihnutím. Na druhej strane sa však môžu prejaviť nové potenciálne zdravotné riziká v dôsledku prerozdelenia záťaže do iných častí a oblastí tela. Ovpływujú tak motorickú kontrolu, stabilitu kĺbov a zmenu kinematiky (INRS, 2018)⁶⁷

Najdôležitejšie je pamätať si to, že pri používaní technológií, tak úzko spätých s ľudským telom, je potrebná opatrnosť. Predtým, než sú zamestnanci vybavení exoskeletmi, by sa mali pri navrhovaní pracovísk zvážiť technické a organizačné opatrenia. Všeobecne by použitie exoskeletov na zlepšenie ergonomického rozvrhnutia pracovísk malo byť vždy tou najposlednejšou možnosťou. Okrem toho preskúmvavanie účinkov na zdravie v súvislosti s fyziologickými alebo biomechanickými aspektami je na samom začiatku, lebo interakcie človeka s exoskeletmi je zložitá a časovo náročná.

Posúdenie rizík na pracovisku v súvislosti s exoskeletmi

Zamestnávateľ má všeobecnú povinnosť zaistiť zdravé a bezpečné pracovné prostredie a obmedziť riziká počas práce. Sú na to určené príslušné právne predpisy. Na základe týchto právnych predpisov je nutné zvážiť aj riziká spojené s exoskeletmi na konkrétnych pracoviskách. Potenciálne riziká exoskeletov v pracovnom prostredí sú viaceré a súvisia s ich konštrukciou a funkciou. Aktívne systémy môžu mať mechanické a technické závady. V takom prípade môže porucha viesť ku zraneniu, pretože mechanizmus pohonu aktívnych exoskeletov môže vyvíjať na telo pracovníka prídavné sily. Je treba počítať s tým, že exoskelety môžu zvýšiť riziko poranenia pri pokĺznutí, zakopnutí, alebo pri páde. Ich vplyv v tomto smere, napr. v situácii, keď sú používané exoskelety pre hornú časť tela pri chôdzi po rovine, je však v

⁶⁶ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206311>

⁶⁷ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206315>

súčasnosti hodnotený ako nízky. V závislosti na konštrukcii a hmotnosti exoskeletu však môže byť obmedzená prirodzená voľnosť pohybu pracovníka. Kvôli tomu je obtiažne obnoviť rovnováhu prostredníctvom vyrovnávacích pohybov v prípade pádu. Dôsledky môžu byť závažnejšie než v prípade, že pracovník exoskelet nemá. Ďalej je treba zvážiť možné kolízie medzi exoskeletom a pracovným zariadením, robotmi či stavebnými strojmi. V tejto súvislosti boli vykonané počítačové simulácie za účelom preskúmania praktického použitia exoskeletov v prostredí virtuálnych tovární (Constantinescu a kol., 2016).

Na záver je možné konštatovať, že pokiaľ ide o zmenu usporiadania pracovísk so začlenenými exoskeletmi, bolo poukázané na niekoľko obmedzení. V prípade naliehavej situácie musia byť budovy rýchlo evakuované, aby sa zaistila bezpečnosť a ochrana zdravia všetkých zamestnancov. Je preto potrebné rýchle vyzlečenie sa z exoskeletu. Tí, ktorí exoskelety navrhujú, by tiež mali vziať do úvahy situácie, kedy môžu byť pracovníci sami. Stručne povedané, bezpečnostné a zdravotné riziká spojené s exoskeletmi je možné odhadnúť v rámci určitých scenárov, nie je možné ich však vymedziť presne. Jedným z dôvodov sú obmedzené vedecké dôkazy a nedostatok praktických skúseností. Najmä dlhodobé účinky exoskeletov na muskuloskeletálny systém nie sú známe. V dôsledku toho stále existuje potreba vykonania komplexných štúdií, ktoré by zhodnotili osobné, fyziologické, zdravotné a biomechanické aspekty exoskeletov.

4.3.7 Inteligentné osobné ochranné pracovné prostriedky

Osobné ochranné pracovné prostriedky (ďalej len OOPP“), napríklad bezpečnostná obuv, zátkové chrániče sluchu a ochranné okuliare, boli vždy dôležité pri ochrane nositeľa pred jedným alebo viacerými rizikami vyskytujúcimi sa na pracovisku. Ak činnosť, ktorú vykonáva pracovník, ktorý má na sebe OOPP, predstavuje určité riziko, ktoré nemožno ďalej znížiť inými (kolektívnymi, technickými alebo organizačnými) prostriedkami, použitie OOPP je nevyhnutné. Osobné ochranné prostriedky musia fungovať spoľahlivo a musia poskytovať vysokú úroveň ochrany. Táto zásada hierarchie prevencie sa s úspechom používa už dlhý čas.

Práce v krízových a nebezpečných situáciách a prostrediach, ako je napríklad únik nebezpečných látok, expozícia nebezpečným faktorom pracovného prostredia alebo hasenie požiarov, to sú len niektoré z oblastí, ktoré vyžadujú OOPP.

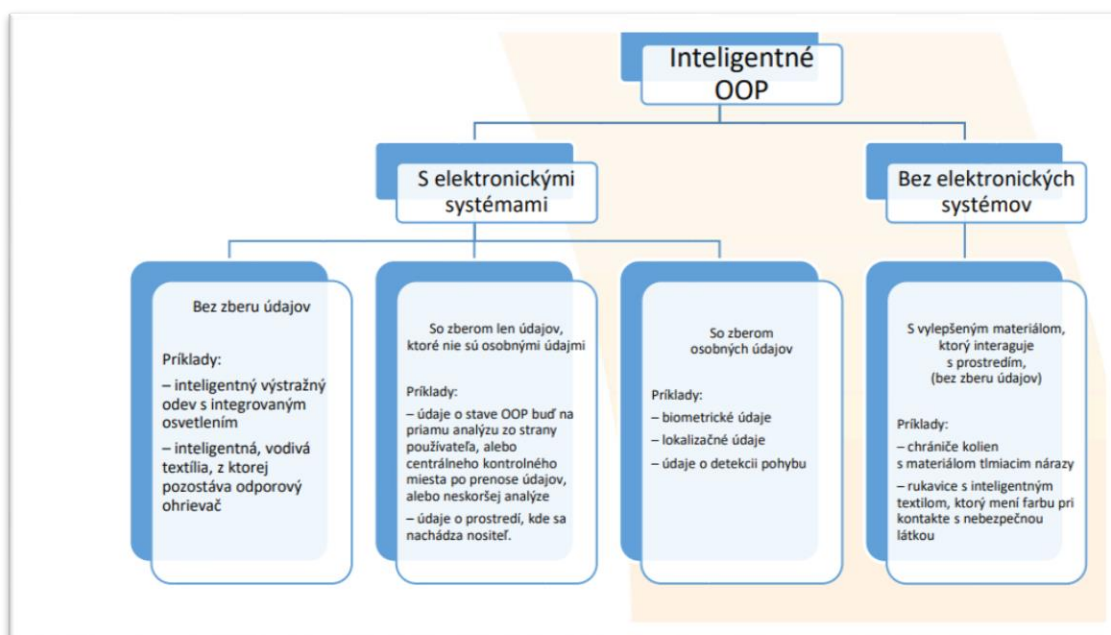
Výskum a vývoj samozrejme prebieha aj v oblasti OOPP. Čoraz častejšie sa v súvislosti s OOPP uvádza opis „inteligentný“ alebo „chytrý“ (smart). Úroveň ochrany možno zvýšiť použitím vylepšených materiálov alebo elektronických komponentov v OOPP. Vylepšené materiály majú nové vlastnosti: napríklad chrániče kolien bývajú často nepružné a bránia normálnemu pohybu; inteligentný materiál tlmiaci nárazy však môže byť mäkký aj pružný a umožňujúci normálny pohyb. Ak je však potrebná ochrana, v prípade nárazu sa vlastnosti inteligentného materiálu zmenia a prejaví sa účinok tlmenia nárazov.

Vo väčšine prípadov „inteligentnou“ súčasťou inteligentných OOP je elektronika. V takomto prípade sa v inteligentných OOPP kombinujú tradičné OOPP (napr. ochranný odev) s elektronikou, napríklad snímačmi, detektormi, modulmi na prenos údajov, batériami, káblami a ďalším prvkami. Inteligentné OOPP je možné charakterizovať určitým stupňom interakcie s prostredím alebo reakciou na podmienky prostredia. Súčasný návrh definície Európskeho výboru pre normalizáciu (CEN), je nasledujúci: Inteligentné OOP je „osobné ochranné vybavenie, ktoré vykazuje zamýšľanú a využiteľnú reakciu buď na zmeny v okolí/prostredí, alebo na externý signál/vstup“.

Inteligentný osobný ochranný prostriedok sľubuje vyššiu úroveň ochrany a jednoduchšie používanie vylepšených materiálov alebo elektronických komponentov. Niekedy poskytuje oba tieto aspekty a niekedy jeden z nich. Potrebné je porozumieť tomu, že tento nový typ OOP je tvorený kombináciou tradičných OOP s inteligentnými prvkami OOP. Inteligentné prvky zvyšujú úroveň ochrany, a preto sú neoddeliteľnou súčasťou OOP. Na základe toho inteligentný OOP musí byť v každom prípade testovaný, či už na posúdenie zhody, alebo sa musí uskutočniť test funkčnosti – príslušná zainteresovaná strana, napríklad výrobca, notifikovaná osoba, príslušný orgán alebo používateľ, musí inteligentný OOP testovať ako celok. Vo väčšine prípadov je súčasťou inteligentného OOPP elektronika. V tomto prípade sa kombinuje tradičné OOPP s elektronikou, ako sú senzory, detektory, moduly na prenos dát, batérie, káble a ďalšie prvky.

Inteligentné OOP nositeľovi tak poskytujú vyššiu úroveň ochrany, niekedy aj lepšie pohodlie a umožňujú získavať cenné informácie pre starostlivosť a údržbu. Klasifikačné schéma pre inteligentné OOPP je navrhnutá na obrázku č. 28.

Obrázok č. 28 Klasifikačná schéma pre typy inteligentných OOPP



Zdroj: <https://osha.europa.eu/sk/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future>

OOPP doplnené o vstavané inteligentné elektronické zariadenia môžu prispieť ku zvýšeniu BOZP zamestnancov, napríklad v prípadoch, keď upozornia na vyskytujúce sa nebezpečenstvo v ich okolí.

Známym príkladom, ktorý už bol prezentovaný na obchodných veľtrhoch, je inteligentný ochranný odev pre hasičov. Do ochranného hasičského odevu sú zapracované rôzne senzory. Merajú telesné funkcie, napríklad srdcový pulz, krvný tlak a teplotu telesného jadra. Na základe týchto údajov je možné vyhodnotiť pracovnú pripravenosť príslušnej osoby. V minulosti to nebolo možné. Ďalšie snímače, ktoré snímajú okolie hasiča, slúžia na detekciu toxických plynov alebo meranie teploty. Okrem toho sa po vykonaní úlohy môžu uchovávať informácie o stave ochranných prostriedkov, čo je veľmi užitočné pre posúdenie potrebného typu čistenia a toho, či bude ešte zabezpečená správna úroveň ochrany. Všetky tieto informácie možno použiť na optimalizáciu úrovne ochrany poskytovanej hasičom a na podporu ich schopnosti vykonávať prácu. Inteligentné OOP nositeľovi tak poskytujú vyššiu úroveň ochrany, niekedy aj lepšie pohodlie a umožňujú získavať cenné informácie pre starostlivosť a údržbu.

Inteligentné OOPP majú za cieľ „aktívne“ predchádzať rizikám a zaisťovať zdravie a bezpečnosť zamestnanca, a to napríklad upozornením zamestnanca na možné vystavenie

rizikovým faktorom, ako sú nebezpečné látky, vysoké teploty alebo hladiny hluku, ako aj na nebezpečie stretu s pohybujúcimi sa predmetmi. Mobilné miniaturizované sledovacie zariadenia integrované do OOPP umožnia sledovanie rizík v reálnom čase a môžu byť používané na poskytovanie včasných varovaní pred škodlivou expozíciou, stresom, zdravotnými problémami a únavou. Môžu napríklad interagovať s „inteligentnými kontajnermi“ a „inteligentnými žeriavmi“ za účelom aktívnej ochrany zamestnancov v prístave v dobe vykládky a nakládky materiálov, tým, že upozornia na nebezpečné situácie (napr. pri chôdzi pod zdvihnutým kontajnerom)⁶⁸.

Inteligentné OOPP sú na vzostupe a očakáva sa, že poskytnú zvýšenú ochranu a nové možnosti na používanie OOPP. Na dosiahnutie tohto cieľa je však potrebné pred uplatnením sľubovaných výhod prekonať určité prekážky. Predovšetkým si musia užívatelia uvedomiť, že neexistuje 100 % záruka ich ochrany, a to dokonca ani s inteligentnými OOPP.⁶⁹

Ďalej môžu spôsobiť zníženie počtu chýb/zlyhaní človeka, a tým aj počtu a závažnosti pracovných úrazov na pracovisku, čo povedie ku zvýšeniu produktivity, výkonu a efektivity a následným úsporám nákladov.

Problematika v súvislosti s používateľmi

Používatelia sa musia tiež prispôbiť novým vlastnostiam inteligentných OOP. Používatelia musia byť informovaní, čo znamená, že musia byť komplexne informovaní nielen o spôsobe prevádzky a funkciách inteligentného OOP, ale aj o obmedzeniach inteligentných prvkov. Potrebné sú odporúčania týkajúce sa prevádzky, používania, čistenia a údržby. Výrobca musí pred predajom poskytnúť všetky tieto informácie, aby si budúci používateľ mohol vybrať vhodný OOP. Samozrejme, tieto informácie musia byť dodané aj pri kúpe produktu. Ako obvykle, používateľ by mal inteligentné OOP používať podľa špecifikácií výrobcu. Pre všetky zainteresované strany by bolo výhodou, keby používatelia poskytli spätnú väzbu o svojich skúsenostiach a hlavne, keby poskytli výrobcovi svoje návrhy na zlepšenie. Keďže toto odvetvie sa ešte stále vyvíja, odporúčania založené na skúsenostiach používateľov sú pre budúci vývoj a optimalizáciu inteligentných OOP veľmi dôležité.

⁶⁸ <https://www.hazardexonthenet.net/article/159568/Smart-PPE-and-wearable-technology.aspx>

⁶⁹ *Wearables and Smart Personal Protection Equipment (PPE) Technologies for the Industrial Market.* Frost & Sullivan, 2016.

