

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: N0413A050001 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

Uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie pracoviště Diplomová práce

Syrym BAZARBAYEV

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Bc. Syrym Bazarbayev**

Studijní program: **Ekonomika a management**

Název tématu: **Uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie pracoviště**

Cíl: Cílem diplomové práce je provést analýzu současných a vyvíjených nástrojů, technologií a systémů průmyslu 4.0 pro podporu lidské práce ve výrobním průmyslu a vyhodnotit očekávané přínosy a potencionální rizika uplatnění identifikovaných technologií pro zlepšení ergonomie lidské práce v automobilovém průmyslu.

Rámcový obsah:

1. Vypracování literární rešerše z oblasti ergonomie lidské práce ve výrobním průmyslu.
2. Analýza současných a vyvíjených nástrojů, technologií a systémů průmyslu 4.0 pro podporu lidské práce ve výrobním průmyslu.
3. Vypracování souborů "best practices" pro uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie lidské práce ve výrobním průmyslu.
4. Vyhodnocení možnosti uplatnění identifikovaných technologií v automobilovém průmyslu a jejich očekávané přínosy a potencionální rizika.

Rozsah práce: 55 – 65 stran

Seznam odborné literatury:

1. CHUNDELA, L. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
2. KRÁL, M. – MALÝ, S. – HANÁKOVÁ, E. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. 386 s.
3. SHORROCK, S T. – WILLIAMS, C. *Human factors and ergonomics in practice: improving system performance and human well-being in the real world*. Boca Raton: CRC Press: Taylor & Francis Group, 2017. ISBN 978-1-4724-3925-3.
4. BARTODZIEJ, C J. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies*. Berlin: Springer Gabler, 2017. ISBN 978-3-658-16501-7.

Datum zadání diplomové práce: únor 2020

Termín odevzdání diplomové práce: leden 2021

L. S.



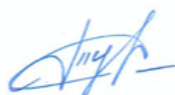
doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.
Vedoucí práce



doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.
Garant studijní specializace



Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ



Bc. Syrym Bazarbayev
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom, že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne

Děkuji doc. Ing. Janu Fábrymu, Ph.D. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod	8
1 Ergonomie lidské práce ve výrobním průmyslu	9
1.1 Pojem ergonomie	9
1.2 Typy ergonomie	17
1.3 Rozvoj průmyslové revoluce	18
1.4 Průmysl 4.0	20
2 Technologie a systémy průmyslu 4.0	23
2.1 Internet věcí	23
2.2 Cloud Computing	24
2.3 Big Data	25
2.4 Autonomní roboti	27
2.5 Virtuální realita	28
2.6 Rozšířená realita	29
2.7 Aditivní výroba, 3D tiskárna	30
2.8 Umělá inteligence AI	30
2.9 Exoskelet	31
3 Best practices pro uplatnění nástrojů průmyslu 4.0	34
3.1 Seat	34
3.2 Amazon	36
3.3 BMW	38
3.4 Audi	40
3.5 Boeing	41
3.6 Ford	43
4 Uplatnění identifikovaných technologií v automobilovém průmyslu	46
4.1 Exoskelet	46
4.2 Rozšířená realita	48
4.3 3D tiskárna	51
4.4 Skladové roboty	52
4.5 SWOT analýza uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie pracoviště	55

Závěr	56
Seznam literatury	57
Seznam obrázků a tabulek.....	60

Seznam použitých zkratk a symbolů

IoT	Internet of things
AR	Augmented Reality
VR	Virtual Reality
USA	United States of America
AI	Artificial Intelligence
VW	Volkswagen AG
GPS	Global Positioning System
IaaS	Infrastructure as a Service
PaaS	Platform as a Service
SaaS	Software as a Service
IT	Information Technology
BMW	Bayerische Motoren Werke AG
PC	Personal Computer
IP	Internet Protocol
GB	Gigabyte
AGV	Automated Guided Vehicles
AMR	Autonomous Mobile Robots
CAD	Computer Aided Design
IEA	International Ergonomics Association

Úvod

Rychlost a dynamika vývoje současného světa je enormní, což platí zrovna tak pro vývoj firem. Komu se na poli nových technologií podaří zorientovat a adaptovat nejrychleji, získá konkurenční výhodu v podobě zvýšení efektivity a produktivity práce. Neustálé zlepšování kvalifikace a odbornosti svých zaměstnanců posléze rozhodne o úspěchu či neúspěchu konkrétní firmy na trhu. Kromě investování do zaměstnanců je však zrovna tak důležité pokusit se těmto zaměstnancům usnadnit jejich práci. K tomu napomáhá ergonomie, která se snaží usnadnit orientaci a optimalizovat pohyb a využívání pracoviště zaměstnanci. Ideální pracoviště dle zásad ergonomie totiž zaměstnance podpoří při jeho výkonu práce. To se posléze pozitivně promítne zvýšením produktivity, efektivity a hlavně kvality odvedeného výkonu. Značné snahy a investice právě do již zmíněné ergonomie lze sledovat například v automobilovém průmyslu. Cílem diplomové práce je provedení analýzy současných a vyvíjených nástrojů, technologií a systémů průmyslu 4.0 pro podporu lidské práce ve výrobním průmyslu a vyhodnocení očekávaných výnosů a potenciálních rizik uplatnění identifikovaných technologií pro zlepšení ergonomie lidské práce právě v automobilovém průmyslu.

Práce se nejprve zaměří na popis vzniku ergonomie a její historii a zrovna tak na vztah ergonomie vůči průmyslové revoluci. Dojde k podrobnému popisu hlavních nástrojů průmyslové revoluce 4.0. a jejich následnému přínosu pro ergonomii. Praktická část se posléze zaměří na hodnocení a posouzení možného zavedení konkrétních technologií v automobilovém průmyslu. Díky zavedení inovativních technologií lze totiž dosáhnout zvýšení efektivity během současného snížení rizika vzniku úrazů na pracovišti.

1 Ergonomie lidské práce ve výrobním průmyslu

Během této kapitoly dojde k vypracování literární rešerše z oblasti ergonomie a průmyslové revoluce. Obsahem této kapitoly je definování pojmů ergonomie, typy ergonomie. Dále bude popsán vývoj průmyslové revoluce a také termín průmyslová revoluce 4.0.

1.1 Pojem ergonomie

Jak již bylo zmíněno v úvodu, cílem každé organizace by měla být snaha o vytvoření a dosažení pohodlných pracovních podmínek na pracovišti. Toho lze dosáhnout pouze díky dodržování platných norem o osvětlení, vytápění, větrání či použití klimatizačních zařízení. Neméně důležité je řízení se odbornými návrhy místností a také splnění hygienických či protipožárních požadavků. S tím vším samozřejmě souvisí i snaha o zorganizování co možná nejvíce pohodlného, odborně zorganizovaného pracoviště, které bude co možná nejvíce chráněno před různými okolními škodlivými vlivy.

Ergonomie (od řečtiny. έργος - "práce" a "νόμος" - "zákon" - "zákon práce") je tradičně chápána jako věda zabývající se úpravou pracovních povinností, pracovních míst či počítačových programů s cílem vytvoření co možná nejbezpečnějšího a nejefektivnějšího pracovního prostředí pro osoby, které se v tomto prostředí fyzicky vyskytují. Zde je zapotřebí brát v potaz nejen fyziologické, ale i psychické vlastnosti lidského organismu (Odegov, 2020).

Pojem **ergonomie** začal být používán během roku 1857 Wojciechem Jastrzębowskiem, který tímto pojmem označil vědu o práci vycházející z poznatků o přírodě. Podobně postupovali i V.M. Masishchev či V.M. Bechterev, kteří přišli s pojmy jako "ergologie" či "ergonologie". Na základě pozdějších poznatků začla být ergonomie brána a studována jako celek, čemuž tak do té doby nebylo.

Existuje však i obecnější definice pojmu ergonomie, která dle Mezinárodní asociace ergonomie (IEA) zní takto: „Ergonomie je vědecká disciplína studující interakci člověka s dalšími prvky systému a zároveň využívající výstupů vědy ve formě teorií, principů, metod a dat pro zajištění vhodného prostředí pro člověka a pro optimalizaci celkového výkonu systému“ (Valiullina, 2014).

Z této definice posléze vyplývají následující hlavní úkoly ergonomie (Valiullina, 2014):

1. Provádění výzkumu zaměřeného na přizpůsobení prvků systému "člověk – pracovní proces" přirozeným fyzickým a duševním schopnostem zaměstnance.
2. Snaha o zajištění podmínek pro maximální možnou efektivitu práce.
3. Snaha o zabránění vzniku jakýchkoliv možných zdravotních rizik pro zaměstnance.
4. Snaha o optimalizaci pracovní síly v pracovním procesu.

Ergonomie lze dle Odegova (2020) formulovat i těmito způsoby:

- Věda o předmětech, se kterými člověk během života navzájem kooperuje – tvorba co nejpohodlnějších produktů k dennodennímu využívání.
- Věda zabývající se funkčními schopnostmi lidí v procesu technické výroby a každodenního života – syntéza těchto věd, jako je hygiena, psychologie, anatomie a dalších věd o lidské práci.
- Vědecká disciplína zabývající se komplexním pozorováním vlivů různých faktorů na člověka během jeho pracovní činnosti.
- Oblast vědy zabývající se pohyby lidského těla při práci – obratností pohybů, náklady na energii a produktivitou práce s přihlédnutím k odborné organizaci pracovních míst.
- Věda zabývající se zlepšením podmínek pracovního procesu, zaujímající systémový přístup ke studiu interakce člověka a stroje.
- Vědecká a praktická disciplína o lidské interakci, pracovních prostředcích a životním prostředí, zajišťující účinnosti, bezpečnost a pohodlí života.
- Disciplína zabývající se psychomotorikou člověka, jejími anatomickými, fyziologickými a psychologickými změnami, které ovlivňují náklady na energii, produktivitu a intenzitu práce.
- Komplexní studium a projektování pracovních činností díky systému znalostí, metod výzkumu a konstrukčních technologií.

- Interdisciplinární obor spojující dohromady poznatky z oblastí psychologie práce, teorie skupinové aktivity, kognitivní psychologie, inženýrství, ochrany zdraví a bezpečnosti práce, vědecké organizaci práce, antropologie, antropometrie, teorie designu a teorie řízení. Tyto poznatky dává do kontextu v systému „člověk - prostředek práce; předmět práce - výrobní prostředí“.

Proces adaptace člověka na nástroje usnadňující mu pracovní činnost sahá až do dávné historie. Již v pravěku si lidé sami vyráběli zbraně a nástroje, které potřebovali. Pohodlí a přesná shoda nástrojů práce s potřebami člověka byla otázkou života a smrti. Pokud člověk vyrobil špatnou zbraň a nebyl schopný ji dostatečně efektivně použít, velmi brzy okusil následky jeho špatně zkounsturovaného nástroje. Panuje obecný názor, že u zbraní a nástrojů majících stejný design po staletí došlo k jejich bezchybnému navržení již dříve a proto dochází k jejich stálému využívání. Tento názor je obvykle spojován s tím, že v dávných dobách byli jejich tvůrci samotní mistři, kteří museli tyto nástroje používat v praxi. K zásadní změně došlo při vzniku specializace výroby, kdy práci samotných mistrů převzali odborně proškolení zaměstnanci a stroje. U takto vytvořených produktů však byly čas od času sledovány odlišnosti oproti předlohám. Historie vývoje pracovních nástrojů posléze vypovídá o tom, že k samovolnému zlepšení kvality těchto pracovních nástrojů zpravidla nedochází. Důvodem je zvyk člověka a jeho negativní postoj ke změnám pracovních metod, na které je zvyklý od dětství (Petrov a kol., 2014).

V dávných dobách navíc zaměstnaný dělník neměl zájem o zvýšení produktivity práce a vládnoucí třída nebyla obeznána s výrobními metodami či existujícími technickými problémy, a neměla tím pádem požadované znalosti pro změnu pracovních nástrojů. Nové formy pracovních nástrojů tedy vznikaly pouze tehdy, když docházelo ke tvorbě nových pracovních procesů, které neměly přímou návaznost a souvislost na procesy předešlé.

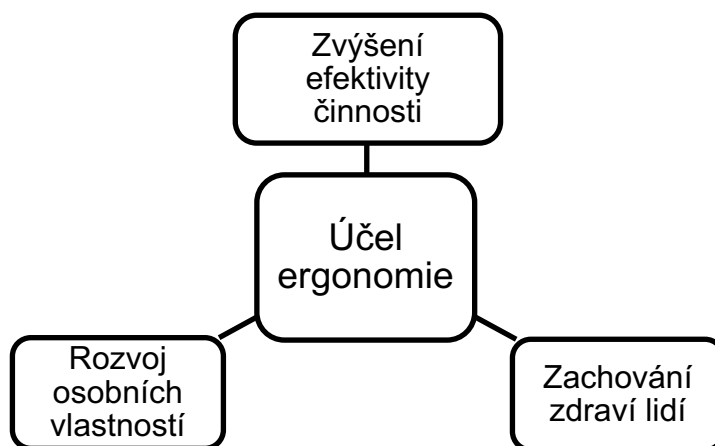
V dnešní době získává teoretická a praktická ergonomie v různých zemích na velkém významu. Jedním z důvodů jsou rostoucí požadavky pracovníků a odborů na zlepšení pracovních podmínek a touha po eliminaci procesů vedoucích k únavě pracovníků. To lze ostatně sledovat i na mezinárodním trhu, kde poptávka po strojích, přístrojích či zařízeních navržených bez ohledů na požadavky ergonomie stále klesá.

Ergonomie zároveň v mnoha zemích patří (často ve formě fyziologie či psychologie práce) mezi obory na technických a ekonomických vysokých školách, jelikož i na akademické půdě je známým faktem, že zvyšování kvalifikace vedoucích pracovníků je zkrátka zapotřebí. Ergonomie je tedy komplexní interdisciplinární věda.

V této souvislosti přirozeně vyvstává otázka, jaké všechny obory by měly do studia ergonomie být zahrnuty. Pokud by totiž došlo k ignorování nejrůznějších fyziologických, psychologických, zdravotních či technických studií, mohlo by vlivem komplexnosti ergonomie dojít k problému nedostatečného pokrytí všech jednotlivých oborů. Druhou možností pro řešení problémů lidské práce by posléze mohlo být sloučení různých odborníků do jedné skupiny. Díky tomuto sloučení posléze vznikla ergonomie jako obor.

Ergonomie je navíc spojena i s designem, jehož cílem je vytvoření harmonického a bezproblémové prostředí, přizpůsobeného materiálním a duchovním potřebám člověka. To je posléze to, co umožňuje považovat ergonomii za přirozený základ designu (Sheremetova a kol., 2020).

Ergonomie tedy vznikla sloučením prvků z biologie, psychologie, techniky a vědy o organizaci práce. Ve své již vyspělé podobě navíc ergonomie při analýze systému „člověk-stroj“ stále více využívá přínosů kybernetiky, o čemž názorně vypovídá následující obrázek 1.



Zdroj: Petrenko, 2017

Obr. 1 Účel ergonomie

Zlepšování činností lze historicky rozlišit do dvou období: do tradičního (empirického) období a do odborného období. Tradiční období zahrnuje mnoho stovek let. Ke zlepšování konkrétní činnosti docházela například na základě osobních a kolektivních zkušenostech, či tradičních a empirických znalostech. Po tradičním období přišlo na řadu období odborné. Zásadními atributy tohoto období byl především vznik vysoce výkonných vzorků speciální techniky a vznik profesí jako hasič, záchranář nebo plynář. Ke zlepšení těchto činností přispěly jak vědecké úspěchy, tak získané zkušenosti od předchozích vykonavatelů těchto činností.

Jako první vystoupil s tímto holistickým systémem pohledů na zlepšení pracovních činností americký inženýr F. W. Taylor. Jeho principy, jejichž výsledkem byl vývoj konkrétních odvětví, byly jím formulovány a shrnuty do následujících bodů (Taylor, 1911):

- administrativa by měla převzít zodpovědnost za shromažďování všech souhrnů znalostí a dovedností, kterými disponují pracovníci pracující v konkrétním podniku,
- stanovení odborných základů každé operace, stanovení jasných pravidel pro každý pohyb a zároveň současné zlepšování a standardizace všech nástrojů a pracovních podmínek,
- pečlivý výběr a následný trénink pracovníků s cílem vytvoření odborníků, popřípadě propouštění neschopných (neúspěšných) kandidátů,
- poskytování systematické pomoci a pozornosti pracovníkům adaptujícím se na nové pracovní metody a postupy, včetně proplácení bonusů každému zaměstnanci za urychlenou práci a za přesné plnění úkolů jemu svěřených.

Na svou dobu zněly tyto principy velice pokrokově a promyšleně. Jednalo se o zobecnění zkušeností a shrnutí vědeckých a odborných základů, o následnou standardizaci a systém vzdělávání a ekonomickou stimulaci pracovních procesů.

Samostatný vědecký směr práce týkající se zlepšení činnosti pracovníků, byl stanoven v roce 1949 v Anglii, kde skupina britských vědců založila ergonomickou průzkumnou společnost. Ve stejném období, konkrétně v roce 1957, se v USA uskutečnil výzkum v oblasti „lidského inženýrství“ s jasně vyjádřeným psychologickým zaměřením, na jehož základě vznikla společnost pro studium

„lidského faktoru“ (human factors), která hodnotila tyto faktory založené na ergonomických studiích. Ze všech možných termínů a názvů se však do dnešní doby nasmazatelně zapsal anglický termín ergonomie. Za zmínku jistě stojí ještě fakt, že ergonomií coby zlepšováním činnosti zaměstnanců se ještě před ergonomií jako takovou začla zabývat armáda. Armáda ostatně vždy vynikala, ve srovnání s jinými sférami lidské činnosti, ostřejší a promyšlenější organizací bojové práce, díky jejímu zobecnění v různých řídicích dokumentech. Ve třicátých letech dvacátého století tak byla například vyvinuta speciální metodika výuky některých oborů strojírenských dílů – sapérní, železniční a silniční. Ve vývoji byla specifikována charakteristika pracovních míst, výcvikových zařízení, vzdělávacích programů, instruktážních karet a teoretických připomínek.

Vznik ergonomie v moderním pojetí lze datovat zhruba na začátek dvacátých let minulého století, čemuž napomohlo výrazné promyšlení a tím pádem zkomplikování techniky, kterou měl člověk ve své činnosti řídit. Prakticky současně se začaly provádět první studie o ergonomii ve Velké Británii, USA, Japonsku a Sovětském svazu. (Petrenko a kol. 2017)

Obecně se uvažuje o pěti fázích vzniku ergonomie (Petrenko a kol. 2017).

1. Události před První světovou válkou. Před První světovou válkou došlo pouze ke zkoušce kompatibility člověka a stroje metodou pokusů a omylů. Studie byla zaměřena na zvýšení efektivity práce lidí na pracovišti. V první řadě je vhodné zmínit studii F. W. Taylora. Dalším krokem bylo získání hodnocení formálního času a pohybu ve studiích Frank Gilbretha a Lillian Gilbrethové. V neposlední řadě je vhodné zmínit přínos amerického vynálezce Simona Laka, který provedl studii vlivu psychologických faktorů na účinnost použití ponorky.
2. Události během První světové války. Od začátku První světové války začla být vyvíjena sofistikovanější zařízení. Neschopnost zaměstnanců používat takové zařízení vedla ke zvýšenému zájmu o lidské schopnosti. Dříve bylo v leteckém průmyslu nutné, aby si pilot vše kontroloval sám. V průběhu času se však důraz přesunul na letadlo, včetně návrhu ovládacích a zobrazovacích prvků, stejně jako vlivu přírodních efektů (například nadmořské výšky a přetížení) na pilota. Válka přispěla ke vzniku leteckého

výzkumu, provádění testů a vzniku vhodných metod měření. Válka však nevytvořila disciplínu ergonomie jako takovou, především kvůli tomu, že technologie v té době nebyly příliš pokročilé.

3. Události mezi První a Druhou světovou válkou. V tomto období došlo k poměrně pomalému vývoji ergonomie i navzdory faktu, že během tohoto období začaly nabírat na síle studie chování řidiče díky Henrymu Fordovi a jeho milionu automobilů. Významnější událostí byl v tomto období rozvoj leteckého výzkumu. Ještě před koncem První světové války byly v USA vytvořeny dvě letecké laboratoře. Na počátku třicátých let byl vyvinut první letecký simulátor. V následujících letech tento trend pokračoval a byly vytvořeny složitější simulátory a zkušební zařízení. Další významnou událostí byl výzkum vlivu osvětlení na produktivitu práce v civilním sektoru. Rovněž bylo prokázáno, že motivační faktory mohou mít významný vliv na výsledky lidské činnosti.
4. Události během Druhé světové války. Od začátku Druhé světové války už nebylo možné akceptovat princip lidské shody se stávajícím pracovištěm, což se mimo jiné promítlo do procesu konstrukce, která nyní začala brát v úvahu omezení a možnosti člověka. Bylo provedeno mnoho studií s cílem určit lidské možnosti a omezení, která je třeba dodržovat. Příkladem je studie provedená společností Fitts a Jones, která zkoumala nejefektivnější konfiguraci ovládacího knoflíku, který je třeba použít v pilotní kabině. Mnoho z této studie bylo použito při vývoji jiného hardwaru, aby se ovládací prvky a indikátory snadněji používaly pro operátory. Po válce americké letectvo zveřejnilo 19 svazků shrnujících vědecké výsledky, které byly získány během války.
5. Události po Druhé světové válce. Počátek Studené války podpořila výrazná podpora ministerstev obrany novými výzkumnými laboratořemi. Navíc se začaly rozšiřovat laboratoře vytvořené během války. Ve většině poválečných studií byli sponzory vojáci. Velké množství peněz vyčlenily univerzity na provádění ergonomického výzkumu. Oblast výzkumu se také rozšířila od malého vybaveného pracoviště po celou pracovní stanici a systém jako celek. Současně bylo mnoho příležitostí k výzkumu otevřeno i v civilní sféře.