Očakávania budúcich používateľov

Dobré OOP sú také OOP, ktoré sa používajú! Vyplýva z toho, že inteligentné OOP musia byť akceptované používateľmi, inak bude veľmi pravdepodobné, že sa nebudú nosiť a namiesto posilnenia ochrany dôjde k jej zrušeniu. Výrobcovia aj kupujúci by mali dobre rozumieť tomu, čo budúci používatelia reálne potrebujú, a najmä tomu, aké typy inteligentných funkcií budú akceptovať. Vráťme sa k jednému z prvých príkladov inteligentných OOP uvedených vyššie: inteligentným hasičským odevom. Miesta, kde dochádza k „nehodám/haváriám“, ktoré hasiči musia riešiť, sa prudko menia (napr. v budovách a automobiloch je viac plastov, viac batérií vo všeobecnosti a batérie sú výkonnejšie). Toto vedie k podmienkam, ktoré pre hasičov predstavujú väčšie nebezpečenstvo (napr. požiare sa rozširujú rýchlejšie a sú horúcejšie, dym je hustejší, hrozí väčšie riziko výbuchu). Lepšia, inteligentná ochrana, t. j. inteligentné OOP, by v takomto prípade mohla byť veľmi efektívna. Najskôr však musí byť zrejmé, ktoré inteligentné funkcie sú skutočne užitočné, a čo je rovnako dôležité, ktoré funkcie budú hasiči akceptovať.

Problematika spojená s novými technológiami

Očakáva sa, že inteligentné OOPP poskytnú vyššiu úroveň ochrany. Ako už bolo uvedené, pred realizáciou sľúbených prínosov je potrebné ešte prekonať niektoré prekážky. Používatelia si musia predovšetkým uvedomiť, že ani pri inteligentných OOP neexistuje záruka 100 % ochrany. Výrobcovia a notifikované osoby musia okrem toho zabezpečiť, aby inteligentné OOPP nepredstavovali pre používateľa nové riziká. Napríklad batérie, ktoré sú potrebné na napájanie elektroniky a ktoré sa v prípade inteligentných OOPP zvyčajne nachádzajú veľmi blízko tela, sa nesmú príliš zahriať a v žiadnom prípade sa nesmú vznietiť, alebo, čo je ešte horšie, explodovať. Minimalizovať sa musia iné elektrické riziká, napríklad v súvislosti s plynmi, EMF a EMC. Potrebné je poskytnúť informácie o tom, kto nesmie používať inteligentné OOP z dôvodu medicínskych implantátov, ktoré elektrické komponenty môžu rušiť. Pozornosť sa vo všeobecnosti musí venovať zabezpečeniu, aby inteligentné a tradičné ochranné prvky navzájom dobre fungovali a vzájomne sa neovplyvňovali, najmä obmedzovaním ochranných vlastností alebo vytváraním nových rizík pre používateľa.

Inteligentné OOP bývajú často spojené so zberom, zhromažďovaním a prenosom údajov. Je pochopiteľné, že používatelia kladú dôraz na ochranu údajov ako na jednu z kľúčových požiadaviek akceptácie. Egon L. van den Broek vysvetľuje, že používatelia „môžu monitorovacie technológie vnímať... ako zásah do súkromia, čo sa vo všeobecnosti považuje a

stresujúci faktor. Toto vnímanie je oprávnené.⁷⁰ Konkrétnejšie, Nicola Stacey a kol.⁷¹ uvádza, že monitorovanie pracovníkov „môže mať negatívny vplyv na zdravie a pohodu, ak nadobudnú pocit, že musia splňať náročné výkonnostné ciele; musia sa prispôbiť očakávanému správaniu, ktoré im môže pripadať neprirodzené; nemajú možnosť spoločenskej interakcie alebo si robiť prestávky vtedy, keď chcú; alebo je narušené ich súkromie. Neustály dohľad môže spôsobovať stres a úzkosť.“ Toto platí najmä „ak neexistujú informácie o tom, aké údaje sa zhromažďujú, ako sa používajú a na aký účel, alebo to nie je jasné.“ Na základe toho, aby sa inteligentné OOPP, ktoré dokážu zhromažďovať údaje, mohli úspešne používať, musia byť používatelia dobre informovaní o tom, aké údaje sa zhromažďujú a čo sa s nimi robí (pokiaľ ide o hodnotenie, ale aj uchovávanie). V opačnom prípade bude akceptácia inteligentných OOPP medzi používateľmi veľmi nízka. Pokiaľ ide o narábanie s údajmi pracovníkov, potrebné je dodržiavať všeobecné nariadenie o ochrane údajov (GDPR). Cieľom by malo byť vypracovanie návrhov pre inteligentné výrobky OOPP a pravidiel ich používania, ktoré minimalizujú zber údajov.

Inteligentné osobné ochranné prostriedky napredujú vo vývoji a sú príslubom lepšej ochrany a nových možností používania OOPP. Na ceste za týmto cieľom na nás čakajú zmeny a opatrenia. Ako ukazuje výskum, rozvoj a praktické skúsenosti, inteligentné OOP majú veľký potenciál v zabezpečovaní bezpečnejších a zdravších pracovísk, na čo sú však potrebné určité zmeny v príslušnej legislatíve.

➤ Inteligentné OOPP s elektronikou, bez zberu dát:

- „Chytré osvetlenie“ – optické vlákna integrované do textílií a pripojené k regulovateľnému svetelnému zdroju je možné použiť ako súčasť chytrých odevov. Vybavené senzorom, budú tieto odevy môcť upraviť osvetlenie podľa množstva svetla poskytovaného inými svetelnými zdrojmi v blízkosti inteligentného odevu.

⁷⁰ Pozri diskusný dokument EU-OSHA „Monitorovacie technológie: snaha o dosiahnutie pohody v 21. storočí?“, ktorý vypracoval van den Broek na podrobnú diskusiu najmä o monitorovaní biometrických údajov; dokument obsahuje kapitolu „Veľký brat ako stresujúci faktor“ (<https://osha.europa.eu/en/publications/monitoring-technology-workplace/>).

⁷¹ Pozri správu EU-OSHA od Stacey a kol., Zhrnutie – Prognóza nových a vznikajúcich rizík bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci súvisiacich s digitalizáciou do roku 2025 (<https://osha.europa.eu/en/publications/summary-foresight-new-andemerging-occupational-safety-and-health-risks-associated/>)

- „Inteligentné textílie“ – inteligentné textílie môžu byť vodivé. Vodivý materiál je pripojený k elektrickému napájaniu s konštantným výstupným napätím a je vybavený teplotným senzorom na udržiavanie konštantnej teploty.
- Inteligentné OOPP s elektronikou, len so zberom iných než osobných údajov:
 - „Inteligentné OOPP, ktoré zhromažďuje dáta o jeho vlastnom použití“ – OOPP je možné vybaviť senzormi, ktoré zhromažďujú údaje o trvaní alebo množstve použitia a komunikujú s centrálnymi databázami. Užívateľ by napríklad mohol byť informovaný, kedy je vyžadovaná údržba, pravidelná kontrola alebo výmena OOPP alebo jeho častí.
 - „Senzorový airbag na ochranu pred kritickým zranením krčnej chrbtice/chrbtice v dôsledku pádu“ – príslušné airbagy a elektronické komponenty vrátane logiky hodnotenia môžu byť integrované do pracovného oblečenia a plniť svoju funkciu v prípade, že sú aktivované senzorovým systémom „nebezpečné podnety“. Takým podnetom môže byť sada rýchlostí a (uhlové) zrýchlenie, ktoré ukazuje napríklad na pád z rebríka.
- Inteligentné OOPP s elektronikou, so zhromažďovaním osobných údajov (biometrické dáta, lokalizačné dáta, dáta detekcie pohybu)⁷²:
 - „Inteligentný OOPP, ktorý komunikuje s ďalšími (potenciálne nebezpečnými) produktami“ – OOPP môžu byť vybavené detektormi, ktoré komunikujú s odpovedajúcimi detektormi v iných výrobkoch v blízkosti nositeľa. Taký inteligentný OOPP možno použiť na zamedzenie kolízií s mobilnými strojmi, ako sú vysokozdvížne vozíky. Ďalším príkladom je inteligentný OOPP nosený obsluhou strojného zariadenia, ktorý zaisťuje, že stroj začne pracovať, len keď je obsluha na určenom operátorskom stanovisku.
- Inteligentný OOPP bez elektroniky, s vylepšeným materiálom, ktorý interaguje s prostredím (bez zberu dát):

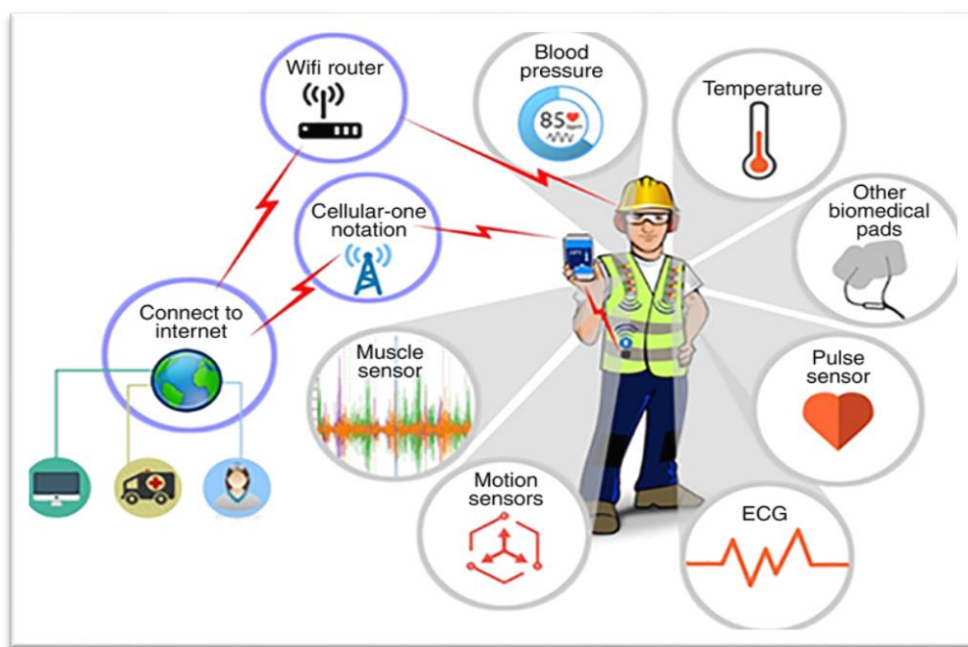
⁷² *Digitalisation and occupational safety and health (OSH): an EU-OSHA research programme.* European Agency for Safety and Health at Work, 2019.

- „Chytré chrániče kolien“ – inteligentný materiál môže byť mäkký a pružný, čo umožňuje normálny pohyb, ako je chôdza. V prípade nárazu sa zmenia jeho vlastnosti a prejaví sa jeho vlastnosť, t. j. schopnosť absorbovať náraz.
- „Inteligentné rukavice schopné identifikovať nebezpečné látky“ – chromogénny materiál mení farbu v závislosti na vonkajšom podnete (napr. teplo, svetlo, enzýmy). Toho je možné využiť pri inteligentných rukaviciach, ktoré menia farbu, keď prídu do kontaktu s nebezpečnými látkami.⁷³

Inteligentné OOPP však neposkytujú iba výhody a lepšiu bezpečnosť a ochranu zdravia zamestnanca, ale môžu predstavovať i prípadné bezpečnostné riziká, ako je napríklad v prípade nesprávnej funkcie vstavaného elektronického zariadenia, alebo prílišné spoliehanie sa na tieto zariadenia, čím môže dochádzať k nižšiemu stupňu vnímania rizík a ich podceňovaniu. Z uvedeného dôvodu je potrebné stále zvyšovať úroveň a investovať do ľudského potenciálu a jeho rozvíjania, a to napríklad interaktívnymi školeniami, vzdelávaním a neustálym dohľadom nad zamestnancom a jeho aktívnym riadením.

Príklady smart OOPP sú na obrázkoch: 29, 30, 31, 32.

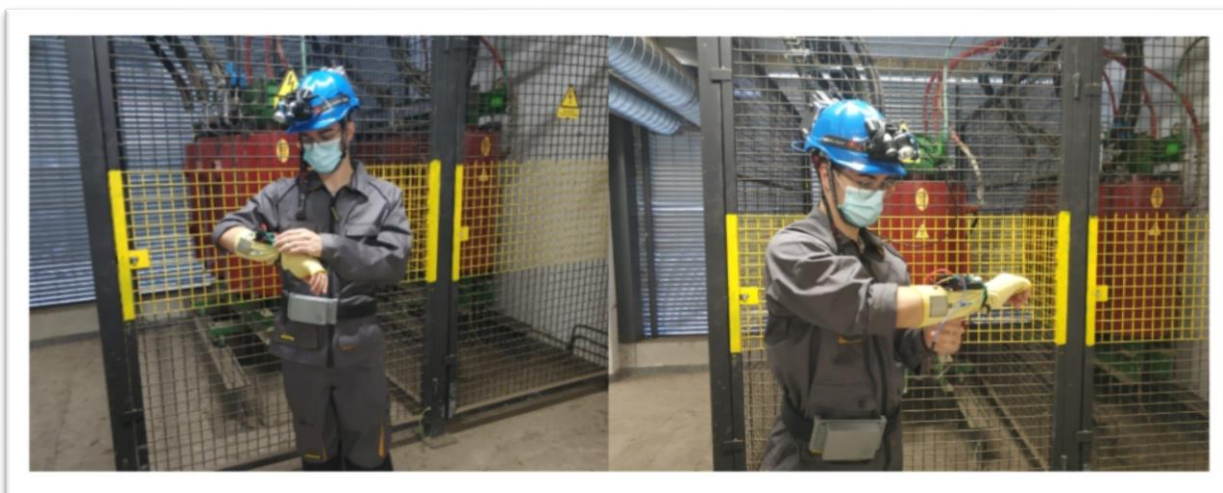
Obrázok č. 29 Budúci pracovník v stavebníctve, vybavený smart zariadeniami a OOPP



Zdroj: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-04-2017-0066/full/html>

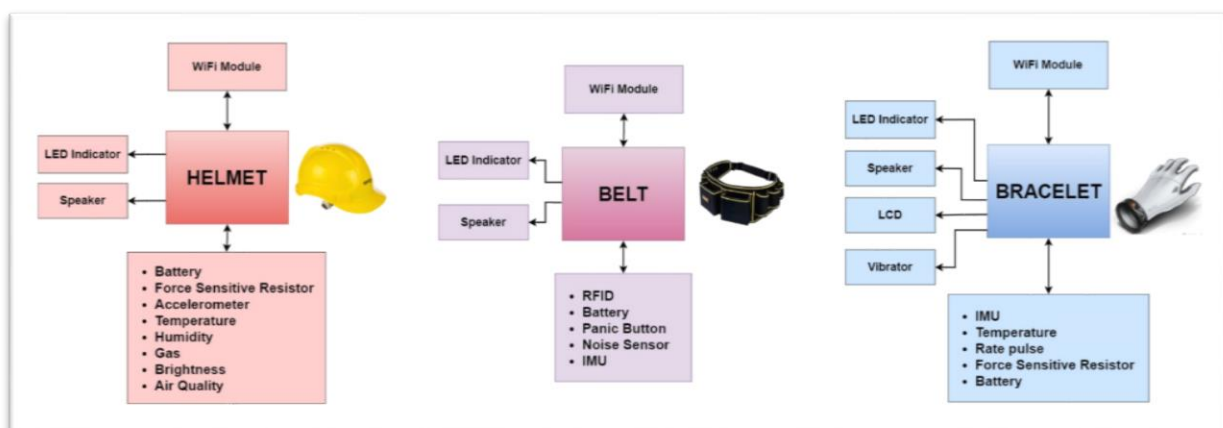
⁷³ Viac na <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future/view>

Obrázok č. 30 Smart OOPP v praxi a príklad vzájomného prepojenia



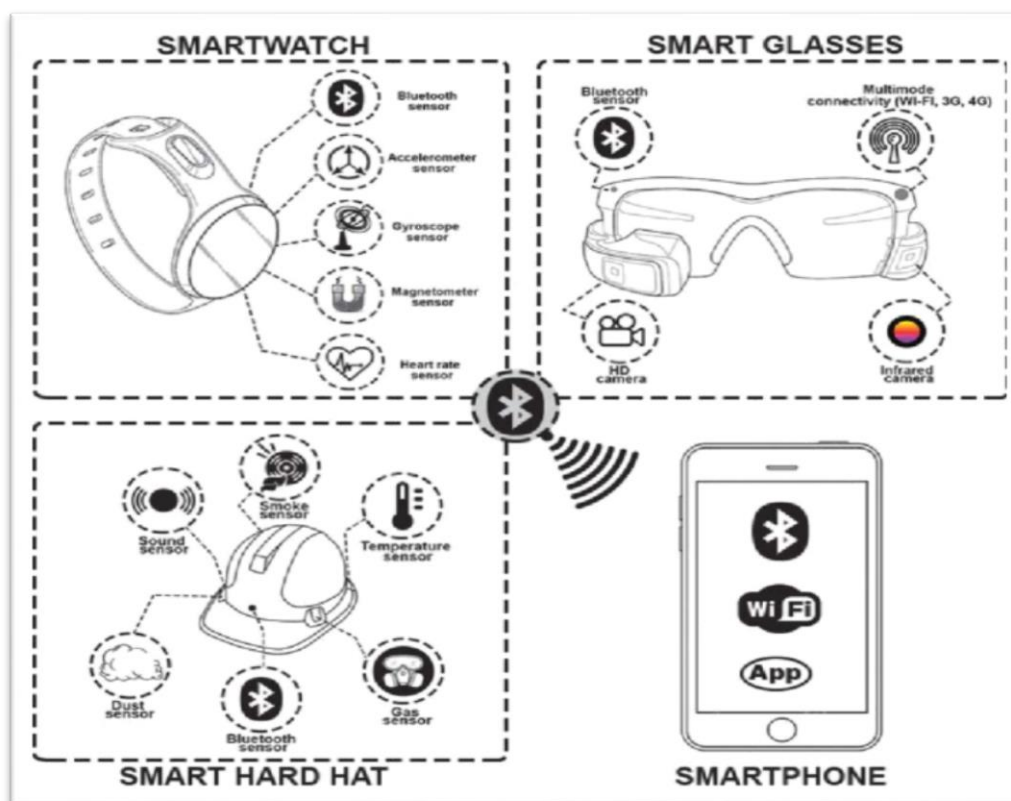
Zdroj: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/14/4652>

Obrázok č. 31 Konfigurácia náramku, prilby a opasku



Zdroj: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/14/4652>

Obrázok č. 32 Schematické znázornenie prepojenia OOPP so senzormi a smart technológiami



Zdroj: <https://www.semanticscholar.org/paper/SYSTEM-ARCHITECTURE-TO-BRING-SMART-PERSONAL-AND-TO-Adjiski-Despodov/3cbec5d7c75988f2f1f486577caa49b573ef96ab/figure/2>

4.3.8 Nositeľné zariadenia na pracovisku

Nositeľné zariadenia sú elektronické zariadenia (z anglického „wearable devices“ alebo iba „wearables“, v slovenčine „nositeľná elektronika“), ktoré je možné nosiť pohodlne na tele. Nositeľná elektronika predstavuje aktuálny trend na dynamicky sa rozvíjajúcom trhu s elektronikou. Ide o elektronické zariadenia, ktoré je možné upevniť na telo človeka (alebo na oblečenie), napr. inteligentné hodinky, SOS tlačidlá, trackery, chytré okuliare, ale aj monitorovacie alebo diagnostické čipy. Zatiaľ čo mobilné zariadenia je možné nosiť v ruke, v taške, batohu, súčasťou produktov nositeľnej elektroniky je návrh spôsobu nosenia (upevnenie na telo, časť oblečenia, alebo je oblečenie navrhnuté spolu s ňou). Tieto zariadenia môžu byť vybavené senzormi, systémami GPS, monitormi srdcovej činnosti a ďalšími funkciami, ktoré môžu zamestnávateľovi pomôcť sledovať konkrétne metriky, týkajúce sa zdravia a bezpečnosti zamestnancov na pracovisku. Nositeľné zariadenia tak môžu napríklad

upozorniť zamestnanca na nesprávne držanie tela, alebo na prípady, keď sa sami príliš vyčerpávajú.⁷⁴

Medzi niektoré z hlavných vlastností nositeľnej elektroniky patria:

- prispôsobenie ľudskému telu (hmotnosť, rozmery, celkový návrh zariadenia, zvolené materiály),
- bezpečnosť a zodpovednosť voči životnému prostrediu (radiácia z mobilných telefónov, voľba netoxických a životnému prostrediu priaznivých materiálov),
- prispôsobenie nosenia (odolnosť otrasom pri chôdzi či behu, znášanie očakávateľných outdoorových podmienok, ako teplotné výkyvy, vlhkosť vzduchu atď.),
- konzistencia – nie je nutné zariadenie explicitne zapínať či vypínať,
- multi-tasking pri používaní spočívajúci v tom, že nie je nutné, aby užívateľ nechal všetkého čo práve robí, aby mohol zariadenie používať.

Medzi nositeľnú elektroniku možno zaradiť napr.:

- vybraná spotrebná elektronika, rôzne prehrávače (MP3, Bluetooth zariadenia, s nejakým spôsobom uchytenia pri nosení (pracka na opasok, MP3 priamo v slúchadlách apod.)
- chytré hodinky smartwatch,
- okuliare s hlavovým displejom, napr. Google glass,
- e-textílie (elektronické textílie (electronic textiles/smart garments/smart clothing/smart textiles/smart fabrics) umožňujú zabudovanie elektronických funkcií, resp. mikroelektronických zariadení vrátane senzorov teploty, plynov, fotovoltaiických komponentov, batérií, prípadne módnych doplnkov zo svietiacich LED diód,
- niektoré zariadenia na sledovanie telesnej kondície,
- elektronické zariadenia pre špecializované profesie (rôzne čipy ako privesok, skenery na zápästie a pod.) alebo použitie v ozbrojených silách (prilby s rozšírenou realitou),
- senzory monitorujúce zdravotný stav človeka (v medicíne, armáde, u hasičov, kozmonautike a pod.),
- outdoorové kamery s úchytom na prilbu (v stavebníctve, skúmanie pod zemou, jaskyniarstvo a pod.)

⁷⁴ <https://agentblog.nationwide.com/commercial-insights/general-industries/wearable-devices-are-changing-workplace-safety/>

- špiónážna technika (skryté kamery, mikrofóny),
- elektrické obojky,
- elektronika spojená s navigáciou GPS ,
- a iné.

Nositeľné zariadenia využívajú najrôznejšie senzory, a umožňujú tak počítať štatistiku faktorov ako je napr. pohyb, počet krokov alebo tep. Monitorovať je možné nielen subjektívnu, ale aj fyzickú pohodu. V mnohých prípadoch však bude zložitá od seba tieto dve veci oddeliť. Pokiaľ sa napríklad používa biosenzor na snímanie elektrodermálnej aktivity, sleduje sa vylučovanie potu. Potí sa ale nejaký človek preto, že má horúčku, je v strese, alebo práve vyšiel po schodoch?⁷⁵ Niektoré typy nositeľných zariadení sú navrhnuté tak, aby varovali zamestnancov pred potenciálne nebezpečnými situáciami. Môžu napríklad upozorniť zamestnanca na nebezpečnú hladinu hluku, nebezpečenstvo výbuchu alebo nebezpečné látky, a to prostredníctvom príslušných senzorov.

Vzdelávanie je jedným z najlepších spôsobov ako znížiť riziko zranenia zamestnanca. V tejto oblasti môžu nositeľné zariadenia proces vzdelávania organizáciám podstatne zjednodušiť, pretože niektoré nositeľné zariadenia môžu zamestnancom pomôcť presnejšie vykonávať konkrétne úlohy poskytovaním pokynov v reálnom čase. Okrem toho môžu monitory pohybu poskytnúť zamestnancom okamžitú spätnú väzbu, pokiaľ pri vykonávaní zadania používajú nesprávnu alebo potenciálne nebezpečnú techniku.⁷⁶

Niektoré nositeľné zariadenia však môžu vnieť na pracovisko celý rad obáv o súkromie zamestnancov. Zamestnanci potom môžu byť citliví na typy údajov a dát, ktoré zamestnávateľ o nich zhromažďuje, ako je napr. ich poloha a informácie o produktivite. Aby zamestnávatelia tento strach zmiernili, mali by organizácie a firmy jasne oznámiť, ako budú použité údaje o zamestnancoch a ilustrovať všetky výhody, ktoré nositeľné zariadenia pre zamestnancov a zamestnávateľov prinášajú.⁷⁷ Príklady nositeľnej elektroniky a zariadení je na obrázku č. 33.

⁷⁵ <https://osha.europa.eu/cs/publications/monitoring-technology-workplace>

⁷⁶ <https://agentblog.nationwide.com/commercial-insights/general-industries/wearable-devices-are-changing-workplace-safety/>

⁷⁷ <https://agentblog.nationwide.com/commercial-insights/general-industries/wearable-devices-are-changing-workplace-safety/>

Obrázok č. 33 Rôzne typy „wearables“



Zdroj: vlastné spracovanie z Google

4.3.9 Virtuálna realita a BOZP

Virtuálna realita (ďalej len „VR“) vstupuje do reálneho sveta čoraz častejšie a dokazuje, že funguje v každej situácii. Používajú ju najväčšie podniky doslova z každého odvetvia a v mnohých fázach školenia a výroby. VR už dávno nie je výsadou herného priemyslu, ale preniká do ďalších odborov, ako je vzdelávanie, medicína, šport alebo priemysel. Jednou z oblastí, kde nachádza čím ďalej širšie uplatnenie, je aj oblasť BOZP; školenia všetkého druhu a kurzy vo VR sú jedným z najrýchlejších a najrýchlejšie rastúcich trendov po celom svete, pretože vďaka nim je možné získavať vedomosti rýchlejšie a ochotnejšie. V procese vývoja koncepcie Priemyslu 4.0 vznikli mnohé nástroje, ktoré dokázali zlepšiť situáciu vo firmách, začali sa presadzovať digitalizácia, virtualizácia, automatizácia a iné.

Virtuálna vs. rozšírená realita: definícia a rozdiely

Rozšírená realita (AR) je technológia, ktorá pridáva vrstvy virtuálneho obsahu do existujúceho prostredia pomocou aplikácie v smartfóne alebo počítači. Najbežnejšie využívanou a rozpoznateľnou rozšírenou realitou sú filtre na Instagrame. Pomocou aplikácie je možné natočiť, prípadne odfoťiť prostredie, v ktorom sa nachádzate a pridať k nemu prvky rozširujúce existujúcu realitu. Ako príklad je možné uviesť filtre, ktoré upravujú farby, jas alebo kontrast na videu v reálnom čase. Popri natáčaní videa na Instagrame dokáže užívateľ vďaka rozšírenej realite pridávať rôzne farebné kombinácie svojmu okoliu. Ďalším z bežne využívaných filtrov na Instagrame je retušovanie a úprava tváre. Tento typ filtrov v súčasnosti využíva veľké množstvo značiek venujúcich sa predaju kozmetiky. Dokážu totiž skrásľovať a pridávať napríklad rúž či očné linku na tvár užívateľa vo videu alebo na fotografii.

Virtuálna realita (VR) je na rozdiel od rozšírenej reality kompletne umelo vytvorenou realitou vygenerovanou počítačom, pričom napodobňuje skutočné prostredie. Spočíva najmä v stimulácii sluchu a zraku užívateľa. Pre využívanie VR sú potrebné okrem aplikácie v smartfóne taktiež ďalšie nástroje, akými sú najčastejšie okuliare upravené na vnímanie virtuálneho sveta. K známym nástrojom VR patria okuliare Oculus Rift, ktoré predstavujú nákladnejší variant pre vnímanie virtuálnej reality. Užívateľovi umožňujú pomocou sluchu a zraku aj priamo upravovať jednotlivé prvky VR pomocou technológie Oculus Touch. Tento typ okuliarov sa využíva najmä pri hrách, no v súčasnosti sa čoraz častejšie využívajú v architektúre, medicíne či dokonca v armáde.