Důraz se posunul od studie k účasti na navrhování zařízení. „Zrání“ disciplíny se uskutečnilo po roce 1965 vývojem počítačů a počítačových programů.“

Dalším krokem bylo založení Mezinárodní ergonomické asociace roku 1957, která je největší světovou organizací skládající se z odborníků zaměřených na vědu zkoumající souvislost lidského faktoru a ergonomie. Posláním asociace je podporovat objevování a sdílení znalostí o vlastnostech člověka, které se vztahují k navrhování systémů a zařízení všeho druhu.

Od roku 1950 posléze docházelo k postupnému vývoji ergonomie, kdy během každého desetiletí došlo k pokrytí nové oblasti (Vasilyeva, 2016):

- 1950 - vojenská ergonomie,
- 1960 - průmyslová ergonomie,
- 1970 - ergonomie širokého spotřebního zboží,
- 1980 - rozhraní "člověk-počítač" a ergonomie softwaru,
- 1990 - kognitivní a organizační ergonomie.

V rámci ergonomické vědy jako takové posléze došlo ke vzniku třech významných směrů: ergonomii fyzického prostředí, kognitivní ergonomii a organizační ergonomii,

o čemž vypovídá následující obrázek 2.

Ergonomie fyzického prostředí	Kognitivní ergonomie	Organizační ergonomie
<p>• Zvažuje otázky související s anatomický lidské vlastnosti, které se vztahují k fyzické práci, k nejdůležitějším problémům patří pracovní pozici, zpracování materiálů, poruchy pohybového aparátu, sestavení pracovního prostoru, spolehlivost a zdraví.</p>	<p>• Je spojena s psychickými procesy, jako je vnímání, paměť, rozhodování, neboť mají vliv na interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému, odpovídající problémy patří duševní práce, přijetí rozhodnutí, profesionální provedení, interakce člověka a počítače, důraz je kladen na přípravě a výcviku osob při navrhování sociotechnických systému.</p>	<p>• Rozebírá otázky spojené s optimalizací sociotechnických systémů, včetně jejich organizační struktury a procesy řízení, problémy patří vyšetření systému vztahů mezi jednotlivci, skupinové zdrojů, vypracování projektu, spolupráci, týmovou práci a vedení.</p>

Zdroj: Adamchuk, 2015

Obr. 2 Hlavní směry ergonomie

1.2 Typy ergonomie

Ergonomie zkoumá působení člověka v pracovním procesu, rychlost ovládnutí jemu svěřené nové techniky, množství člověkem vynaložené energie při provádění určitých typů práce, či výkon a intenzitu při provádění konkrétní činnosti. Moderní ergonomie se v tomto případě dělí na (Zolotova a kol. 2018):

- mikroergonomii,
- midiergonomii,
- makroergonomii.

Mikroergonomie se zabývá výzkumem a navrhováním systémů „člověk – stroj“, zejména tedy navrhováním rozhraní softwarových produktů řízených právě mikroergonomií.

Midiergonomie se poté zabývá studiem a navrhováním systémů „člověk-kolektiv“, „kolektiv-organizace“, „kolektiv – stroj“, či „člověk – síť“. Právě midiergonomie zkoumá výrobní interakce na úrovni pracovních míst a výrobních úkolů. Sem patří zejména projektování struktury organizace a prostor, plánování a stanovení harmonogramu výkonu práce nebo hygiena a bezpečnost práce.

Makroergonomie poté na druhou stranu zkoumá a navrhuje obecnější systémy, jakými jsou například „lidská společnost“ a „organizace – systém organizací“ (Novikov, 2015).

Při studiu a tvorbě efektivních systémů řízených člověkem se v ergonomii využívá systémového přístupu. Pro optimalizaci systémů řízených člověkem ergonomie využívá výsledků výzkumu v oboru psychologie, fyziologie, hygieny a bezpečnosti práce, sociologie a mnoha kulturních, technických, inženýrských a informačních oborů. Některé termíny ergonomie navíc začaly být široce používány v každodenním životě, jako například tzv. lidská hodina, tedy míra dočasné kapacity činnosti. Dnes se objevy ergonomie používají nejen ve výrobě, ale také v každodenním životě, sportu a dokonce i v umění.

Přechod společnosti na nové fáze vývoje k informační společnosti, který je doprovázen růstem složitosti systémů „člověk-technika-prostředí“, zkracuje potřebný čas k reakci na vnější vzrušení, rostoucí kognitivní složky jejich fungování

a další faktory moderní výroby. To vše tedy vedlo k potřebě upravit základy ergonomické vědy, které vznikly v předchozích letech její existence.

Nyní se klasická ergonomie zaměřuje na ergonomii systémů spojených s materiální výrobou. Přejít společnosti na informační prostředí však znamená nutnost zkoumání objektů, které mají jiné, a někdy i zcela nové funkce a vlastnosti ve srovnání s předchozími fázemi vývoje výroby, popřípadě jiný význam a charakter jako člověka-operátora. V těchto případech se ergonomická řešení stávají neúčinnými, protože nezohledňují funkce fungování takových systémů. Navíc zde dochází k objevování nových aktivit, které jsou v dnešní době stále ještě nedostatečně prozkoumané, co se ergonomie, bezpečnosti práce, psychologie práce nebo inženýrské psychologie týče. K tomu přispívá i fakt, že počet pracovníků zaměstnaných takovými druhy činností neustále roste, například freelance.

Na základě uvedených skutečností je ponechání konceptu ergonomie, který byl použit dříve, prostě nepraktické, protože tato ergonomie přestane fungovat, což je dnes uznávaným faktem. To vše je základem pro vznik nových konceptů v ergonomii a aktualizaci těch stávajících. Nutnost tohoto kroku byla navíc potvrzena praktickými výsledky učiněnými během posledních let při studiu a analýze systému člověk-technika-prostředí. Na tomto základě je nutné rozšířit pomyslný slovník ergonomie o pojmy typu vitalita, stress, udržitelnost pracovního místa a prostředí, které dnes v největší míře ovlivňují otázky zajištění bezpečnosti při fungování systému člověk-technika-prostředí. Spolu s tím některé pojmy ergonomie vyžadují zásadní přehodnocení, jako například lidský faktor, jehož nejednoznačná interpretace vytváří složitosti při určování role osoby při zajišťování spolehlivosti a bezpečnosti systému člověk-technika-prostředí.

Metodologická základna ergonomie na její současné fázi vývoje vyžaduje aktualizaci, protože na pracovištích operátora došlo v posledních letech k podstatným změnám a objevily se nové aktivity, které zcela jistě vyžadují zavedení nových a revizi stávajících pojmů.

1.3 Rozvoj průmyslové revoluce

Průmyslová revoluce je proces přechodu od zemědělské ekonomiky, pro kterou je typická ruční práce a řemeslná výroba, k průmyslové společnosti s převahou strojní výroby. Proces průmyslové revoluce započal v Anglii a poté se rozšířil do dalších

zemí Evropy a USA. Samotný termín se objevil mnohem později a stal se široce používaným až od posledních desetiletí 19. století.

První průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce byla započata během 18. století použitím parní síly a mechanizací výroby. Objem výroby, kterého bylo dříve dosaženo zapomocí jednoduchých kladkostrojů, byl navýšen zhruba osmkrát díky parním strojům. To vše za stejnou dobu. Parní energie byla známá již dříve. Její využití pro průmyslové účely bylo však největším průlomem pro zvýšení lidské produktivity. Namísto tkalcovských stavů poháněných energií pracovníků mohly být tyto stroje poháněny parními motory. Vývoj, jako je parník nebo parní lokomotiva způsobil další masivní změny, protože lidé a zboží se najednou mohli pohybovat na velké vzdálenosti za kratší čas (Encyclopædia Britannica, 2020).

Druhá průmyslová revoluce

Po první průmyslové revoluci nastala o téměř sto let později revoluce druhá, což lze datovat někdy na konec 19. století. Došlo k tomu díky masivnímu technologickému pokroku v oblasti průmyslu, kterému pomohl vznik nových zdrojů energie. Elektřina, plyn a ropa. Výsledkem této revoluce bylo vytvoření spalovacího motoru, který začal dosahovat svého plného potenciálu. Dalšími důležitými body druhé průmyslové revoluce byly vývoj poptávky po oceli, chemická syntéza, pásová výroba a způsoby komunikace, jako je telegraf a telefon. Vynálezy automobilu a letadla na konci dvacátého století jsou důvodem, proč je dodnes druhá průmyslová revoluce považována za nejdůležitější (Encyclopædia Britannica, 2020).

Třetí průmyslová revoluce

Po uplynutí dalšího století se lidstvo stalo svědkem třetí průmyslové revoluce. Ve druhé polovině 20. století totiž začel být využíván další, doposud nepoznaný zdroj energie – jaderná energie. Třetí revoluce vyvolala vzestup elektroniky, telekomunikací a samozřejmě počítačů. Díky novým technologiím otevřela třetí průmyslová revoluce dveře vesmírným expedicím, výzkumu a biotechnologiím. Díky zavedení těchto technologií můžeme nyní automatizovat celý výrobní proces bez lidské pomoci. Známými příklady jsou roboti, kteří provádějí naprogramované sekvence bez zásahu člověka (Encyclopædia Britannica, 2020).

1.4 Průmysl 4.0

Termín **Průmysl 4.0** popisuje čtvrtou průmyslovou revoluci, jejíž vývoj probíhá v dnešní době. Této revoluci předcházely tři jiné průmyslové revoluce. Průmysl 4.0 je nová koncepce výroby, využívající průmyslové automatizace a integrace nových výrobních technologií s cílem zlepšení pracovních podmínek, zvýšení produktivity a kvality práce (Di Nardo a kol.2020).

Průmysl 4.0 přinesl velké změny i v komunikaci mezi dělníky a stroji. Termín **stroj** označuje jakýkoliv druh dynamického technického systému, včetně automatizace, zařízení na podporu rozhodování a softwaru. Komponenty automatizace technického systému jsou označeny jako systém dohledu a kontroly (Di Nardo a kol.2020).

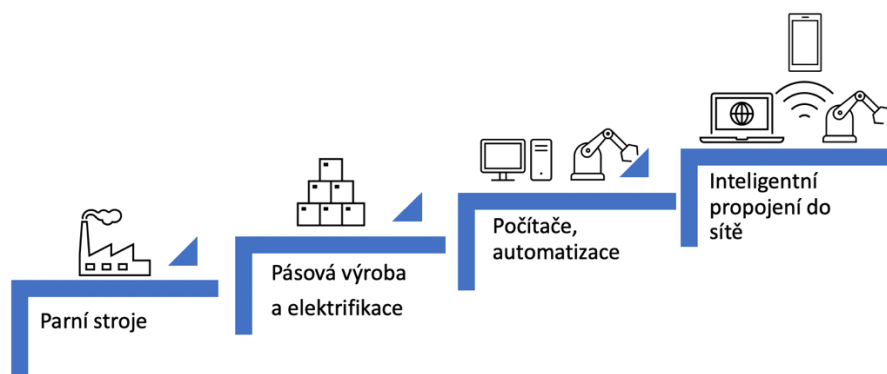
Čtvrtá průmyslová revoluce charakterizuje inovační změny v průmyslové struktuře, především ve výrobě a ve zpracovatelském průmyslu. Patří k nejdiskutovanějším tématům v profesní i akademické sféře. Tento koncept pojímá inteligentní výrobu jako svou hlavní součást. Čtvrtá průmyslová revoluce se netýká jen chytrých a propojených strojů a systémů. Její rozsah je výrazně širší. Současně se objevují vlny dalších průlomů v nejrůznějších oblastech od dešifrování informací zaznamenaných v lidských genech až po nanotechnologie, od obnovitelných zdrojů energie až po kvantové výpočty. Právě syntéza těchto technologií a jejich interakce na fyzikálních, digitálních a biologických doménách tvoří zásadní rozdíl čtvrté průmyslové revoluce od všech předchozích revolucí. Během této revoluce se nejnovější technologie a univerzální inovace šíří mnohem rychleji a mnohem rozsáhleji než během předešlých revolucí (viz obr. 1) (Di Nardo a kol.2020).

Klíčové prvky Průmyslu 4.0 jsou (Di Nardo a kol.2020):

- internet věcí,
- cloud computing,
- big data,
- autonomní roboty,
- virtuální realita,
- rozšířená realita,

- additivní výroba,
- umělá inteligence.

Na obrázku 3 je znázorněn vývoj průmyslové revoluce.



Obr. 3 Vývoj průmyslové revoluce

Člověk a průmyslová revoluce 4.0

Interakce člověka se strojem je popsána jako interakce a komunikace mezi uživateli a stroji v dynamickém prostředí prostřednictvím více rozhraní. Jakmile lidé začali vyrábět nástroje, objevila se mezi lidmi a stroji určitá interakce. Tato interakce se vyvíjela v průběhu času. Původně se před Druhou světovou válkou lidé přizpůsobovali strojům. Jinými slovy, lidé byli vyškoleni, aby dokázali používat konkrétní stroje. Během druhé světové války však bylo nové zařízení vyvíjeno tak rychle, že bylo obtížné lidi dostatečně vycvičit a proškolit. Z toho důvodu vznikla potřeba systematické analýzy a syntézy interakce člověka a strojů (Di Nardo a kol. 2020).

Čtvrtá průmyslová revoluce umožňuje lidem pracovat v pohodlnějším pracovním prostředí, které bude v průmyslu 4.0 více zaměřeno na rozhraní člověk-počítač a které bude individualizováno a přizpůsobeno pro každého jednotlivého uživatele. Hlavním cílem ergonomie bude tvorba pracovních míst a pracovních systémů, které budou kompatibilní se schopnostmi a potřebami pracovníků, a zároveň dosažení stále vyšší úrovně organizačního výkonu (Di Nardo a kol. 2020).

Úkolem robotů bude například přebírání namáhavých pracovních postupů, jako je zvedání a polohování těžkých polotovarů obdržených od zaměstnanců spolupracujících přímo s roboty. Nasazení společných robotů rovněž vyžaduje obzvláště přísné bezpečnostní postupy. Riziko potenciálního střetu mezi lidmi a auty by mělo být minimalizováno. Kybernetické systémy se také využívají k podpoře lidských pracovníků a slouží rovněž jako prostředek pro ukládání informací. Mechanismus může nezávisle rozhodnout, který zaměstnanec je na základě své fyzické postavy vhodnou volbou pro další fázi práce a kdo by si měl udělat přestávku a odpočinout si. Éra průmyslu 4.0 je stále ve fázi vzniku a průmysl je stále v přechodném stavu přijetí nových systémů. Příležitost pro odvětví přijmout nový systém aktivně s ohledem na lidský faktor a ergonomické aspekty, bude povinnou funkcí v budoucnosti s ohledem na udržení stálého dosahování ziskovosti.

2 Technologie a systémy průmyslu 4.0

Následující kapitola se zaměřuje na hlavní aspekty průmyslu 4.0, jehož technologie mění životy lidí a ve finále přispívají ke změně celého světa. Průmysl 4.0 není žádnou novinkou, což dokazují již delší dobu existující technologie, které aktivně napomáhají ke zvyšování produktivity člověka.

2.1 Internet věcí

Internet věcí představuje systém vzájemně propojených výpočetních zařízení, mechanických a digitálních strojů, objektů, zvířat nebo lidí, které jsou vybaveny unikátními identifikátory s možností přenosu dat po síti bez nutnosti interakce člověka s člověkem, nebo člověka s počítačem (Avsystem, 2020).

IoT se skládá ze slabě propojených nesourodých sítí, z nichž každá je využívána k řešení svých specifických úkolů. V moderních autech pracuje například hned několik sítí: jedna řídí chod motoru, další bezpečnostní systémy, třetí podporuje komunikaci. V kancelářských a obytných budovách je tomu obdobně, jelikož je zde zapotřebí využití mnoha sítí pro řízení vytápění, větrání, klimatizace, telefonních linek, bezpečnostních prvků, či osvětlení. Jak se internet věcí vyvíjí, tyto a mnoho dalších sítí se navzájem propojí a získávají stále širší možnosti v oblasti bezpečnosti, analýzy a správy. V důsledku toho získává Internet věcí ještě více příležitostí otevřít lidstvu nové, širší perspektivy (Avsystem, 2020).

Tento trend odráží to, co bylo pozorováno v raných fázích vývoje síťových technologií. Na počátku devadesátých let vznikla společnost Cisco jako velká společnost, a to díky svým snahám o navázání spojení mezi různými sítěmi pomocí víceprocesního směrování, které nakonec učinilo protokol IP obecně uznávaným síťovým standardem. Co se internetu věcí týče, historie se zde opakuje, ale v podstatně větším a širším měřítku (Avsystem, 2020).

Technologie Internetu věcí (Avsystem, 2020):

1. Připojení: 2G,3G,4G,5G, síťové připojení.
2. Zařízení: Moduly, senzory. Hardware bezpečnostní zařízení. Servery. Systémy pro ukládání dat.
3. Služby: Služby pro správu komponent IoT, outsourcing infrastruktury, hosting a řízení aplikací. IT služby (systémová integrace, vývoj aplikací) a instalace zařízení.
4. Programové vybavení: Analytický software. Aplikace. Křížové průmyslové platformy. Průmyslové platformy. Bezpečnostní software.

2.2 Cloud Computing

Termín Cloud Computing, stejně jako jiné cloudové termíny, se objevil díky tomu, že na starších blokových schématech byl internet vyobrazen formou obláčků. Je pravdou, že tehdy to byl pouhý přenos dat na dlouhé vzdálenosti.

Pojem „cloud computing“ spouští a poskytuje výsledky práce v okně standartního webového prohlížeče na lokálním PC, ikdyž jsou všechny data a aplikace potřebné pro práci uloženy na vzdáleném serveru umístěném na internetu. Počítače provádějící cloud computing se nazývají **výpočetní cloud**. V tomto případě je zatížení mezi počítači, které vstupují do **výpočetního cloudu**, distribuováno automaticky. (Ranger, 2018).

Podle odborníků má cloud computing jako skupina technologií vedoucích k rozvoji informačních technologií jako celku ještě větší vliv, než mělo ve své době elektronické podnikání. Výpočetní cloud je posléze model, který na vyžádání zajišťuje všeobecný síťový přístup ke sdílenému poolu konfigurovatelných výpočetních prostředků, které lze rychle poskytovat a realizovat s minimem administrativní zátěže nebo interakce s poskytovatelem služeb (Ranger, 2018).

Cloud computing by měl rovněž plnit pět hlavních charakteristik, kterými jsou: samoobslužná služba na vyžádání, širokopásmový síťový přístup, pool zdrojů, možnost rychlého přeskupení nebo rozšíření a měřitelná služba. Zpravidla jsou uvedeny tři modely služeb – program, platforma a infrastruktura ve formě služeb a čtyři modely implementace – soukromé, veřejné, hybridní a veřejné. Implementace

je definována jako cloudová infrastruktura pro využití omezené komunity spotřebitelů z organizací, které mají společné zájmy.

Hlavní oblasti aplikace Cloud Computing jsou posléze následující (Ranger, 2018):

- Infrastructure-as-a-service (IaaS), infrastruktura jako služba, kdy spotřebitel využívá výpočetní zdroje poskytovatele (server, síťové infrastruktury, databáze). Jako příklad zde lze uvést Amazon Web Services.
- Platform-as-a-service (PaaS), platforma jako služba, kdy poskytovatel poskytuje spotřebiteli přístup k využívání softwarové platformy, což může být v konkrétním případě Windows Azure.
- Software-as-a-service (SaaS), software jako služba, kdy spotřebitel může využívat hotovou aplikaci dodavatele. Příkladem zde může být Google Apps.

2.3 Big Data

V případě Big data se jedná o obrovské množství informací, často nesystémových, které jsou uloženy na jakémkoliv digitálním médiu. Termín Big Data lze rovněž chápat jako technologii vyhledávání, zpracování a aplikace nestrukturovaných informací ve velkých objemech.

Termín Big Data byl zmíněn v roce 2008 díky Cliffordu Lynchovi. Ve speciálu časopisu Nature expert označil výbušný nárůst toků informací právě slovním spojením big data. Takto posléze definoval všechna pole heterogenních dat překračujících 150 GB za den (Semenov, 2020).

5-V velkých dat (Ramadan, 2017):

1. Objem (Volume) - data se měří podle fyzické velikosti a obsazeného prostoru na digitálním médiu.
2. Rychlost aktualizace (Velocity) – informace jsou pravidelně aktualizovány a pro zpracování v reálném čase je zapotřebí inteligentní technologie velkých dat.
3. Rozmanitost (Variety) - informace v polích mohou mít heterogenní formáty, mohou být strukturovány částečně, zcela a hromadně nesystémově. Sociální sítě například využívají velká data ve formě textů, videa, zvuku, finančních transakcí, obrázků a dalších prvků.

4. Pravdivost (Veracity) - Jedná se o zajištění kvality, integrity, důvěryhodnosti, přesnosti údajů. Vzhledem k tomu, že data jsou shromažďována z více zdrojů, musí data zkontrolovat pro přesnost, než je použijí pro obchodní informace.
5. Hodnota dat (Value) - informace mohou mít různou složitost vnímání a zpracování, což ztěžuje inteligentní systémy. Řada zpráv ze sociálních sítí je například jedna úroveň dat a transakční operace druhá. Úkolem strojů je určit stupeň důležitosti příchozích informací a rychle je strukturovat.