Virtuálna realita a rozšírená realita

Virtuálna realita (VR) a rozšírená realita (AR) sú výhodné z hľadiska možnosti vylúčiť mnohých pracovníkov z nebezpečného prostredia, pretože tieto technológie sa dajú využiť napríklad ako podpora pri realizácii údržby a pri virtuálnom školení. AR by takisto mohla poskytnúť kontextové informácie o skrytých nebezpečenstvách, ako je napríklad prítomnosť azbestu, elektrických káblov alebo plynovodov. Spoľahlivosť AR však závisí od zachovania prístupu k zdrojom dôležitých a kvalitných informácií a od toho, či tieto informácie sú alebo nie sú aktuálne. Zariadenia s VR a AR však môžu byť aj zdrojom rizík v dôsledku rozptyľovania, preťaženia informáciami, dezorientácie, nevoľnosti a únavy zraku.⁷⁸

⁷⁸ <https://osha.europa.eu/cs/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

Trend rozšírenej a virtuálnej reality v rôznych odvetviach

Virtuálna a rozšírená realita sa vďaka inováciám stáva čoraz dostupnejším nástrojom pre rôzne odvetvia. Kým v počiatkoch boli virtuálna a rozšírená realita populárne najmä vďaka hernému priemyslu, v súčasnosti sa s nimi možno stretnúť aj inde. Dôležitosť tohto trendu zvýraznila pandémia COVID-19, ktorá obmedzila veľké množstvo činností v „reálnom“ svete. Mnohí sa pandemické opatrenia rozhodli využiť vo svoj prospech s pomocou rozšírenej a virtuálnej reality. Technologická platforma YouVisit skúmajúca trendy rozšírenej a virtuálnej reality, každoročne vytvára prieskum Brand Power Index. V poslednom prieskume zistili, že až 75 % podnikov z prestížneho rebríčka renomovaného magazínu, ktorý hodnotí najprofitujúcejšie spoločnosti sveta, sa snaží inovovať prostredie pre zákazníkov a zamestnancov pomocou virtuálnej alebo rozšírenej reality.⁷⁹

Vzdelávanie BOZP a virtuálna realita

BOZP je neoddeliteľnou súčasťou každej firmy a každej pracovnej pozície. Aj keď sa pre rôzne pozície môže meniť, aby spĺňala striktné normy a predpisy. Každý zamestnanec musí byť s pravidlami a zásadami v oblasti BOZP zoznámený, poučený a je potrebné túto skutočnosť aj kontrolovať. Úrazy, nehody, skoronehody sú na pracovisku zapríčinené neznalosťou základov BOZP a aj nepripravenosťou zamestnancov. V tomto prípade sa dá využiť jedna z hlavných výhod virtuálnej reality, a to zaručená pozornosť užívateľa.

Keď sa spýtate zamestnancov, ako vnímajú vzdelávanie BOZP a PO, tak väčšina odpovedá: „Už zase?“ Skrátka, berú to ako niečo, čo ich nebaví a poznajú už všetko skoro naspamäť. Pri vzdelávaní BOZP nie je skoro žiadna inovácia, ale virtuálna realita to môže zmeniť. VR má tú vlastnosť, že ste ponorení do iného sveta a ste schopní uveriť VR okolo seba a úplne sa do nej ponoriť.

Zamestnanci počas školenia BOZP vo virtuálnej realite nemajú priestor na rozptýlenie a úplne sa sústredia na prípravu. Ďalší spôsob, ako pripraviť zamestnanca na krízové situácie, je reálna skúsenosť. Teórie a rozprávanie o tom, akým hasiacim prístrojom uhasiť požiar je síce užitočné, ale akonáhle táto situácia nastane, veľa ľudí zmätkuje a nie sú schopní spomenúť si práve na preberanú teóriu. Samozrejme nie je možné v reálnom prostredí simulovať požiar alebo výbuch, ale vo VR áno. Zamestnanec si vyskúša svoje reakcie na reálnu situáciu a naučí

⁷⁹ <https://www.podnikajte.sk/marketing/virtualna-rozsirena-realita>

sa eliminovať chyby. Okrem iného sa zníži riziko poranenia zamestnancov už na vzdelávaní BOZP. A napokon, zamestnanci si tak školenie skutočne užijú⁸⁰.

Aj oblasť vzdelávania zamestnancov využíva nové informačné a komunikačné technológie k nadobudnutiu potrebných znalostí a zručností. Digitálne technológie slúžia ako nástroj vzdelávacieho procesu, pričom môžu byť použité či už vo forme digitálnych školiacich materiálov, alebo virtuálnych simulátorov reálneho prostredia s plnými možnosťami interakcie s takýmto prostredím. Umožňujú sprevádzať školeného zamestnanca v procese získavania vedomostí vo veľmi špecifických oblastiach. Digitálne technológie sa využívajú na zlepšenie procesu získavania zručností, najmä pokiaľ ide o myslenie a správanie sa zamestnancov v krízových situáciách. Súčasné aplikácie virtuálnej reality vo vzdelávacom procese poskytujú veľmi zaujímavý obraz pri realizácii školení, pričom virtuálny tréning znamená školenie vykonávané vo virtuálnom alebo simulovanom prostredí. Školiteľ a študent sa dokonca nemusia nachádzať v rovnakej miestnosti. Virtuálne tréningy v rámci nášho prostredia sú navrhnuté tak, aby dopĺňal tradičné školenia a učebné skúsenosti. Virtuálny tréning sa približuje k realite vďaka 3D grafike, ktorej snahou je vytvoriť čo najvernejšie zobrazenie reálnych objektov v priestore, manipuláciu s nimi a pohyb v trojrozmernom prostredí a to všetko v reálnom čase.

Podiel zapamätaných informácií na školení s virtuálnou realitou je znázornený na obrázku č. 34.

Obrázok č. 34 Podiel zapamätaných informácií pri použití VR pri školení



Zdroj: <https://www.bozpinfo.cz/moznosti-vyuziti-virtualni-reality-ve-vztahu-k-bezpecnosti-prace>

⁸⁰ <https://youtu.be/akq57Ggzf-E>

Vybrané dobré praxe pri uplatňovaní VR

- Wroclavská spoločnosť 4 HELP VR sa rozhodla využiť potenciál VR vytvorením kurzu prvej pomoci vo virtuálnej realite. Školenie 4 HELP VR bolo vytvorené pre všetky firmy a vzdelávacie inštitúcie, ktoré využívajú školenia BOZP a prvej pomoci alebo ich samy organizujú. Poskytuje spoľahlivý nástroj, vďaka ktorému ušetríme čas, znížime výdavky a dosiahneme bezkonkurenčné výsledky. Súprava HELP VR pre prvú pomoc pozostáva z fantómu, súpravy VR VIVE Focus 4 s proprietárnym softvérom.
- Program *Prvá pomoc a BOZP VR* zaručuje výcvik a získanie praktických zručností na záchranu života vo veľmi krátkom čase. Moderná forma vzdelávania prvej pomoci prináša lepšie výsledky a spĺňa hygienické a epidemiologické normy. Školenie prvej pomoci a BOZP sa prenieslo do virtuálneho sveta. Poskytuje neoceniteľnú skúsenosť so záchranou života zraneného, zvyšuje pocit sebadôvery v reálnej život ohrozujúcej situácii a umožňuje vzdelávanie v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia na pracovisku. Vďaka tomu je výcvik prvej pomoci realistickejší a pútavejší. Každý tréningový kurz má individuálny kurz a virtuálny tréner venuje každému študentovi presne toľko pozornosti, koľko v danej chvíli potrebuje.

Obrázok č. 35 Využitie VR pri školení prvej pomoci od firmy 4 HelpVR



Zdroj: <https://smartme.pl/sk/aj-ty-m%C3%B4%C5%BEe%C5%A1-zachr%C3%A1ni%C5%A5-%C5%BEivot-s-vive-and-4-help-vr/>

Tréningový program Prvá pomoc a BOZP, 4 Help VR využíva inovatívne technologické riešenie, ktorého prevádzka je založená na špecializovaných zariadeniach VIVE, synchronizovaných s proprietárnym softvérom s vysokými technickými parametrami. Virtuálne zopakuje život ohrozujúcu situáciu, kedy užívateľ odvezie na fiktívne miesto udalosti,

napríklad na ulicu, kde leží obeť, ktorá potrebuje pomoc. Vo virtuálnom svete účastníka školenia vás tréner krok za krokom navedie, čo máte robiť. Pokyny sú zadávané pomocou gest, textu a zvukových signálov. Hlas asistenta vysvetľuje, čo a kedy robiť. Virtuálny svet, scenár a prvky gamifikácie poskytujú nezabudnuteľné momenty a zaručujú zábavu a zároveň sa účastníci dozvedia o takom dôležitom probléme, akým je prvá pomoc v núdzi.

Využitie VR v oblasti duševného zdravia

Technológia VR sa prvýkrát objavila v 60. rokoch, ale až v 90. rokoch začali psychológovia skúmať jej efektivitu v diagnostike a liečení duševných porúch. Postupne sa vykonalo 285 štúdií o VR v súvislosti s duševným zdravím⁸¹, ako aj iné výskumné práce v oblasti psychológie, ktoré *dospeli k záveru, že* „VR má potenciál transformovať hodnotenie, pochopenie a spracovanie problematiky duševného zdravia.“ Mike Ward, senior konzultant a terapeut na londýnskej klinike úzkosti London Anxiety Clinic, zastáva názor, že táto technológia pomáha ľuďom čeliť svojim strachom tak, že ich môžu prežívať v bezpečí terapeutickej miestnosti. *Je to niečo ako duševný výcvik*,“ vysvetľuje. VR môže napríklad pomôcť tým, ktorí sú nervózni z verejného prejavu. Ward pracuje s podnikmi v mnohých oblastiach, od právnych firiem, donáškových služieb až po IT, a pomáha zamestnancom precvičovať si prezentácie vo virtuálnej realite. Terapeut vysvetľuje, že program mu umožňuje nastaviť reakcie virtuálneho publika vrátane reči tela za pomoci audiovizuálnych nahrávok skutočného publika od Limbix VR. „*Môžem vytvoriť obraz publika, ktoré má toho dosť alebo sa nudí, prípadne simulovať, ako niekto začne telefonovať.*“ Ward následne pomáha svojim klientom tak, že sa s nimi rozpráva o ich emóciách. „*Ak sa im napríklad zhoršuje tep, učím ich techniky správneho dýchania,*“ vysvetľuje. Zároveň dodáva, že jeho klienti si pocit z modernej technológie užívajú. „*Ľudia vo virtuálnej realite zabúdajú na svet okolo seba a ich sebavedomie rastie,*“ dodáva.

- Na pracovisku môže byť VR využívaná na zvládanie stresu, úzkosti alebo zvýšenie produktivity. Na Univerzite Mateja Bela v Banskej Bystrici napríklad vytvorili VR simuláciu na zvládanie arachnofóbie⁸². Program mal pozitívny dopad na duševný stav účastníkov testovania simulácie. Po sedení mali zúčastnení nižší tep a zvýšenú variáciu srdečného rytmu, čo značí aktiváciu upokojujúcich účinkov parasympatického nervového systému.

⁸¹ <https://www.cambridge.org/core/journals/psychological-medicine/article/virtual-reality-in-the-assessment-understanding-and-treatment-of-mental-health-disorders/A786FC699B11F6A4BB02B6F99DC20237>

⁸² <https://virtualnarealita.eu/vseobecne-virtualna-realita/liecenie-fobie-prostrednictvom-virtualnej-reality/>

- Britské ministerstvo zdravotníctva sa chce postaviť kríze duševného zdravia virtuálnou realitou. V období od februára 2019 do marca 2020 zaznamenalo britské ministerstvo zdravotníctva stratu 3,5 milióna dní v dôsledku duševných problémov svojich zamestnancov, a to ešte pred začiatkom krízy v súvislosti s Covid-19. Odvtedy pandémie túto krízu duševného zdravia len zhoršila. Počas lockdownu výskumníci z Univerzity v Cardiffe spojili sily s firmou Rescape Innovation, a ako riešenie tejto krízy ponúkli špeciálny program virtuálnej reality zdravotníkom pracujúcim na oddeleniach intenzívnej starostlivosti vo Wales. Chceli zistiť, či dokážu VR programy zamerané na „mindfulness“ (budhistický meditačný princíp, pozn. prekl.) zlepšiť duševné zdravie zamestnancov a znížiť stres.
- Virtuálna realita pri navrhovaní pracovísk a jeho overenie z hľadiska správneho rozvrhnutia prvkov (layoutu) či z hľadiska ergonómie. Spoločnosť XR Institute s. r. o. v rámci vedeckovýskumných aktivít a vlastného autorizovaného ergonomického laboratória vytvorila riešenie, ktoré funguje podľa nasledujúceho postupu:
 1. Analýza pracovných činností vykonávaných na pracovisku;
 2. Návrh 2D layoutu pracoviska (vrátane strojov a pomôcok);
 3. Prevodu 2D layoutu do 3D s modelmi strojov a nástrojov;
 4. Analýzy pracoviska vo VR (ergonomické, procesné, priestorové);
 5. Optimalizácia na základe výstupov z analýz.

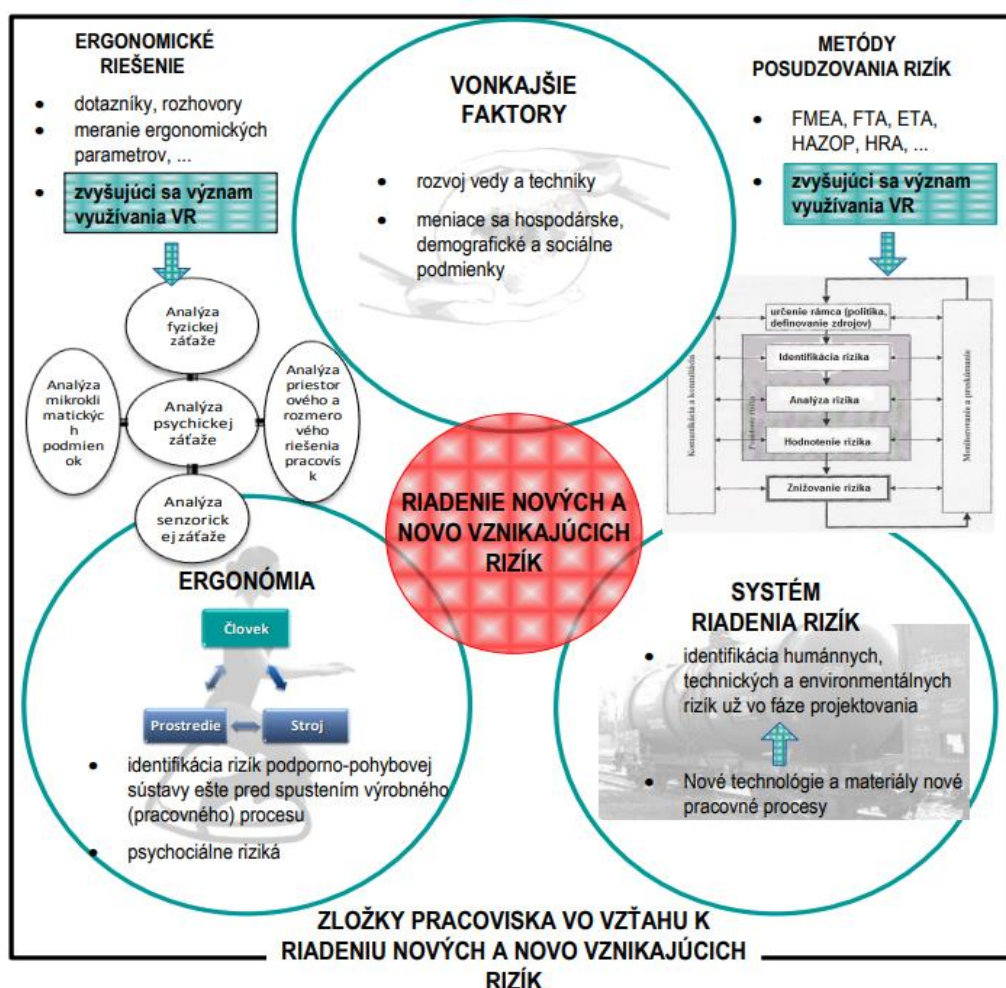
Medzi hlavné výhody navrhovania pracoviska vo VR patrí najmä jednoduché zavedenie zmien už pri samotnom navrhovaní pracoviska. Nie je teda potrebné prestavovať celé pracovisko z dôvodu nesprávnej ergonómie, či meniť konštrukciu strojov. Zmeniť pracovisko podľa vypozerovaných nedostatkov je možné jednoducho pomocou počítačových aplikácií s 3D modelmi, v ktorých je pracovisko navrhnuté. Ďalšou výhodou je, že pri navrhovaní pracoviska vo VR nie je potrebného príliš mnoho priestoru pre stroje a ďalšie príslušenstvo. Tento priestor je možné vo výrobe vymedziť až po odsúhlasení návrhu rozostavenia pracoviska. Veľkú rolu pri navrhovaní pracoviska hrá aj ergonómia pracoviska. Ergonomickú analýzu pracoviska je možné vytvoriť už pri návrhu pracoviska vo VR, najmä vďaka moderným technológiám, ako je napr. MoCap,⁸³ čo je oblek, ktorý prenáša body na tele zo senzorov. Tieto body sa potom prenášajú do vytvoreného 3D modelu, ktorý porovnáva, či pracovník nevykonáva činnosť v nesprávnej polohe.