Princip fungování technologie big data je založen na maximálním informování uživatele o jakémkoliv předmětu nebo jevu. Úkolem takového seznámení s daty je pomoci zvážit všechna **pro** a **proti**, aby bylo možné se správně rozhodnout. Inteligentní stroje na základě pole informací sestaví model budoucnosti a dále simulují různé možnosti a výsledky, které jsou posléze sledovány.

Principy práce s datovými poli zahrnují tři hlavní faktory (IT, 2020):

1. Rozšiřitelnost systému. Tím se rozumí obvykle horizontální škálovatelnost nosičů informací. To znamená, že při vzrůstu příchozích dat se zvýší kapacita a počet serverů pro jejich ukládání.
2. Odolnost vůči odmítnutí. Zvýšení počtu digitálních médií a inteligentních strojů v poměru k množství dat je možné až do nekonečna. To ale neznamena, že část strojů nebude vyřazená či zastaralá. Jedním z faktorů stabilní práce s velkými daty je proto odolnost serverů.
3. Lokalizace. Jednotlivé pole jsou informace, které jsou uloženy a zpracovávány v rámci jednoho dedikovaného serveru, což šetří čas, zdroje a náklady na přenos dat.

Hlavní způsoby analýzy velkých polí informací zahrnují následující (IT, 2020):

1. Hlubková analýza, klasifikace dat. Tyto techniky pocházejí z technologií práce s konvenčními strukturovanými informacemi v malých oblastech. Nové podmínky však používají pokročilé matematické algoritmy založené na pokrocích v digitální sféře.

2. Crowdsourcing. Na základě této technologie je možné přijímat a zpracovávat toky v miliardách bajtů z mnoha zdrojů. Konečný počet „dodavatelů“ je omezen pouze výkonem systému.
3. Split testování. Z pole je vybráno několik prvků, které jsou vzájemně porovnávány střídavě do a po změně. A/B testy pomáhají určit, které faktory mají největší vliv na prvky. Pomocí rozděleného testování je například možné provádět obrovské množství iterací a postupně se přibližovat k věrohodnému výsledku.
4. Předpovídání. Analytici se snaží předem nastavit systému určité parametry a dále kontrolovat chování objektu na základě velkého množství informací.
5. Strojové učení. Umělá inteligence je v perspektivě schopna absorbovat a zpracovávat velké objemy nesystematizovaných dat a následně je využívat k samostatnému učení.
6. Analýza síťové aktivity. Metody big data se používají k výzkumu sociálních sítí, vztahů mezi vlastníky účtů, skupinami či komunitami. Na základě toho jsou vytvořeny cílové skupiny podle zájmů, geolokace, věku a dalších metrik.

2.4 Autonomní roboti

Robotika je aplikovaná věda zabývající se vývojem automatizovaných technických systémů a je nejdůležitějším technickým základem intenzifikace výroby. Robotika se opírá o obory nejen jako elektronika, mechanika, telemechanika, mechatronika, ale i radiotechnika a elektrotechnika. Rozlišovat lze mezi stavební, průmyslovou, domácí, lékařskou a leteckou robotikou (Melanson, 2018).

Robotizace průmyslu autonomními roboty je součástí konceptu průmyslu 4.0, jehož hlavním efektem je nárůst produktivity výroby podniků. Autonomní roboty nejsou v reálném čase řízeny člověkem, ale fungují na základě předchozího naprogramování. S vývojem nových technologií se rovněž začínají objevovat roboti, kteří jsou schopni naučit se nebo získat nové poznatky o způsobu plnění svých pracovních úkolů a přizpůsobit se tak měnícímu se okolnímu prostředí. Autonomní roboti jsou schopni monitorovat svůj aktuální stav i stav okolí a mohou tak predikovat možnou závadu (Melanson, 2018).

Autonomní roboti v dodavatelském řetězci

Roboti začali být využíváni k provádění rutinních a opakujících se úkolů, které vyžadují složité naprogramování pro konfiguraci a implementaci a současně nemají flexibilitu pro snadné nastavení operací. S nárůstem zdokonalení robotů klesá nutná doba k přizpůsobení, je vyžadováno méně kontroly a roboti tak mohou pracovat vedle sebe se svými lidskými protějšky. Tím dochází k nárůstu výhod, protože autonomní roboti se stávají schopnými pracovat nepřetržitě se stabilnější úrovní kvality a produktivity, plnit úkoly, které lidé nemohou, či nemusí nebo dělat nechtějí (Melanson, 2018).

Vzhledem k tomu, že trh s autonomními roboty stále roste, bude zarovnání operací dodavatelského řetězce z konce na konec stále flexibilnější. V současné době zavedlo mnoho společností autonomní roboty k cíleným funkcím ve svém dodavatelském řetězci a navíc dochází k pilotním programům různých dalších robotů za cílem otestování očekávaného zvýšení efektivity. Jelikož inovativní společnosti rostou a rozšiřují své aktivity, mohou se roboti vyrábějící další roboty stát standardem pro ekonomickou a efektivní optimalizaci výrobních operací (Melanson, 2018).

2.5 Virtuální realita

Virtuální realita je uměle vytvořený svět pomocí technických prostředků, který tedy ve skutečnosti neexistuje. S pomocí systémů a nástrojů virtuální reality se člověk do tohoto světa může ponořit a provádět stejné akce jako v reálném životě, dokonce i komunikovat s okolním světem. Jinými slovy, umělá realita je model reality, v níž je vytvořena iluze přítomnosti uživatele ve skutečném světě díky jeho interakci s předměty a objekty tohoto světa pomocí smyslových orgánů — uší-sluch, očí-zrak, či kůže-hmat (Bardi, 2019).

Virtuální realita bývá členěna na několik druhů: pasivní virtuální realita — zde se jedná pouze o obrázek a jeho zvukový doprovod, člověk je v takové virtuální realitě pouze pozorovatelem. Vyšetřená virtuální realita — v tomto typu virtuální reality je možný omezený výběr scénářů zvuku a obrazu, rovněž jako jednání člověka. Interaktivní virtuální realita — uživatel si sám zvolí scénář, který posléze ovlivňuje celou virtuální realitu (Megabook, 2018).

Úplného ponoření do virtuální reality a interakce s jejími objekty je dosaženo pouze při použití speciálních zařízení. Taková zařízení, která poskytují úplné ponoření do virtuální reality a díky tomu simulaci interakce člověka s ní, musí zahrnovat všechny smysly, tedy

oči – zrak, uši – sluch, jazyk – chuť, nos – čich, kůži – hmat a vestibulární aparát, tzv. systémy virtuální reality.

Zařízeními nastiňujícími virtuální realitu by posléze byly (Suprunova, 2017):

- obrazové systémy,
- zvukové systémy,
- systémy simulující hmatové pocity,
- systémy řízení,
- systémy přímého připojení k nervovému systému.

2.6 Rozšířená realita

Rozšířená realita je kombinací virtuálního světa se světem skutečným, která nám umožňuje svázat data do konkrétního kontextu. Zpravidla souvisí většina příkladů využití rozšířené reality s vizualizací. Údaje o reálných scénách a objektech jsou shromažďovány speciálním systémem a zpracovávány na počítači. Podstatná část tohoto procesu je věnována navázání spojení mezi reálným a virtuálním světem, což by navíc mělo proběhnout a fungovat v reálném čase. Rozšířená realita je odpovědí moderních technologií na problematické otázky, kterými se lidé denodenně zatěžují. Ve skutečnosti je pro většinu lidí rozšířená realita srozumitelnější a jednodušší na pochopení a porozumění v porovnání s virtuální realitou. Rozšířená realita nám totiž umožňuje, aby se každodenní realita stala bohatší. V kombinaci s nevyčerpatelností internetových zdrojů jsou její možnosti neomezené (Augmentedreality, 2014).

Existuje řada metod pro vytváření rozšířené reality. Hlavním problémem je uvázat virtuální data do reálného světa. Úkolem je vytvořit takový obrázek, na kterém uživatel uvidí dva světy v jedné perspektivě. K tomu dokáže napomoci například použití geografických souřadnic, které umožňují přesnější lokalizaci. Rozšířená realita je založena na datech GPS, ke kterým by měly být připojeny prvky, které

upřesňují směr pohledu. Co se smartphone týče, vestavěné kompas a akcelerometry poskytují úplnost těchto dat. Tímto způsobem může software rozšířené reality určit, kde se člověk nachází a jakým směrem se dívá (Augmentedreality, 2014).

2.7 Aditivní výroba, 3D tiskárna

3D tisk je proces aditivní výroby, protože na rozdíl od tradiční subtraktivní výroby se během trojrozměrného tisku materiál neodstraňuje, nýbrž dodává, a sice vrstvu za vrstvou. Proces trojrozměrného tisku posléze následuje v tomto pořadí.

1. V prvním kroku tisku jsou data z výkresu nebo 3D modelu přečtena tiskárnou.
2. Následuje postupné překrytí vrstev.
3. Nakonec dochází ke vzájemnému spojování a přeměně na konečnou formu díky vrstvám složeným z listového materiálu, kapaliny nebo prášku (Kasyanova, 2018).

Aby bylo možné cokoliv vytisknout, je v první řadě zapotřebí 3D modelu objektu, který lze vytvořit v programu pro 3D modelování (CAD — Computer Aided Design), nebo za použití 3D scanneru pro skenování objektu, který člověk chce tisknout (Kasyanova, 2018).

Na trhu již existují potravinářské, průmyslové, 3D bioprintery a mnoho dalších variant podobných zařízení. 3D tisk je široce používán pro domácí účely a vědci vkládají velké naděje do technologie 3D biotiskáren, díky nimž je plánována výroba živých tkání a orgánů. Hlavními výhodami 3D tisku oproti tradičním způsobům výroby výrobků jsou vysoká rychlost, jednoduchost a relativně nízké náklady.

2.8 Umělá inteligence AI

Umělá inteligence AI je věda a technologie vytváření inteligentních strojů, zejména inteligentních počítačových programů. AI je spojena s podobným úkolem, jakým je používání počítačů k pochopení lidské inteligence, ale není nutně omezena na biologicky uvěřitelné metody.

AI umožňuje automatizovat opakující se procesy učení a vyhledávání pomocí dat, liší se však od robotizace, která je základem aplikace hardwaru. Cílem AI není automatizace ruční práce, ale spolehlivé a nepřetržité provádění mnoha rozsáhlých

počítačových úkolů a úkonů. Automatizace jako taková vyžaduje zapojení osoby pro počáteční nastavení systému a správné nastavení otázek (Kuznetsov, 2019).