⁸³ http://ergonomickakonference.cz/wp-content/uploads/2019/11/Sborn%C3%ADk_AE2019.pdf

Virtuálna realita ako nástroj pre riadenie nových a novovznikajúcich rizík

Využitie technológie VR pri implementácii ergonomických princípov, t. j. identifikácii a analýze ergonomických rizík, návrhu a realizácii riešení a následnom vyhodnotení efektivity opatrení, môže významne redukovať ergonomické riziká spojené s využívaním nových technológií, nových pracovných postupov, sociálnych a demografických zmien. VR môže byť použitá pri analýze možností a obmedzení užívateľa v potenciálnych nebezpečných situáciách bez reálneho ohrozenia zdravia. Komplexný model pre riadenie nových a novovznikajúcich rizík využitím VR je zobrazený na obrázku č. 36.

Obrázok č. 36 Komplexný model pre riadenie nových a novovznikajúcich rizík využitím VR



Zdroj: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/25-2013/pdf/137-140.pdf>

Výhody a nevýhody používania virtuálnej reality

Výhody

1. Nezávislosť na reálnej polohe

Všetky spomínané využitia sú nezávislé od reálnej polohy danej technológie. V prípade diagnostiky prvej úrovne môže napríklad expert z druhej strany planéty okamžite vidieť požadované informácie a pomôcť pri riešení kritického problému v reálnom čase. V prípade školení prestáva byť podstatné miesto, kde sa školenie realizuje a nie je potrebné investovať do konkrétneho školiaceho strediska.

2. Opakovateľnosť

Každá simulácia sa môže ľubovoľne veľa krát zopakovať bez navýšenia nákladov (okrem ceny elektriny, samozrejme). Nie je potrebné udržiavať a obnovovať opotrebované zariadenie školiaceho strediska.

3. Diferencovateľnosť

Simulácia môže byť voči aktuálnej reálnej technológii zmenená podľa potreby. V prípade investičných akcií, meniacich ráz technológie, je možné zmeniť simulačný model v dostatočnom predstihu pred zavedením nových strojov do prevádzky. Vo výsledku sa môžu zamestnanci pripravovať na nové postupy dopredu a výrazne ušetriť čas.

4. Grupovateľnosť

Vo virtuálnej realite je možné zapojenie viacerých používateľov do jednej kooperatívnej skupiny. Táto výhoda súvisí s výhodou č. 1, keďže samotní používatelia môžu byť rozptýlení po celom svete. Celá skupina môže spolupracovať na riešení vzniknutého problému vo výrobe alebo kooperovať na spoločnom školení.

4. Vyhodnotiteľnosť v reálnom čase

Okamžite po akcii používateľa je možný kvantitatívny výpočet a zobrazenie aktuálneho bodového hodnotenia. Táto výhoda je určená pre školiteľa, ktorý môže zasiahnuť do simulácie, prípadne aktívne nasmerovať školeného používateľa. Okamžité zobrazenie dosiahnutých bodov môže slúžiť aj pre používateľa motivujúco.

5. Zaznamenateľnosť

Celý priebeh aktivít používateľa je možné zaznamenať. Takýto záznam následne slúži na vyhodnocovanie konkrétnych aktivít. Zároveň je podkladom na štatistickú analýzu a vyhodnotenie správnosti navrhnutých postupov (či sú označenia dostatočne zrozumiteľné, logickosť postupnosti krokov atď.).

6. Časová diskrepancia

Pre potreby vizualizácie je možné spomaliť scénu na vnímateľnú rýchlosť a tak umožniť vnímať konkrétne akcie stroja (napr. prácu pletacieho stroja). Naopak, v prípade simulácie, ktorá v sebe obsahuje výpočtový model, je možné veľké zrýchlenie, ktoré na konci podá informáciu o výslednom stave scény (napr. konečný stav skladových položiek).

Nevýhody VR

1. Kinetóza

Odozva riešení virtuálnej reality poslednej generácie na pohyb používateľa je z pohľadu vnímania človekom prakticky nulová. Napriek tomu sa nájdu vnímavejšie osoby, ktorých organizmus očakáva pohyb na základe vizuálneho vnemu, aj keď sa v skutočnosti nehýbu. Spravidla ide o malé percento ľudí, ktorým býva nevoľno aj počas krátkej cesty autom. Pri takto senzitívnych osobách nie je použitie VR vhodné. Aj keď sú symptómy často len mierne, VR môže spôsobiť závrate, nutkanie zvracať, bolesti hlavy, únavu očí, dezorientáciu a znížiť schopnosť správneho držania tela.

2. Úplné odtrhnutie od okolia

Používateľ VR úplne stráca kontakt s okolím, preto je nevyhnutné zabezpečiť miesto použitia tak, aby nemohlo dôjsť počas využitia VR k úrazu.

3. Problém zručností

Väčšina nasadení sa zatiaľ sústreďuje na „oklamanie“ zraku a sluchu. Samotné zručnosti s nástrojmi musí používateľ získať priamo vo výrobe.

ZÁVER

Podstatou Priemyslu 4.0 nie je žiadny nový, prevratný technologický vynález, ktorý by vo výrobnom procese rýchlejšie vyrábal súčiastky. Ide skôr o hlbokú systémovú zmenu vo výrobnom procese, ktorej úlohou je zefektívnenie, sprehľadnenie a hlbšie prepojenie výrobného procesu. K tejto systémovej zmene by malo dôjsť akýmsi zlúčením klasického priemyslu a digitálnych technológií s internetom. Koncept Industry 4.0 predstavuje nový prístup implementácie komplexných technologických riešení a ich horizontálne-vertikálnej integrácie v podnikoch a ich sieťach. Industry 4.0 je považovaná za ďalšiu fázu digitalizácie výrobného sektora, ktorá je vyvolaná obrovským nárastom objemu dát, výpočtových schopností a konektivity, nárastu analytických kapacít, nových foriem interakcie človek-stroj, ako sú dotykové rozhrania a systémy rozšírenej reality, zlepšenia v prenose digitálnych inštrukcií do fyzického sveta, ako sú pokročilá robotika a 3D tlač. Továrne sú vystavené požiadavkám transformácie na tzv. Továrne budúcnosti.

S veľkou istotou sa dá povedať, že sa už dotýka a bude dotýkať tak výrobných procesov, radikálnych zmien ich štruktúry, nástupu prevratných technologických a komunikačných zariadení, ale celkom iste ovplyvní pracovnoprávne vzťahy. Nárast nových foriem a spôsobov práce, založených na automatizácii a digitalizácii, uplatňovaných aj v nových modeloch pracovných vzťahov, začína už pomaly ohrozovať pracovné miesta v niektorých segmentoch hospodárstva. Zvyšujú sa požiadavky na osobitné kvalifikácie a zručnosti ľudí, najmä v oblasti informačných technológií, s dôrazom na digitalizáciu procesov, spracovanie dát a vytváranie komunikačných sietí, ktorými sú prepojené objekty a ľudia. Tento inteligentný priemysel, pochopiteľne, diskvalifikuje množstvo pracovných miest bez potreby ich udržania v doterajšej štruktúre, čím pri mnohých zamestnancoch zapríčiní stratu práce. Analytici otvorene hovoria, že do roku 2030 roboty na svete nahradia až 20 miliónov pracovných miest v priemysle.

Digitalizácia ponúka veľký potenciál pre inovácie a dynamický rozvoj na pracovisku, ale rovnako predstavuje i nové výzvy pre ochranu zdravia a života zamestnancov. Predvídaním potenciálnych pracovných rizík spojených s digitalizáciou pracovísk je možné maximalizovať výhody nových technológií, ktoré digitalizácia prináša, a zároveň zaistiť, že pracovné prostredie bude bezpečné. Ak bude digitalizácia pracovísk dobre riadená, môže rozvoj nových technológií znížiť pracovné riziká a vytvárať nové príležitosti pre zlepšenie pracovných podmienok.

Výhody spolupráce človek-stroj sú zrejmé, napríklad keď dochádza k nahrádzaniu fyzicky náročných a nebezpečných činností strojmi. Na pracoviskách sa v súčasnosti zavádzajú kolaboratívne, spolupracujúce či kooperujúce koboty. Koboty môžu pracovať bez prestávky a prakticky donekonečna opakovať monotónne úkony, čo človek nedokáže. Využívanie nových technológií však prináša aj negatívne stránky, ako je zvýšená psychická záťaž, stres a násilie na pracovisku. Dotýka sa pracovných podmienok, kultúry práce a pracovných podmienok. Výskumná úloha poukázala na niekoľko faktov a skutočností, ktoré treba mať na zreteli pri zavádzaní princípov Priemyslu 4.0, automatizácie, digitalizácie a robotizácie na pracoviská.

RESUMÉ

The essence of Industry 4.0 is not new, revolutionary technological invention that produces parts faster in the production process. Rather, it is a profound systemic change in the production process, designed to make the production process more efficient, more transparent and more deeply connected. This systemic change should be made by a kind of merger of traditional industry and digital technologies with the Internet. The concept of the Industry 4.0 represents a new approach to the implementation of complex technological solutions and their horizontal-vertical integration in enterprises and their networks. Industry 4.0 is seen as the next phase in the digitalization of the production sector, driven by the huge increase in data, computing power and connectivity, the rise of analytical capacities, new forms of human-machine interaction such as touch interfaces and augmented reality systems, improvements in the transfer of digital instructions to the physical world such as advanced robotics and 3D printing. Factories are being challenged to transform themselves into the so-called Factories of the Future.

It can be said with great certainty that it is already affecting and will affect both production processes, radical changes in their structure, the advent of revolutionary technological and communication equipment, but it will certainly affect the labour relations. The growth of new forms and methods of work based on automation, digitalisation, applied also in the new models of labour relations, is already slowly beginning to threaten jobs in some segments of the economy. There are increasing demands for specific qualifications and skills, particularly in the field of information technology, with an emphasis on the digitisation of processes, data processing and the creation of communication networks linking objects and people. This smart industry is, understandably, disqualifying a number of jobs without the need to keep them in their current structure, causing many employees to lose their jobs. Analysts openly say that by 2030 robots will replace up to 20 million industrial jobs in the world

Digitalisation offers a great potential for innovation and dynamic development at the workplace, but it also poses new challenges for protecting the health and lives of employees. By anticipating the potential occupational risks associated with the digitalisation of the workplace, it is possible to maximise the benefits of the new technologies that digitalisation brings, while ensuring that the working environment is safe. If the digitalisation of the workplace is well managed, the development of new technologies can reduce occupational risks and create new opportunities for improving working conditions.

The benefits of man-machine cooperation are obvious, for example when physically demanding and dangerous activities are replaced by machines. Collaborative and cooperative cobots are now being introduced in workplaces. Cobots can work without pause and repeat monotonous tasks virtually endlessly, which humans cannot do. However, the use of new technologies also brings negative aspects such as increased psychological burden, stress and violence at the workplace. It affects working conditions and work culture. The research task has highlighted a number of facts and realities that need to be taken into account when introducing the principles of Industry 4.0, automation, digitisation and robotics into the workplace.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY A ZDROJOV

1. ABRAHAMSSON, K. (2021) European approaches to sustainable work: introductory remarks. *European Journal of Workplace Innovation*. March 2021, vol. 6, issue 1-2.
2. AGARWAL, A., GANS, J., GOLDFARB, A. (2018) *Prediction machines: The simple economics of artificial intelligence (Predikční stroje: Prostá ekonomie umělé inteligence)*, Boston, MA: Harvard Business Review Press
3. A Guide to Collaborative Robot Safety. Tech Briefs. [online]. Publikované 1. 5. 2019. Dostupné na: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/pub/features/articles/34385>
4. AHLERS, E. (2016) Flexible and remote work in the context of digitization and occupational health. *International Journal of Labour Research*. 2016, vol. 8, issue 1-2.
5. AKINBINU, T. R., MASHALLA, Y. J. (2017) Impact of computer technology on health: Computer Vision Syndrome (CVS). In: Medical practice and Review, Vol. 5(3), 2017, s. 21.
6. ARTHUR, W. B. (2013). Automatizovaná ekonomika. Dostupné na: https://w5.siemens.com/web/sk/sk/siemens_slovensko/Documents/visions_01_13.pdf
7. Automatizácia. Produktivita a Inovácie (2010) 11(3), 32 Dostupné na: <http://www.casopisproin.eu/index.php/archive/year-2010>
8. BUDINSKÝ, G. (2017) „Keď sa nezmení prístup vlády vo vzdelávaní IT špecialistov, Slovensko sa z technologickej krajiny prepadne na montážnu dielňu“, IT Asociácia Slovenska, 21. júna 2017. Dostupné na: <http://itas.sk/ked-sa-nezmeni-pristup-vlady-vo-vzdelavani-it-specialistov-slovensko-sa-ztechnologickej-krajiny-prepadne-na-montaznu-dielnu/>
9. BULLA, M. (2018). *Nové formy regulácie ako odpoveď na meniaci sa svet práce*. In : Práca 4.0, digitálna spoločnosť a pracovné právo. Bratislava, 2018. ISBN 978-80-89149-58-2 (e-dokument online – PDF). Dostupné na: <http://www.laborlaw.sk/wp-content/uploads/2018/05/Praca-4.0.pdf>
10. BOSCH, T., van ECK, J., KNITEL, K. a de LOOZE, M. (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work (Účinky pasívneho exoskeletu na svalovú aktivitu, nepohodlie a výdrž pri práci v predklonu). *Applied Ergonomics*, 54, 212– 217.
11. COCKBURN, W. (2021) OSH in the future: where next? *European Journal of Workplace Innovation*. March 2021, vol. 6, issues 1-2.
12. COLLINS, J. D. a O’SULLIVAN, L. W. (2015). Musculoskeletal disorder prevalence and psychosocial risk exposures by age and gender in a cohort of office based employees in two academic institutions (Prevalence muskuloskeletálnych porúch a expozície psychosociálnymi rizikami v členení podľa veku a pohlaví v kohorte kancelárskych zamestnancov vo dvoch akademických inštitúciách). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 46, 85–97
13. Combining Vision Technology and Cobots for Safer Work Environments. Association for Advancing Automation. [online]. Publikované 20. 8. 2019. Dostupné na: <https://www.automate.org/blogs/combining-vision-technology-and-cobots-for-safer-work-environments>
14. CONSTANTINESCU, C., MURESAN, P.-C., SIMON, G.-M. (2016). JackEx: the new digital manufacturing resource for optimization of exoskeleton-based factory