AI poskytuje hlubší analýzu velkého množství dat pomocí neuronových sítí s mnoha skrytými úrovněmi, což bylo před několika lety využíváno k vytvoření systému pro detekci podvodů. Všechno se změnilo díky obrovskému nárůstu výpočetní síly a díky příchodu Big Data. Pro modely hlubokého učení je zapotřebí obrovského množství dat, protože právě na jejich základě jsou vyškoleny. Čím více vstupních dat tedy tyto systémy dostanou, tím přesnější budou následující modely. Zároveň je díky AI umožněno využít co možná největší část ze vstupních dat. S příchodem samostudijních algoritmů se navíc samotná data stávají předmětem duševního vlastnictví. Data totiž obsahují správné odpovědi, které je jen potřeba najít pomocí správné technologie AI. Vzhledem k tomu, že data nyní hrají mnohem důležitější roli než kdykoliv předtím, mohou poskytnout konkurenční výhodu. Při použití stejných technologií v konkurenčním prostředí vyhraje ten, kdo má nejpresnější data (Kuznetsov, 2019).

2.9 Exoskelet

Robotické exoskelety jsou v podstatě nositelné robotů, které se anatomicky podobají tvaru lidského těla, a proto se zdají být vnější (řecky: exo) shell nebo kostra. Na rozdíl od klasických robotů určených například k montáži automobilů, či čištění našich apartmánů, nejsou exoskelety vyvinuty k úlevě a řešení určitého úkolu samostatně, nýbrž k podpoře u vykonávání určitého fyzického úkolu, který nelze udělat nezávisle na sobě. Podpora jako taková může být nezbytná hned z několika důvodů. Buď jsou úkoly pro průměrného člověka příliš obtížné, nebo je zadaný úkol příliš obtížný pro osobu trpící fyzickým poškozením. V obou případech poskytuje robotický exoskelet požadovanou fyzickou výpomoc. Typickými aplikacemi jsou průmyslové práce, které vyžadují zvedání a přenášení těžkých předmětů, rehabilitaci pacientů s mrtvicí nebo obnovu chůze u paraplegických uživatelů. Různé exoskeletonové konstrukce jsou variabilní a silně závisí na požadované úrovni podpory (Klimnov, 2020). Robotické exoskelety se skládají ze stejných komponent jako jakýkoliv normální kloubový robot. Pevný rám, spoje a pohony umožňující pohyby. Senzory, elektronika, počítače a software se používají k ovládání zařízení. Kromě toho mechanická rozhraní připojují exoskeleton a uživatele k přenosu podpory. Další sensorové systémy mohou být integrovány pro zlepšení interakce

robot-uživatel například měřením biosignálů od uživatele, což umožňuje exoskeletu lépe předvídat záměry uživatele a odpovídajícím způsobem reagovat. V opačném směru mohou být systémy zpětné vazby, jako jsou zvuky, blikající světlo nebo vibrace (podobné mobilnímu telefonu), použity k informování uživatele o nadcházejících akcích exoskeletu pro zlepšení použitelnosti. Vývoj robotických exoskeletonů začal již ve druhé polovině dvacátého století. Kolem roku 1965 začal General Electric rozvíjet Hardiman, což byl velký celotělový exoskelet, který byl navržen tak, aby podpořil jeho uživatele svou pevností, která umožňovala zvedání těžkých předmětů. První exoskeletony pro pomoc při chůzi byly vyvinuty na konci roku 1960 na Ústavu Mihajla Pupina v Srbsku (Ali, 2013).

S počátkem 21. století se na trh dostaly první produkty exoskeletonu a začaly být přístupné rostoucímu počtu uživatelů. Jedním z prvních využití byla rehabilitace chůze u pacientů s mrtvicí a poraněnou míchou. Konkrétně se jednalo o exoskelet Lokomatu, který byl uveden na trh v roce 2001 a začal být používán v nemocnicích a rehabilitačních centrech po celém světě (Jezernik, 2003). Průmyslové exoskeletony jsou v podstatě navrženy k tomu, aby zvedaly, přenášely a držely náklad, o čemž vypovídá následující obrázek 4. Další funkcí je provádění práce spojené s dlouhým pobytem ve statickém stavu. Průmyslových exoskeletonů bývá využíváno rovněž k prevenci úrazů při výrobě. Očekává se, že exoskeletony zvýší výrobní účinnost.



Zdroj: Spectrum website, 2019

Obr. 4 Exoskelet Guardian XO vyvinutý společností Sarcos Robotics, který zvyšuje sílu člověka dvacetkrát

V prvním desetiletí 21. století vývoj pokračoval a počet výzkumných laboratoří a společností rostl. Ke konci desetiletí bylo představeno hned několik prototypů vojenských exoskeletonů, jejichž cílem bylo zvýšit sílu a vytrvalost jejich uživatele. Jako příklad lze uvést výrobky Raytheon XOS exoskeleton, což byl exoskeleton pokrývající celé tělo a Lockheed Martin "Human Universal Load Carrier" (HULC), který podporoval svého uživatele při nošení těžkého batohu (Vils, 2013).

3 Best practices pro uplatnění nástrojů průmyslu 4.0.

Správné, logicky a ergonomicky uspořádané pracoviště má významný pozitivní dopad na produktivitu pracovníků pracujících a pohybujících se na něm. Právě díky správně zvolenému konceptu je možné ušetřit čas, upozornit na únavu a dokončit úkoly rychleji, než bylo původně plánováno. Během procesu sestavování „ideálního“ pracoviště poté hraje klíčovou roli zvolení vhodných technologií, které zlepšení ergonomie pracoviště skutečně umožní. V této kapitole bude autorem práce uvedeno několik příkladů úspěšné aplikace průmyslu 4.0 na pracovišti, což mělo za následek právě pozitivní zlepšení produktivity a efektivity. Zároveň se bude jednat o tzv. Best practises, tedy ověřené zkušenosti a postupy, které skutečně fungují a které lze posléze aplikovat i v jiných společnostech.

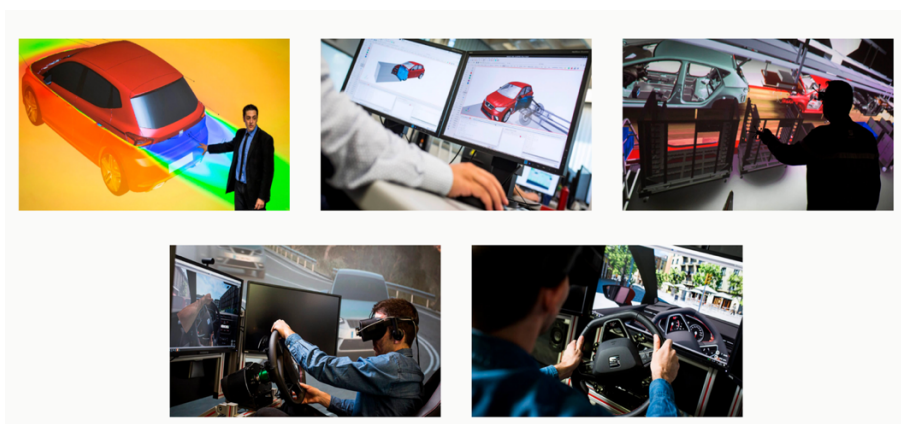
3.1 Seat

SEAT je španělský automobilový výrobce se sídlem ve Španělské Barceloně. Automobilka byla založena v roce 1950 Národním institutem průmyslu (INI) a její název SEAT je zkratka pro Sociedad Española de Automoviles de Turismo. SEAT dnes patří do koncernu Volkswagen a je momentálně jediným významným výrobcem, který má infrastrukturu pro vývoj vlastních strojů ve Španělsku. Konstrukční a montážní jednotky společnosti jsou nejmodernější a nejúčinnější a díky tomu umožňují Seatu vyrábět moderní vozy, a to nejen pro svou značku, ale i pro některé modely skupiny Volkswagen, například Volkswagen a Audi. Společnost prodává své vlastní modely automobilů na trzích ve více než 70 zemích světa, z čehož zhruba tři čtvrtiny roční produkce dodává na export. Hlavním prodejním trhem zůstává Evropa, zatímco nejúspěšnějším trhem je Mexiko, kde má společnost dealerskou síť ve dvaceti sedmi státech (Falchenko, 2020).

SEAT je mimo jiné mezinárodní měřítko průmyslu 4.0. V roce 2018 Financial Times uznala tuto společnost evropským lídrem v oblasti digitální transformace. Digitalizace se následně stala jednou z priorit strategie společnosti. Již několik let společnost zavádí ve své továrně v Martorellu umělou inteligenci, virtuální realitu, kolaborativní roboty a řešení pro zpracování velkých dat. V důsledku toho se společnost stala efektivnější a flexibilnější. Společnost má rovněž laboratoř biomechaniky, kde vyvíjí ergonomičtější pracovní stanice. Laboratoř s pomocí kamer, které zachycují funkce pohybového aparátu svých zaměstnanců v 3D

režimu, umožňuje, aby se zabránilo zraněním způsobeným v důsledku práce na výrobních linkách, a došlo ke zlepšení rehabilitace v případě, že ke zranění na některé z výrobních linek došlo (Seat, 2018).

SEAT aktivně využívá technologie virtuální reality, například virtuální brýle, které pomáhají návrhářům ponořit se do jízdnic zkušeností a zážitků podobných tomu, co bude zažívat budoucí zákazník. Navzdory tomu, že začátek návrhu nového vozu ve všech případech začíná tužkou a papírem, přichází technologie 3D velice brzy do hry. Díky tomu mohou designéři hodnotit nejen ryze tvůrčí aspekty, ale i další, funkční aspekty, což zaručuje životaschopnost původních skic o 90%. Virtuální realita má důležitou roli v každé fázi vývoje. V případě nového Seatu Ibiza proběhlo 95 000 simulací. Za pomoci virtuální reality se provádí testování virtuálních kolizí s cílem učinit budoucí auta bezpečnější. Během zhruba tří a půl roku vývoje nového vozu se pomocí simulace analyzují až tři miliony prvků. Jen pro představu, před 30 lety byla analýza omezena zhruba na 5000 prvků. Technologie průmyslové revoluce 4.0 umožňuje zkrátit dobu výroby prototypů o 30%, což bylo umožněno nižším počtem prototypů nutných fyzicky vyrobit před uvedením nového modelu. To v konečné fázi přispívá ke snížení doby výroby rovněž o 30%. Ve srovnání s minulými desetiletími jsou dnes nejnovější nástroje mnohem rychlejší při zlepšování a rozhodování. Průmysl 4.0 tedy de facto napomohl ke snížení času a snížení potřeby zdrojů při výrobě vozů a ovlivňuje tedy nejen přesnost a kvalitu zboží, ale má i zásadní vliv na snížení konečné ceny nového vozu. V případě Seatu Ateca bylo před uvedením do výroby představeno až 800 vylepšení (Seat, 2018). Použití virtuální reality v praxi uvnitř firmy Seat ilustruje následující obrázek 5.