- environments (JackEx: nový digitální nástroj pro výrobní subjekty k optimalizaci prostředí závodů využívajících exoskelety). *Procedia CIRP*, 50, 508–511.
15. Death by robot: the new mechanised danger in our changing world. *TheGuardian*. [online]. Publikované 25. 3. 2018. Dostupné na: <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/25/death-by-robot-mechanised-danger-in-our-changing-world>
 16. DEGRYSE, CH. (2016) *Digitalisation of the economy and its impact on labour workers: working paper 2016.02* [online]. Brussels: ETUI, 2016 Dostupné na: <https://www.etui.org/publications/working-papers/digitalisation-of-the-economy-and-its-impact-on-labour-markets>
 17. Digitální podnik. Digital factory (2011) Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní: © KPV, 2011. Dostupné na: <https://www.digipod.zcu.cz/>
 18. Digitální továrna. Informačný systém pro průmysl [online]. AUTOMA: © AUTOMA, 2008 Dostupné z: http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/37514.pdf
 19. Digitalisation and the World of Work, Council of European Employers of the Metal, Engineering and Technology-based Industries. Dostupné na: http://www.ceemet.org/sites/default/files/ceemet_digitalisation_and_work_report_2016_0.pdf
 20. DOBROVIČ, Ľ. (2019) *Kolaboratívna (zdieľaná) ekonomika a jej vplyv na ochranu duševného zdravia v oblasti služieb a dopravy*. Dostupné na: <https://dusevnezdravie.upjs.sk/wp-content/uploads/2019/09/DOBROVI%C4%8C-ZDIELANA-EKONOMIKA.pdf>
 21. DOLOBÁČ, M. (2018) *Ochrana duševného zdravia zamestnanca v priemysle 4.0*. In: *Starostlivosť o zdravie zamestnancov*. Košice. Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach Vydavateľstvo ŠafárikPress. 2018. s. 167 – 175. ISBN 978-80-8152-664-0.
 22. DOWNEY, K., (2018). *Automation could increase workplace stress, unions warn* (*Automatizace by mohla zvýšit stres na pracovišti, varovaly odbory*), *IOSH Magazine*, Dostupné on-line na: <https://www.ioshmagazine.com/article/automation-could-increase-workplace-stress-unions-warn>
 23. ERBOZ, G. (2017) *How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0*. 7th International Conference on Management (ICoM 2017).
 24. Eurofound (2021), *Digitisation in the workplace*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Print: ISBN 978-92-897-2208-7. Dostupné na: https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef21001en.pdf
 25. Eurofound and International Labour Office (2017) *Working anytime, anywhere: The effects on the world of work*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, and the International Labour Office, Geneva, s. 33-41.
 26. EURÓPSKA KOMISIA (2020) *Index digitálnej ekonomiky a spoločnosti (DESI): Správa o krajine za rok 2019*. In *Európska komisia* [online]. 2020. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/slovakiahttps://www.mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2019/06/Strategia-digitalnej-transformacie-Slovenska-2030.pdf>
 27. EU-OSHA (2020) *Digitalizace a bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP): Výzkumný program EU-OSHA* [online]. Bilbao: Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, 2020. Dostupné na: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-osh-eu-osha-research-programme/view>.
 28. EU-OSHA (2019) *OSH and the future of work: benefits and risks of artificial intelligence tools in workplaces*. Dostupné na:

- <https://osha.europa.eu/en/publications/osh-andfuture-work-benefits-and-risks-artificial-intelligence-tools-workplaces/view>)
29. EU-OSHA (2019) *The future role of big data and machine learning in health and safety inspection efficiency*. Dostupné na: <https://osha.europa.eu/en/publications/future-rolebig-data-and-machine-learning-health-and-safety-inspection-efficiency/view>
30. EU-OSHA (2020) *Smart personal protective equipment: intelligent protection for the future*. Dostupné na: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protectiveequipment-intelligent-protection-future/view>
31. EU-OSHA (2015) *Prieskum o budúcnosti práce: výmeny práce online alebo „crowdsourcing“: dôsledky pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci*, 2015, s. 1. Dostupné na internete: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/future-work-crowdsourcing/view>
32. EU-OSHA (2018) *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025: European Risk Observatory: summary* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018 Dostupné na: <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated/view>
33. EU-OSHA (2021) *Impact of artificial intelligence on occupational safety and health Based on EU-OSHA's research on the impact of digitalisation on OSH* (see <https://osha.europa.eu/en/emerging-risks/developments-ict-and-digitalisation-work>, in particular: EU-OSHA, 2018, *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025* <https://osha.europa.eu/en/publications/foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated/view>
34. European Commission (2012) „A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery“, European Commission, Brussels, Dostupné na: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:EN:PDF>
35. European Commission (2016) „Public Private Partnerships“, European Commission. Dostupné na: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/public-private-partnerships>
36. European Commission (2017a) „Towards an Industrial Renaissance“, European Commission, Dostupné na: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/renaissance_sk
37. European Commission (2017b) Belgium: „Made Different“, Digital Transformation Monitor, European Commission. Dostupné na: <https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/content/belgium-%E2%80%9Cmade-different%E2%80%9D>
38. European Parliament (2016) *Industry 4.0*, Directorate-General for Internal Policies, Policy Department: Economic and Scientific Policy, Február 2016. Dostupné na: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
39. EUR-Lex (2019) European Commission, Proposal for a Regulation establishing the Digital Europe Programme for the period 2021-2027, Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A434%3AFIN>
40. EUR-Lex (2019) European Commission, Regulation establishing the Connecting Europe Facility, Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:32013R1316> (20.3.2019) https://of.euba.sk/www_write/files/veda-vyskum/scb/vydane-cisla/2016-03/scb0316-hluskova.pdf

41. EU-OSHA (2017) Key trends and drivers of change in information and communication technologies and work location. Foresight on new and emerging risks in OSH Working report. EU-OSHA, 217, ISSN: 1831-9343. Dostupné na: <https://osha.europa.eu/en/publications/key-trends-and-drivers-change-information-and-communication-technologies-and-work/view>
42. FIFEKOVÁ, E., NEMCOVÁ, E. (2016) Priemysel 4.0 a jeho implikácie pre priemyselnú politiku Dostupné na internete: http://www.prog.sav.sk/sites/default/files/201803http://www.prog.sav.sk/sites/default/files/201803/Priemysel.4.0.a.jeho_.implikacie.pre_.priemyselnu.politik.pdf
43. From Industrie 1.0 to Industrie 4.0. [online]. DFKI, 2011. Dostupné na internete: From Industrie 1.0 to Industrie 4.0. <http://www.engineersjournal.ie/wpcontent/uploads/2016/06/The-Industrial-Revolutions-copyright-DFKI-2011.jpg>
44. FORSTNER, L., DÜMMLER, M. A. (2014) Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. Engineering, Computer Science e & i Elektrotechnik und Informationstechnik
45. GARBEN, S. (2017) Protecting Workers in the Online Platform Economy: An overview of regulatory and policy developments in the EU. European Agency for Safety and Health at Work, European Risk Observatory, Discussion paper, 2017, s. 24 – 28
46. GOPURA, R. A. R. C., KIGUCHI, K. (2009). Mechanical Designs of Active Upper-limb Exoskeleton Robots: State-of-the-art and Design Difficulties. (Mechanické konstrukce aktivních robotických exoskeletů pro horní končetiny: Současný stav vývoje a problémy s konstrukcí). Příspěvek přednesený na konferenci ICORR 2009: 11. mezinárodní konferenci Institutu pro elektrotechnické a elektronické inženýrství o rehabilitační robotice.
47. HAVEL, I. M. (1980). Robotika. Úvod do teorie kognitivních robotů. SNTL, Praha.
48. HELBIG, J. - WAHLSTER, W. - KAGGERMAN, H. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. [online]. In Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013.
49. HOUTMANN, I. et al. (2017) Monitoring new and emerging risks. OSH Wiki [online]. European Agency for Safety and Health at Work, 2017 Dostupné na: https://oshwiki.eu/wiki/Monitoring_new_and_emerging_risks.
50. HÖRNING, J., MRNKA, P. and GROŠEKOVÁ, J. (2016) Prieskum dodávateľov automobilového priemyslu: Slovensko, 2016, PwC na <http://www.pwc.com/sk/sk/odvetvia/automobilovypriemysel/assets/survey2016/prieskum-dodavatelov-automobiloveho-priemyslu-2016.pdf>
51. INRS (2018). Exosquelettes au travail: impact sur la santé et la sécurité des opérateurs – état des connaissances. Paříž: Institut National de Recherche et de Sécurité. (INRS). Převzato z INRS: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206311>
52. INRS (2019). Acquisition et integration d'un exosquelette en entreprise: Guide pour les préventeurs. Paříž: Institut National de Recherche et de Sécurité. (INRS). Převzato z INRS: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206315>
53. JOHANSSON, J. J.; ABRAHAMSSON, L. (2021) Digitalisation and sustainable work: obstacles and pathways. *European Journal of Workplace Innovation*. March 2021, vol. 6, issue 1-2.
54. KUBR, J. (2019) Robotizace: nevyhnutelné řešení nedostatku pracovníků v průmyslu. *Svět průmyslu* [online] Dostupné na: <https://svetprumyslu.cz/2019/12/11/robotizace-nevyhnutelne-reseni-nedostatku-pracovniku-v-prumyslu/>.

55. KOLEKTÍV AUTOROV (2021) Analýza dopadov digitálnej transformácie na podnikateľov, v súkromnom a verejnom sektore. RUZ. Dostupné na: https://www.ia.gov.sk/data/files/NP_CSD_II/Analzy/RUZ/RUZ_Analyza_Analyza_dopadov_digitalnej_transformacie_na_podnikatelo_v_sukromnom_a_verejnom_sektore.pdf
56. KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R. (2000). Morfologická analýza stavby průmyslových robotů. Viena, Košice.
57. KOREC, P., POPJAKOVÁ, D. (2019). Priemysel v Nitre: globálny, národný a regionálny kontext. PrF UK, Bratislava, 2019, ISBN: 978-80-223-4829-4. Dostupné na internete: http://www.humannageografia.sk/stiahnutie/nitra_priem_korec_popjakova_2019.pdf
58. KRUEGER, J. (2015). PLM as Enabler for Industry 4.0. [online]. NTT DATA, 2015 Dostupné na: <http://www.plmportal.org/en/ntt-data-plm-as-enabler-for-industry-4-0.html>,
59. LIEDTKE, M., GLITSCH, U. (2018). Exoskelette – Verordnung für persönliche Schutzausrüstung. sicher ist sicher, 3, 110–113.
60. de LOOZE, M. P., BOSCH, T., KRAUSE, F., STADLER, K. S., O’SULLIVAN, L. W. (2016). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. Ergonomics, 59(5), 671– 681. doi: 10.1080/00140139.2015.1081988.
61. LUPTÁČIK a kol. (2020) Hospodárske a sociálne dopady Priemyslu 4.0. Analytický výstup 2. KOZ SR, Bratislava, 2020, 205 str. Dostupné na: <https://www.kozsr.sk/wp-content/uploads/2020/12/AV2-Hospodarske-a-socialne-dopady-Priemyslu-4.0.pdf>
62. MANPOWER (2018). Riešenie revolúcie zručností nie je v robotoch, ale ľuďoch. Dostupné na: https://www.manpower.sk/manpower/wp-content/uploads/2018/03/SkillsRevolutionSK_bez_orezu.pdf
63. MAREK, J., SKŘEHOT, P. (2020). Robotizace pracovních činností v průmyslu a její dopady na kulturu bezpečnosti. Dostupné na: <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/59f6440a-3025-449c-9209-d27be0268e6a.pdf>
64. MARKOVÁ, J. (2017). Analýza priemyslu v SR: Úspech vo výzve Priemysel 4.0 vyžaduje investície. Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/analiza-priemyslu-v-sr-uspech-vo-vyzve-priemysel-4-0-vyzaduje-investicie>
65. MARR, B. (2016) Big Data in Practice. How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results. Wiley, Hoboken. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/9781119278825>
66. MARTINÁK, D. (2017) Povolanie robot. In Inštitút vzdelávacej politiky Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR, Komentár 01/2017. Dostupné na: <https://www.minedu.sk/data/att/11077.pdf>
67. MARTIŠKOVÁ, M. (2019) Budúcnosť pracujúcich v automobilovom priemysle na Slovensku. Fridrich Ebert Stiftung. Dostupné na internete: <http://www.fesprag.cz/newslist/e/buducnost-pracujucich-v-automobilovom-priemysle-na-slovensku>, https://www.ia.gov.sk/data/files/NP_CSD_II/Analzy/RUZ/RUZ_Analyza_Analyza_dopadov_digitalnej_transformacie_na_podnikatelo_v_sukromnom_a_verejnom_sektore.pdf
68. MAŘÍK, Vladimír. 2016. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
69. MÁRQUES-SÁNCHEZ, S., ISRAEL-CAMPERO, J., HERRERA-SANTOS, J. RODRÍGUEZ, CORCHADO, J.(2021). "Intelligent Platform Based on Smart PPE for

- Safety in Workplaces" *Sensors* 21, no. 14: 4652. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/s21144652>
70. MASÁROVÁ, T., KORDOŠ, M., SZTRUNZ, H. (2019) The impact of INDUSTRY 4.0 on Labour Market. Dostupné na: https://www.narodacek.cz/wp-content/uploads/2019/10/Masarova_Kordos_Strunz.pdf
 71. Ministerstvo hospodárstva SR. (2018) dostupné na: <https://www.economy.gov.sk/uploads/files/ezNh8gXF.pdf>
 72. MORRISON, Kyle W. The safety game: utilizing video game technology in training could improve safety. *Safety and Health*. 2009, roč. 179, č. 3, s. 43 až 45.
 73. MOORE, P. V., (2018a) The threat of physical and psychosocial violence and harassment in digitalized work (Hrozba fyzického a psychosociálneho násilí a obtěžování v digitalizovaném světě), Ženeva: Mezinárodní organizace práce.
 74. MOORE, P. V., 2018b, The quantified self in precarity: Work, technology and what counts (Kvantifikované já v nejistotě: Práce, technologie a co se počítá), Abingdon, UK: Routledge
 75. MÜLLER, J. M., KIEL, D., & VOIGT, K. I. (2018) What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability* 10(1), 247.
 76. NEDELKOSKA, L., QUINTINI, G. (2018), „Automatizácia, zručnosti a výcvik“, OECD pracovné dokumenty – sociálne veci, zamestnanosť, migrácia, č. 202, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>
 77. New Safety Standards for Collaborative Robots. *Engineering. com*. [online]. Publikované 30. 8. 2019. Dostupné na: <https://www.engineering.com/story/new-safety-standards-for-collaborative-robots>
 78. OECD (2018). Dostupné na: <https://www.oecd.org/skills/centre-for-skills/OECDSkillsStrategySlovakRepublicReport%20SummarySlovak.pdf>
 79. PALKO, A. – SMRČEK, J. (2004) *Robotika. Koncové efekty pre priemyselné a servisné roboty. Navrhovanie – konštrukcia – riešenie*. Edícia vedeckej a odbornej literatúry SJF TU Košice, Košice, 2004, ISBN 80-8073-218-3.
 80. PwC (2016) „Industry 4.0: Building the digital enterprise“, 2016 Global Industry 4.0 Survey, na <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-buildingyour-digital-enterprise-april-2016.pdf>
 81. RUZ (2017). Analýza dopadov digitálnej transformácie na podnikateľov, v súkromnom a verejnom sektore. Dostupné na: https://www.ia.gov.sk/data/files/NP_CSD_II/Analzy/RUZ/RUZ_Analyza_Analyza_dopadov_digitalnej_transformacie_na_podnikatelov_v_sukromnom_a_verejnom_sektore.pdf
 82. RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., HARNISCH, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group, 2015. Dostupné z: https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/
 83. SCHWAB, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business, 2017. 198 s. ISBN 978-1524758868
 84. SINAY, J., KOTIANOVÁ, Z., GLATZ, J. (2020) *Priemysel 4.0 v podmienkach automobilového priemyslu – nové riziká Industry 4.0 in the Conditions of the Automotive Industrie – New Risks* Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta

85. SITA (2017) „Analýza priemyslu v SR: Úspech vo výzve Priemysel 4.0 vyžaduje investície“, Webnoviny.sk. Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/analiza-priemyslu-v-sr-uspechvo-vyzve-priemysel-4-0-vyzaduje-investicie/>
86. SCHMUECKLE, J. (2014). Bosch Rexroth na prahu 4. průmyslové revoluce. [online]. Brno: Bosh Rexroth s. r. o, 2014.
87. TALÁCKO, Jaroslav. Automatizace výrobních zařízení. Vyd. 2. Praha. Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02160-2.
88. Tecnomatix (2019) Digitální továrna [online]. AXIOM TECH: © AXIOM TECH, Dostupné na: <https://www.axiomtech.cz/24751-digitalni-tovarna-tecnomatix>
89. The Future of Work (2019) https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019_9ee00155-en;jsessionid=LvY-UBO8au4l1L9CEdzL20F2.ip-10-240-5-88
90. THIERBACH, M. (2020) Smart personal protective equipment: intelligent protection for the future: discussion paper. European Agency for Safety and Health at Work, 2020. ISSN 1803-3687.
91. TNO (2018) Emergent risks to workplace safety: working in the same space as a cobot. Haag: TNO, 2018.
92. Úrad vlády Slovenskej republiky (2016) „Konceptia inteligentného priemyslu pre Slovensko – návrh“, Rokovania vlády Slovenskej republiky, UV-30478/2016, Dostupné na: <http://www.rokovania.sk/Rokovanie.aspx/BodRokovaniaDetail?idMaterial=26016>
93. VALA, J. (2020). Pozitivní a negativní stránky vztahu člověka a nových technologií na pracovišti. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online]. 2020, roč. 13, č. 4. Dostupné na: <https://www.bozpinfo.cz/josra/pozitivni-negativni-stranky-vztahu-cloveka-novych-technologii-na-pracovisti>
94. VALA, J. (2020) BOZP v digitalizovaném světě. Bezpečnost a hygiena práce. 2020, roč. 70, č. 2, s. 25 až 31.
95. VALIAUGA, P. (2021) Koboty sú skvelé, ale... ATP Journal 9/21, Dostupné na: https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/casopisy_cele/ATP%20Journal%209%202021.pdf
96. VELÍŠEK, K., KOŠTÁL, P. (2007) Mechanizácia a automatizácia. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU, Bratislava, 2007. ISBN 978-80-227-2753-2.
97. WHO (2014) Public Health Implications of Excessive Use of the Internet, Computers, Smartphones and Similar Electronic Devices. Meeting report. World Health Organization, Main Meeting Hall, Foundation for Promotion of Cancer Research, National Cancer Research Centre, Tokyo, Japan, 2014, s. 14 – 15
98. YARASWORK, Z. (2014.) Top 10 Sensor Trends to Watch. [online]. In EE Times, 2014. Dostupné z: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1320763

ĎALŠIE ZDROJE

https://fpm.euba.sk/www_write/files/veda-vyskum/zborniky-vedeckych-stati/2017.pdf#page=34

https://fpm.euba.sk/www_write/files/veda-vyskum/zborniky-vedeckych-stati/2017.pdf#page=34

<https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/manufacturing/articles/manufacturing-study-industry-4.html>

<https://www.bozpprofi.cz/33/specifikace-nebezpeci-u-prumyslovych-robotu-a-manipulatoru-a-z-nich-plynoucich-rizik-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Egny2sdjJ1sRT72sVfYzR4z2ZspOsA8wwA/>

<https://www.bozpprofi.cz/33/specifikace-nebezpeci-u-prumyslovych-robotu-a-manipulatoru-a-z-nich-plynoucich-rizik-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Egny2sdjJ1sRT72sVfYzR4z2ZspOsA8wwA/>

<https://www.pwc.com/sk/sk/publikacie/assets/2016/ceo-prieskum/industry-4-0-budovanie-digitalneho-podniku.pdf>

<https://www.teraz.sk/ekonomika/rezort-prace-zanalyzuje-vplyv-digitaliz/266020-clanok.html>

http://work4-0.eu/wp-content/uploads/2018/08/Jobs-for-Work-4.0_Awareness-Raising-Guidelines_SK.pdf

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017IE0663&from=EN>

<https://dusevnezdravie.upjs.sk/wp-content/uploads/2019/09/DOBROVI%C4%8C-ZDIELANA-EKONOMIKA.pdf>

<https://euractiv.sk/section/digitalizacia/news/praca-4-0-a-dopady-digitalizacie-revolucia-je-zlozitejsia-ako-sa-zdalo/>

<https://euractiv.sk/section/energetika/news/rezort-hospodarstva-chce-priemysel-4-0-financmajstri-davaju-ruky-prec/>

https://www.ia.gov.sk/data/files/NP_CSD_II/Analyzy/RUZ/RUZ_Analyza_Analyza_dopadov_digitalnej_transformacie_na_podnikateľov_v_súkromnom_a_verejnom_sektore.pdf

http://www.szz.sk/images/Articles/PDFka/V4_Project_study_SK-converted.pdf

<https://www.pwc.com/sk/sk/publikacie/assets/2016/ceo-prieskum/industry-4-0-budovanie-digitalneho-podniku.pdf>

<https://www.ip.gov.sk/wp-content/uploads/2020/02/Priemysel4.0aIP.pdf>

<https://dusevnezdravie.upjs.sk/wp-content/uploads/2019/11/ochrana-zamestnanca-s-perspekt%C3%ADvou-priem-revolucie-final.pdf>

https://oshwiki.eu/wiki/Foresight_of_new_and_emerging_occupational_safety_and_health_risks_associated_with_information_and_communications_technologies_and_work_locations_by_2025

<https://automatica.sk/produkty/robotizovane-pracoviska/>
<https://www.dailyautomation.sk/bezpecnostne-prvky-uvod/>
<https://www.dailyautomation.sk/bezpecnostne-naslapne-rohoze/>
<https://industry4.sk/magazin/technologie/7-robotov-priekopnikov-v-oblasti-zdravotnej-starostlivosti/>
<https://industry4.sk/o-industry-4-0/principy/>
<https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/manufacturing/articles/manufacturing-study-industry-4.html>
<https://www.etrend.sk/podnikanie/industry-4-0-zmeni-aj-slovenske-fabriky.html> 3
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
http://industry4.sk/wp-content/uploads/2016/06/kroky_k_industry_40.pdf
https://fpm.euba.sk/www_write/files/veda-vyskum/zborniky-vedeckych-stati/2017.pdf#page=34
<https://industry4.sk/o-industry-4-0/technologie/>
<https://vubp.cz/soubory/produkty/publikace-ke-stazeni/nove-technologie-a-bozp.pdf>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681320300367>
<https://www.jaknainternet.cz/page/2597/wearables---nositelna-elektronika/>
<https://omg-solutions.com/sk/products/Articles/articles-lone-worker-mandown-solutions/>
<https://test.seas.sk/data/publishing/181/file/oboznamenie-pre-prace-v-sp.pdf>
<https://www.bozpinfo.cz/josra/pozitivni-negativni-stranky-vztahu-cloveka-novych-technologie-na-pracovisti>
<https://www.enviform.sk/medik-1-osamotený-zamestnanec/>
<https://touchit.sk/nositelna-elektronika-na-pracoviskach-obchodna-prilezitost-pre-podniky-aj-predajcov/282076>
https://www.festo.com/sk/sk/e/casopis/elektronika-na-nosenie-id_45140/
<https://www.computerworld.cz/clanky/nositelna-elektronika-pronika-na-firemni-pracoviste/>
<https://www.koordinacebozp.cz/aktuality/inteligentni-technologie-pro-zvyseni-bozp-na-stavenisti/>
https://www.technickytydenik.cz/rubriky/automatizace-robotizace/muze-byt-roboticke-pracoviste-bezpecne_55278.html
<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6241>
<https://www.podnikajte.sk/marketing/virtualna-rozsirena-realita>

<https://www.bozpinfo.cz/moznosti-vyuziti-virtualni-reality-ve-vztahu-k-bezpecnosti-prace>
<https://www.bozpinfo.cz/na-co-si-dat-pozor-pri-nasazeni-virtualni-reality>
<https://osha.europa.eu/cs/publications/development-dynamic-risk-assessment-and-its-implications-occupational-safety-and-health>
<https://nadherna.sk/trend-virtualna-realita-a-co-by-ste-o-nej-mali-vediet-inspirativne-zeny-posobiace-vo-vr-priemysle/clanok1414.html>
<https://www.welcometothejungle.com/sk/articles/virtualna-realita-praca>
<https://www.sfera.sk/media/228659/casopis-udrzba-052018-viar-v-udrzbe.pdf>

PRÍLOHY

Príloha č. 1

5 dôležitých vecí, ktoré by ste mali vedieť o bezpečnej práci s robotmi

Spracované podľa: <https://factoryautomation.cz/bezpecnost-prace-s-roboty-5-veci-ktere-byste-meli-vedet/>

I. Robot má mať okolo seba bezpečný pracovný priestor

Prvá a najdôležitejšia zásada bezpečnosti práce s robotmi je dostatočná vzdialenosť od robota. Robot nesmie mať možnosť naraziť do obsluhy ramenom. Na to slúži pracovný priestor robota, kam nemá nikto iný v bežnej prevádzke prístup. Ide o vymedzený priestor, kam robot dosiahne. Môže ísť o kváder, valec, guľu alebo rotačný anuloid. Aby bola bezpečnosť práce na robotizovanom pracovisku zaistená na 100 %, nestačí určiť pracovný priestor v bezprostrednom okolí robota. Personál musí byť zároveň rozmiestnený tak, aby robot pri chybnom nastavení programu nemohol vojsť do jeho pracovného priestoru.

II. Roboty nesmú obmedzovať obsluhu pri práci

Aby nemohlo dôjsť k bezpečnostným rizikám, roboty by nemali mať vplyv na obsluhu pri práci. Medzi základné zásady patrí napríklad to, že zvärací oblúk nesmie oslňovať pracovníkov pri výkone ich činnosti. Polohovadlo navyše nemôže mať možnosť vtiahnuť obsluhu pod seba.

III. Priestor okolo robota nesmie byť prístupný cudzím osobám

Priestor okolo robota nie je v žiadnom prípade prístupný cudzím osobám. Ešte nedávno bola kvôli tomu na robotických pracoviskách nutná fyzická ochrana, teda plot okolo robota, ktorý bol rovnako veľký ako dosah robota. To pomohol vyriešiť napríklad software Dual Check Safety (DCS) od FANUC, ktorý zaisťuje bezpečné sledovanie pozície i rýchlosti robota, preto plot môže byť menší. Software zaisťuje, že robot zostane vo vnútri určených bezpečných miest a je uzamknutý jeho prístup z oblastí, kde by mohlo spôsobiť nebezpečenstvo. Vďaka tomu je bezpečnosť práce s robotmi kompletne zabezpečená.

IV. Bezpečnosť práce podporujú tlačidlá na okamžité zastavenie robotov

K úrazom pri práci s robotmi dochádza najčastejšie počas neštandardných pracovných podmienok. Napríklad keď operátor dočasne vstúpi do ochrannej zóny kvôli programovaniu, testovaniu, údržbe alebo pri nastavení robota. Na to, aby bola bezpečnosť práce s robotmi na

pracoviskách zaistená čo najlepšie, nestačí len samotné jasné vymedzenie bezpečnostnej zóny okolo robota. Dôležité je i napojenie ochranného obvodu na panely s tlačidlom STOP, ktoré umožňujú okamžité zastavenie práce priemyslových robotov v prípade potreby. Tiež optické vlákna a závory musia byť napojené na bezpečnostný obvod v riadení robota.