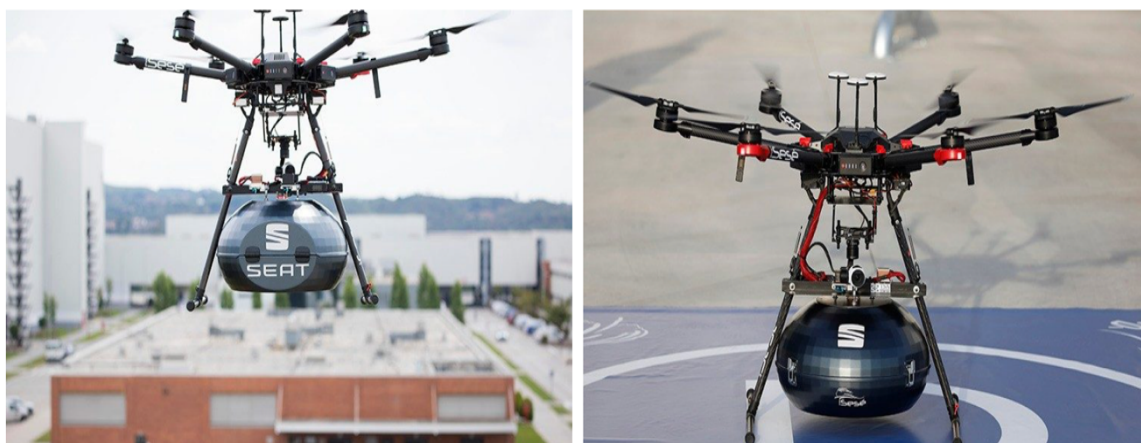


Zdroj: Seat website, 2018

Obr. 5 Nástroj VR ve společnosti Seat

Virtuální technologie poskytují fascinující zážitek z opětovného vytvoření reálného světa. Výsledkem toho je, že techničtí odborníci centra pro vývoj prototypů pomocí 3D brýlí a některých ovládacích prvků dokáží simulovat a analyzovat pohyb pracovníků na montážní lince s cílem optimalizovat jejich pracovní dobu a zlepšit ergonomii pracovních míst (Seat, 2018).

Jednou z nejnovějších oblastí vývoje společnosti je spuštění pilotního programu pro přijímání součástek pomocí dronů. Ve spolupráci se společností Sesé Group vytvořil SEAT tuto průkopnickou službu, která propojuje logistické centrum Sesé se svou továrnou Martorell. To umožňuje přijímat komponenty za pouhých 15 minut, zatímco dříve tento process trval až hodinu a půl kvůli zahrnutí nákladních automobilů (Seat, 2018). Obrázek 6 zobrazuje užití takových dronů v praxi.



Zdroj: Seat website, 2019

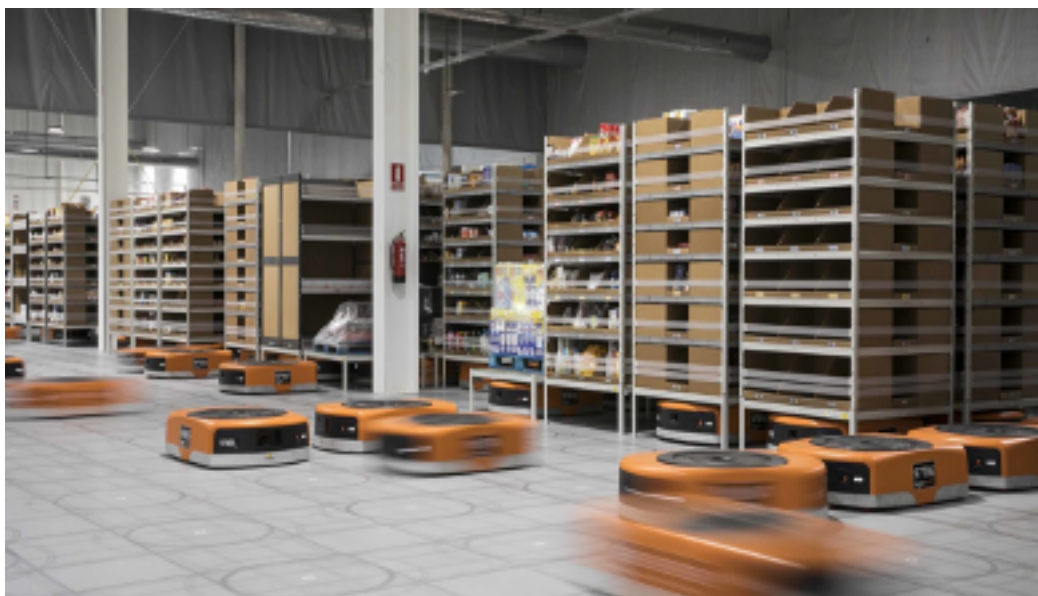
Obr. 6 Drony společnosti Seat

3.2 Amazon

Amazon je americká společnost se sídlem v Seattlu, která patří mezi největší společnosti zabývající se prodejem všech druhů zboží a služeb přes internet. Společnost je rovněž lídrem v oblasti prodeje zboží masové poptávky prostřednictvím systému internetových služeb. Společnost Amazon byla založena v roce 1994 americkým podnikatelem Jeffem Bezosem a v roce 1995 byla spuštěna její internetová stránka. Jméno firmy bylo inspirováno řekou Amazonka, nejkomplexnější řekou na světě (Hall, 2020).

Ve třídícím centru Amazon pracuje mnoho robotů společně s lidmi. V praxi lze v Amazonu pozorovat, že roboti pomáhají nejen optimalizovat dodavatelský řetězec a zlepšovat kvalitu služeb zákazníkům, ale prospívají rovněž lidem, kteří s nimi pracují, s cílem doručit balíčky zákazníkům včas. Hlavním účelem robotů je přepravovat bedny se zbožím zaměstnancům, kteří tvoří objednávky. Dříve museli zaměstnanci skladu hledat zboží ručně. Vyskladnění objednávky, které dříve trvalo hodiny, lze nyní provést během několika minut (Gonzalez, 2017).

Roboti jsou schopni uvést náklad zboží až do 340 kg a jsou vybaveni senzory pohybu, které regulují rychlost pohybu na přibližně 1 m/s. Používání robotů navíc přispívá nejen ke zvýšení efektivity zpracování objednávek, ale umožňuje rovněž ušetřit místo ve skladu, kam se díky tomu vejde až o 50% více zboží. Rozvržení takového skladu ilustruje obrázek 7.



Zdroj: Amazon website, 2018

Obr. 7 Sklad Amazonu

Amazon má k dispozici 175 distribučních center pro plnění objednávek po celém světě. Ve 26 z nich roboti a lidé vzájemně spolupracují, aby shromažďovali, třídili, přepravovali a ukládali balíčky. Je zřejmé, že robotická automatizace převzala některé povinnosti, jako je přenos krabic se zbožím nebo přeprava palet mezi budovami, což usnadňuje život zaměstnancům. Roboti jsou rovněž výhodní pro vykonávání méně žádoucích a více nudných úkolů, kde hrozí vyšší chybovost při provádění stejného úkonu lidmi. Distribuční centra Amazonu jsou rušná místa, kde

se balíčky a lidé neustále pohybují. V centrech vybavených robotikou mají zaměstnanci šanci pohybovat se méně a jsou rovněž nuceni zvedat zboží méně často. Roboti zvedají těžké předměty, aby je připravili na přepravu nebo pokládku. Zaměstnanci, kteří pomáhají vyselektovat objednávku zákazníkovi, mohou snadněji identifikovat zboží, než kdyby ho hledali v regálech (Gonzalez, 2017).

V roce 2012 Amazon koupil Bostonskou společnost Kiva Systems a přejmenoval ji na Amazon Robotics. Poté začalo používání robotiky v Amazonu. V té době to byla druhá největší akvizice společnosti Amazon a silný signál o záměru společnosti vést proces vytváření společného automatizovaného prostředí zahrnujícího lidi a roboty. Po získání této společnosti začal tým inženýrů pracovat na zavedení nových technologií pro optimalizaci procesů, zvýšení bezpečnosti a zvýšení efektivity. Robotizace pomáhá zvýšit efektivitu a bezpečnost v distribučních centrech, jelikož umožňuje ukládat více zásob, v důsledku čehož ulehčuje plnění Amazon Prime a dalších včasných objednávek, protože zboží je zde vždy k dispozici. Výsledkem je, že robotizace významně přispívá k touze Amazonu zajistit co nejlepší služby a procesy pro uspokojení potřeb svých zákazníků (Gonzalez, 2017).

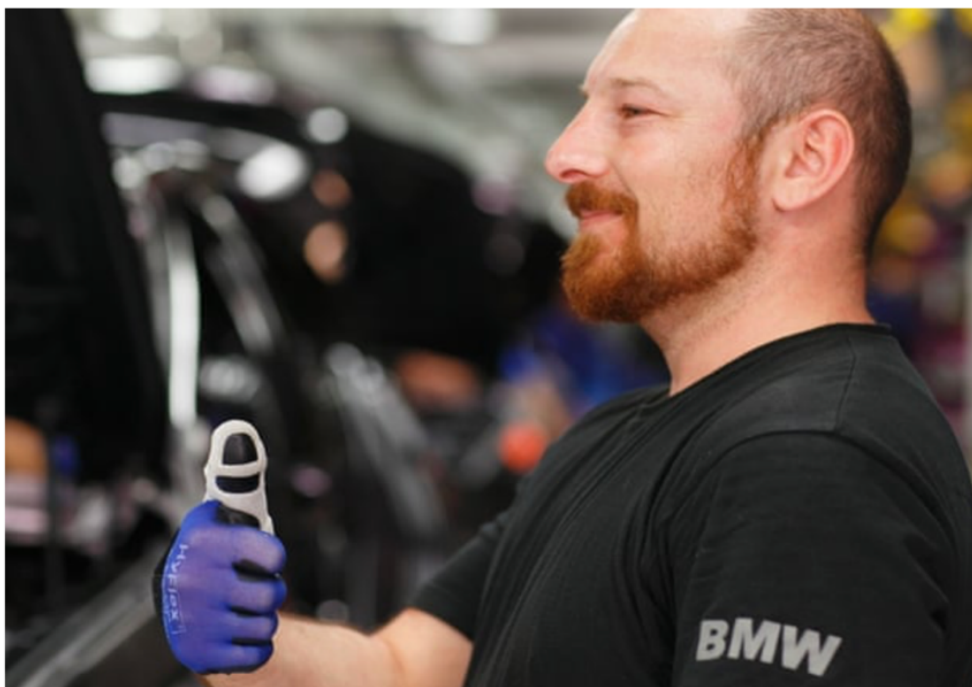
3.3 BMW

Název společnosti BMW (Bayerische Motoren Werke) je zkratka **bavorské motorárny**. BMW je automobilová společnost, která se specializuje na výrobu motocyklů, osobních a sportovních vozů, ale i terénních vozů. Sídlo se nachází v Mnichově v Německu. Příběh BMW začíná dvěma malými firmami založenými před první světovou válkou Karlem Rappem a Gustavem Ottem, synem Nikolause Augusta Otta, vynálezce spalovacího motoru (BMW, 2020).

Využití technologie 3D skenování a 3D tisku je zvláště patrné v automobilovém průmyslu. BMW Group s cílem zajistit maximální bezpečnost zaměstnanců na pracovišti, využívá 3D tištěný flexibilní palcový chránič, který chrání klouby palce před nadměrným napětím v době konání určitých druhů montážních prací (Gibbs, 2014).