V. Vyhnite sa „predavačom robotov“

Nie každá firma, dodávajúca robotizované pracovisko, ponúka skutočne profesionálne služby. Je nutné rozlišovať medzi výrobcami a obvyčajnými predajcami. Títo „predavači robotov“ často nedokážu zaistiť zákazníkovi skutočne plnú technickú podporu. Univerzálny návod na to, ako sa vyhnúť neskúseným dodávateľom robotických strojov, bohužiaľ, neexistuje.

Príloha č. 2

Posúdenie rizík (Risk assesment) – PL u robotov

Spracované podľa: <https://www.dailyautomation.sk/posudenie-rizik-risk-assesment/>

Predložený príspevok je spracovaný za účelom objasnenia základných princípov určenia potenciálnych rizík a ich následné zníženie na akceptovateľnú úroveň. Čitateľ si tak utvorí obraz o tom, ako sa jednotlivé rizika posudzujú a ako určia úroveň rizika PL.

Na bezpečnostných prvkoch, ako je bezpečnostná závera, dverné zámky a podobne, sa stretávame s označením, do akej kategórie – úrovne rizika (PL, SIL) jednotlivé prvky patria. Dizajnéri zariadení sa tak na základe posúdenia rizík musia rozhodnúť, aké prvky s akým označením musia v danom zariadení použiť. Ako príklad: či použijú prvky SIL1, SIL2 alebo SIL 3 a podobne.

Podľa štandardov ISO musia všetky mechanizmy postúpiť posúdením rizík za účelom určenia zariadenia, stroja za bezpečný. Treba si však taktiež uvedomiť, že mnoho mechanizmov je už pri ich výrobe certifikovaných priamo výrobcom, čo uľahčuje náš proces posúdenia rizík. Akokoľvek napriek tomu, že komponenty z ktorých pozostáva napríklad robot či jeho softvér sú certifikované a označené za bezpečné ešte neznamena, že robot ako celok je bezpečný vo vzťahu ku svojmu prostrediu. Špeciálne v prípade priemyselných aplikácií je pre výrobcov robotov takmer nemožné prehlásenie, že robot bude po začlenení do akéhokoľvek procesu bezpečný.

Pre jednoznačné prehlásenie robota za bezpečného vieme so spoľahlivosťou určiť práve až po spomínanom odhade a posúdení všetkých rizík. Zoberme si za príklad manipuláciu ostrého predmetu certifikovaným kolaboratívnym robotom (co-workerom). Robot je síce považovaný za bezpečný, avšak aplikácia ako taká bezpečná ani zďaleka nie je. Napriek všetkým certifikátom od výrobcu kolaboratívnych robotov je preto priam nutné vykonať opätovne posúdenie rizík a následne ich minimalizovanie. Na nasledujúcom vývojovom diagrame si znázorníme postup vedúci k úspešnému posúdeniu rizík spolu s odporúčaniami pre ich minimalizáciu.

1. Definovanie parametrov navrhovaného pracoviska

Pri posúdení rizík je ako prvým, a zároveň nevyhnutným krokom zdefinovať všetky potrebné parametre navrhovaného robotického pracoviska. Môžeme si pomôcť kladením si nasledovných otázok – príklad robotické pracovisko:

Kde bude robot použitý?

Aký efektor bude robot používať?

Aká bude hlavná úloha robota?

V prípade manipulačných operácií – čo a aký bude manipulovaný predmet?

Kladením si takýchto otázok si zabezpečíme množstvo potrebných dát dôležitých pre dôkladné a detailné posúdenie rizík. V danej fáze by sme mali vedieť, aký typ robota sa bude v danej aplikácii používať. Preto je potrebné si preštudovať katalógové listy výrobcu a zistiť napríklad maximálnu rýchlosť, akceleráciu, maximálnu nosnosť a podobne.

Po zhromaždení všetkých potrebných informácií je možné pristúpiť ku ďalšiemu kroku, a to práve k identifikácii zdrojov rizík.

2. Identifikácia zdrojov rizík

V danom kroku je potrebná identifikácia všetkých možných rizík. Je potrebné si uvedomiť, že daný proces identifikácie sa vzťahuje nielen na samotné operácie, ako napríklad manipulácia, zváranie, balenie a podobne, ale od na všetky operácie počnúc momentom nákupu jednotlivých komponentov či technológií, ich prijímaním od prepravcu až po samotnú likvidáciu celého navrhovaného pracoviska. Už pri samotnom nesprávnom vykladaní niekoľko desiatok kilového robota z nákladného automobilu, či uvedenie daného robota do prevádzky bez odbornej manipulácie a podobne môže mať za následok nemalé zranenia. Upozorňovanie na dané možné riziká počas inštalácie môžu vyznieť ako nepodstatné, avšak odborníci na bezpečnosť varujú a tvrdia, že daný proces identifikácie zdrojov rizík je často podceňovaný, pričom mnohokrát už počas samotnej inštalácie robota do prevádzky to skončilo tragicky. Po dôkladnej identifikácii by mala byť výsledkom určitá analýza, ktorá je následne potrebná v ďalšom kroku pre stanovenie úrovne rizika.

3. Stanovenie úrovne rizika

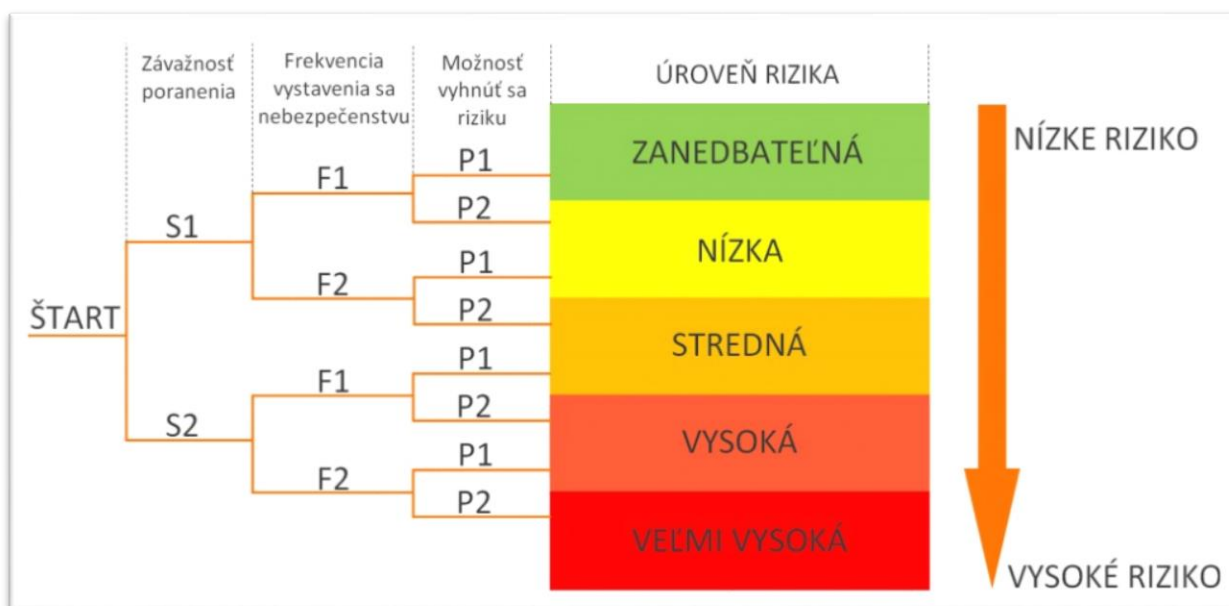
Je viacero zaužívaných spôsobov, ako monitorovať a vyhodnocovať riziko. Uvádzame jednu z najpoužívanějších metód podľa ISO 13849-1:2006.

Riziko je hodnotené pomocou „Performance Level Rating – PLr“ (stanovenie úrovne rizika PLr). Daná analýza používa tri rôzne parametre:

1. Závažnosť poranenia „S“ (Severity of injury – S),
2. Frekvencia vystavenia sa nebezpečenstvu „F“ (Frequency of exposure to hazard),
3. Možnosť vyhnúť sa nebezpečenstvu „P“ (Possibility of avoiding hazard).

Základným princípom stanovenia rizika podľa danej metódy je prechádzať postupne podľa obrázka č. 1 od začiatku až po koniec diagramu (zľava – doprava) jednotlivými parametrami a ich hodnotením, pričom na konci zistíme úroveň rizika od zanedbateľnej až po veľmi vysokú.

Obrázok č. 1



Pre vyhodnotenie úrovne PLr musia byť vyhodnotené nasledovné parametre:

1. závažnosť poranenia „S“

- S1 – nepatrná závažnosť (bežné, nie závažné poranenia),
- S2 – závažné zranenia (závažné poranenia – nenávratné).

2. frekvencia vystavenia sa nebezpečenstvu „F“

- F1 – zriedkavé vystavenie sa nebezpečenstvu a/alebo ľahko odhaliteľné riziko,
- F2 – vyššia frekventovaná možnosť vystaviť sa nebezpečenstvu a/alebo ťažšie odhaliteľné riziko.

3. možnosť vyhnúť sa nebezpečenstvu „P“

- P1 – možné na základe špecifických podmienok,
- P2 – takmer nemožné.

4. Posúdenie rizika

Aké potrebné operácie je nutné uskutočniť pre redukciiu rizika?

Pozrime sa na nasledovný obrázok č. 2.

Zoberme si za príklad, že sme nášmu robotickému pracovisku určili v predošlom bode vysokú úroveň nebezpečenstva ($PL_r = \text{vysoká}$). V takomto prípade budeme potrebovať na zabezpečenie celého pracoviska bezpečnostné prvky, ktoré budú zaradené v kategórii minimálne d, alebo vyššie ($PL \geq d$). Bezpečnostné skenery, snímače a podobne budú musieť byť zaradené v danej kategórii $PL \geq d$, pričom danú kategóriu PL samotných bezpečnostných prvkov stanovuje ich výrobca. Dané informácie nájdeme v technickej dokumentácii od výrobcu ku konkrétnym bezpečnostným prvkom.

Obrázok č. 2

ÚROVEŇ RIZIKA	PL
ZANEDBATEĽNÁ	a
NÍZKA	b
STREDNÁ	c
VYSOKÁ	d
VELMI VYSOKÁ	e

5. Eliminácia rizík

Dôležitým krokom v danom bode je položiť si otázku: je dané riziko akceptovateľné?

Alebo inými slovami: je úroveň rizika PLr postačujúca?

Každého snaha je bezpochyby riziko minimalizovať, teda jednotlivými bezpečnostnými krokmi sa prepracovať do kategórie PLr so zanedbateľnou úrovňou rizika. Ak je naším výsledkom predošlého posúdenia rizík práve kategória PL = a, nie je nutné vykonávať ďalšie potrebné operácie k zabezpečeniu osôb na danom pracovisku. Ak sa však nachádzame v kategórii s vysokou úrovňou rizika PL = d, musíme sa zamerať na rizikové operácie a pokúsime sa o elimináciu rizík. Po daných úpravách bezpečnostného konceptu celého pracoviska je potrebné vrátiť sa ku prvému bodu, a to ku identifikácii zdrojov rizík pričom opätovne pokračujeme všetkými bodmi až po elimináciu rizík.

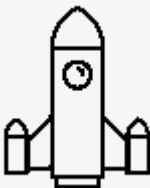
Uvedme si ako príklad, že použijeme pre zabezpečenie robotického pracoviska v kritických miestach, kde môže prísť ku ťažkým zraneniam osôb, bezpečnostné skenery či iné technológie ktoré sa nachádzajú v kategórii $PL \geq d$. Dané systémy však zásadne menia správanie sa celého systému, a tým sa menia jednotlivé parametre pri stanovení úrovne rizika. Z daného dôvodu je potrebné práve opätovné vykonanie všetkých bodov jedna až päť. V niektorých prípadoch je nutné si uvedomiť, že jednotlivými úpravami a opätovnými prehodnoteniami vieme zaistiť nie len vyššiu bezpečnosť, ale v istých prípadoch taktiež ušetriť finančné zdroje.

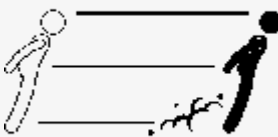
Zdroj: <https://www.dailyautomation.sk/posudenie-rizik-risk-assesment/>

Príloha č. 3

Výhody využívania virtuálnej reality v podniku pri vzdelávaní

Čo všetko získate?

	Zažijete učenie ako nikdy predtým Aj náročné témy a učenie budú s virtuálnou realitou oveľa zaujímavejšie a lepšie zvládnuteľné. Angažovanosť vašich zamestnancov na tréningoch a školeniach sa zvýši.
	Vopred spoznáte zariadenia a priestory, ktoré ste nikdy nevideli Virtuálna realita vás naučí pracovať na strojoch a zariadeniach alebo sa pohybovať v priestoroch, ktoré ste nikdy predtým nevideli.
	Navždy zničíte papierový svet Digitalizované postupy a podklady budete mať v elektronickej forme prístupné kdekoľvek a kedykoľvek.
	Uchováte cenné skúsenosti V digitálnych materiáloch máte cenné informácie a návody, aj keď vaši skúsení odborníci nie sú nablízku.
	Ušetríte čas Digitálna galéria objektov a nástrojov skráti čas školení. Všetko potrebné budete mať "poruke".
	Trénujete viac ľudí súbežne Školenia a vzdelávanie sú realizované súbežne na viacerých zariadeniach (desktop, VR okuliare). Získate väčšiu časovú a priestorovú flexibilitu. Virtuálna realita je výbornou pomôckou aj pre duálne vzdelávanie.

	Teleportujete sa kamkoľvek v priebehu pár sekúnd Komplexné alebo ťažko dostupné zariadenia máte v detaile a z rôznych uhlov pohľadu. Pri simulácii výroby vo veľkých halách sa viete jednoducho presúvať tzv. teleportom.
	Ušetríte náklady Už nepotrebuje makety zariadení alebo zastavovať výrobu kvôli školeniam. Prenesiete sa priamo do priestoru výrobných hál a môžete "manipulovať" so zariadeniami reálnej veľkosti.
	Pripravíte rýchlejšie profesionálne návrhy Návrhy výrobných liniek a prototypovanie zvládnete rýchlejšie s dodržaním všetkých pravidiel.
	Zvýšite presnosť zásahov Pri náročných postupoch viete simulovať proces údržby priamo na reálnom zariadení a v reálnom prostredí.
	Budete 100 % pripravení Výuka vo virtuálnej realite vás "nepustí" ďalej, kým postup neovládete dokonale.
	Zostávate v bezpečí Učíte sa v bezpečných priestoroch mimo hlučných alebo rizikových prevádzok.

Zdroj: <https://www.sfera.sk/sk/riesenia/virtualna-realita/>,
<https://www.sfera.sk/media/228950/virtualna-realita-letak.pdf>