Tuto technologii vyvinuli inženýři BMW ve spolupráci s vědci z katedry ergonomie Technické univerzity v Mnichově. Každý jednotlivý výrobek je jedinečný a má tvar a velikost přizpůsobenou velikosti palce konkrétního pracovníka, pro kterého je vyroben. Ortopedické chrániče palců jsou nezbytné při provádění prací na instalaci

gumových zátek do spouštěcích otvorů v laku. Dokonce i pro lidi se silnými svaly na pažích vyžaduje tento pohyb určité úsilí. Aby se zabránilo zbytečnému přetěžování kloubu palce, společnost vyvinula tmel z termoplastického polyuretanu, který se nosí na prstu. Termoplastický polyuretan je ideální pro výrobu flexibilních ortopedických zařízení. Je velmi pružný, ale zároveň vytváří pevné a tuhé struktury. Materiál má vysokou mechanickou pevnost, která zaručuje dobrou odolnost proti silným nepřetržitým deformacím. Díky speciálním šterbinám na špalku se pohyby palce neomezují, nicméně na zadní straně je plastový materiál upevněn výztužnými prvky. V důsledku toho, když se klouby palce protáhnou, vyztužené prvky se srazí a vytvoří stabilní pneumatiku. Zatížení potřebné k vytlačení zátky do otvoru je tím tedy rozloženo po celém prstu až po zápěstí. Pro výrobu individuálního chrániče palce se používá 3D tiskárna pracující na technologii selektivního laserového slinování v přehřáté komoře. Nejprve je však palec pracovníka skenován mobilním 3D skenerem, aby získal 3D model. Podle společnosti byly ohlasy pracovníků na testování 3D tisku v reálných výrobních podmínkách pouze pozitivní, o čemž vypovídá následující obrázek 8 (Gibbs, 2014).



Zdroj: The Guardian website, 2014

Obr. 8 3D tištěný palcový chránič

3.4 Audi

Audi AG je německá automobilová společnost patřící do koncernu Volkswagen Group, jejíž sídlo se nachází ve městě Ingolstadt v Německu. Historie vzniku značky Audi je spojena se jménem Augusta Fröhlicha, slavného inženýra a jednoho ze zakladatelů německého automobilového průmyslu.

Audi se stejně jako všechny firmy snaží držet krok s dobou a vytvářet inovace v oblasti ergonomie. „Chairless chair“ kterou Audi vyvinulo ve spolupráci se švýcarskou start-upovou společností, je exoskeleton, který se nosí na zadní straně nohou. Je připevněn popruhy k bokům, kolenům a kotníkům. Dva povrchy pokryté kůží podporují hýždě a boky, zatímco dva plastové sloupky vyztužené uhlíkovými vlákny (uhlíkový plast) se přizpůsobují obrysům nohou. Ty se spojují za kolenem a mohou být hydraulicky nastaveny tak, aby odpovídaly velikosti těla majitele a požadované poloze vsedě. Tělesná hmotnost se přenáší na podlahu prostřednictvím těchto nastavitelných prvků. Samotná židle bez židle váží pouhých 2,4 kilogramu. Podle Dr. Štěpána Weilera, lékaře zodpovědného za ergonomický design pracovních míst v ministerstvu zdravotnictví Audi, věnuje Audi svou židli bez židle prioritní pozornost atraktivním a dobře projektovaným pracovním pozicím. „Tato konstrukce dokonale snižuje zatížení kolen a kotníků našich zaměstnanců“ (Volkswagen, 2015). Využití takové židle v praxi ilustruje obrázek 9.



Zdroj: VW website, 2015

Obr. 9 Chairless chair v praxi

V průběhu pracovní směny nosí zaměstnanci „chairless chair“ jako další pár nohou, který jim v podstatě umožňuje poskytnout podporu, kdykoliv je to nutné. Při mnohých montážních operacích je díky tomu umožněno sedět v ergonomicky příznivé poloze, než aby zaměstnanci museli stát, a to i v krátkých pracovních intervalech. Podpěrná konstrukce současně zlepšuje držení těla a snižuje zatížení nohou. Židle a stoličky, které se momentálně používají v některých montážních operacích, díky tomu nejsou nutné.

Pracovníci Audi provedli test třech prototypů bezrámových sedaček na montážních linkách vozů Audi A4 a Audi A6 v továrně Neckarsulm. Do dnešního dne museli zaměstnanci pracovat ve stoje. Nyní však mají podstatně méně fyzické námahy, protože „chairless chair“ jim umožňuje střídat sezení a stání při práci (Volkswagen, 2015).

3.5 Boeing

Boeing je přední světovou leteckou společností s více než stoletou historií a největším výrobcem osobních letadel. Boeing vyrábí vojenské vrtulníky, elektronické a obranné systémy, rakety, satelity, moderní informační systémy a komunikační systémy. Boeing zaujímá vedoucí postavení v oblasti protiraketové obrany, pilotovaných kosmických letů a služeb pro spouštění kosmických lodí. Sídlo se nachází v Chicagu, Illinois, USA (Weiss a kol. 2020).

Komponenty palubních systémů letadel jsou spojeny obrovským množstvím kabelů. Pro přesné a správné provedení připojení jsou segmenty kabelů požadované délky položeny podle speciálního vzoru a upevněny mezi sebou do svazků. Konektory jsou posléze instalovány na koncích kabelů. Je to velmi zodpovědný a časově náročný proces, který trvá hodně času. Kabelů může být tolik, že množství informací potřebných pro správné vytvoření svazku přesáhne reálné možnosti pracovníků, kteří již nebudou schopni vypořádat se s jeho správným zapojením za přiměřený čas. Boeing proto neustále hledá prostředky, které by zaměstnancům umožnily operativně získat potřebné informace, a byla tak zvýšena efektivita a produktivita práce (Statt, 2016).

Po dobu dvaceti let Boeing hledal handsfree systém, který by používal nějaký nositelný počítač, aby zkrátil dobu výroby a s ní související chyby.

Společnost dokonce experimentovala s aplikací rozšířené reality (AR) a "průhledného displeje na hlavu" pod názvem Navigator 2 již v roce 1995. Efektivní a cenově dostupné zařízení v té době však ještě neexistovalo. Google posléze vydal své skleněné chytré brýle. Design takových brýlí zobrazuje následující obrázek 10.



Zdroj: Boeing a Google website

Obr. 10 Práce s Google Glass pro kabelové svazky letadel

Zavedení rozšířené reality ve výrobním podniku může organizacím pomoci vyřešit nejtěžší problémy. Jeden z největších světových výrobců letecké, kosmické a vojenské techniky Boeing se rozhodl pro použití Google Glass během procesu montáže kabelů do jejich nákladního letadla 787-8, což se v té době stalo hlavní událostí.

Před příchodem technologie AR museli pracovníci Boeingu neustále pracovat s notebookem. Při pohledu na notebook se však oči dělníků musely neustále přizpůsobovat a v důsledku toho měli dělníci ke konci směny silné bolesti hlavy. Použití notebooku však bylo klíčové k ujištění o správnosti zapojení jednotlivých vodičů. Tento proces však způsoboval vyšší únavu zaměstnanců a celkově zabral významnou část výrobního času (Statt, 2016).

S AR brýlemi mají nyní pracovníci společnosti totožné informace přímo před očima, což činí drátové montáže Boeingu rychlejšími a pohodlnějšími. Pracovníci mohou díky brýlím rovněž pohodlně distribuovat hlasové příkazy či požádat partnera, aby se připojil k video streamu.

Výsledkem použití rozšířené reality bylo to, že se doba montáže vodičů Boeingu snížila o 25 procent a chybovost se snížila téměř na nulu. Toto rozhodnutí navíc výrazně zvýšilo úroveň zaměstnaneckých benefitů a tím i jejich udržení (Statt, 2016).

3.6 Ford

Ford Motor Company je americká automobilka, čtvrtá v celosvětovém prodeji v historii, sídlící v Dearbornu na předměstí Detroitu ve státě Michigan.

Společnost byla založena Henrym Fordem 16. června 1903. Společnost Ford Motor Company zůstává ve své dlouhé historii jednou z největších a nejvýnosnějších automobilek a je také jednou z mála, která prošla velkou depresí.

První společností Henryho Forda byla společnost Detroit Automobile Company založená v roce 1899. Po chvíli však došlo k jejímu bankrotu. V roce 1901 již však vznikla společnost Henry Ford Company. V březnu 1902, po hádce se svými finančními partnery, Ford opustil společnost s právy na její název a devíti sty dolarů kapitálu. V roce 1903 společnost Ford přilákala 12 investorů, kteří vlastnili celkem 1000 akcií společnosti Ford Motor Company. Ford vlastnil 255 akcií. Navzdory obavám investorů společnost okamžitě začala vytvářet zisk. 1. října 1903 se Fordovi podařilo vydělat 37 000 dolarů (Encyclopædia Britannica, 2020).

Nyní je Ford Motor Company jednou z největších a nejstarších automobilek na světě. Vyrábí nejen automobily, motory, komponenty, autobusy a speciální techniku, ale podílí se také na vývoji v oblasti technologií šetrných k životnímu prostředí.

Ford Motor Company dokázala být populární společností nejen v oblasti automobilového průmyslu, ale také jako společnost, která se stará o své zaměstnance. Díky zavedení nových technologií ergonomie, zařízení, pomoci při zvedání, re-navrhování pracovních míst a změnám technologických procesů řízených dat, se automobilce podařilo snížit úroveň úrazů u svých zaměstnanců v USA o 70 procent.

Virtuální výroba hraje klíčovou roli při pomoci Fordu vyvinout ergonomické procesy a předejít problémům před jejich vznikem. Dva až tři roky před spuštěním nového vozu ergonomisté společnosti Ford virtuálně simulují proces montáže pomocí lidí i

virtuálních subjektů, aby zhodnotili fyzickou práci potřebnou k sestavení vozu. Nashromážděné údaje jsou posléze využívány k vedení inženýrských řešení před provedením úkolů ve výrobní hale. Ergonomové Fordu v průměru vykonávají více než 900 virtuálních odhadů úkolů montáže během jednoho startu nového vozu. Pro provedení těchto hodnocení se používají tři technologie: zachycení pohybu celého těla, 3D-tisk a ponořená virtuální realita. Každá z technologií poskytuje kritická data využívaná k posouzení celkové bezpečnosti procesu montáže pro zaměstnance a zároveň pomáhá udržet úroveň vysoce kvalitních vozidel pro zákazníky (Allison, 2015).

Tato technologie pomáhá zachytit pohyb celého těla a poskytuje údaje o tom, jak se montéři pohybují při vykonávání různých úkolů. S pomocí více než 52 popisovačů snímání pohybu umístěných na ruce, zádech, nohou a trupu zaměstnance, mohou ergonomové zaznamenat více než 5000 datových bodů pro hodnocení svalové síly a slabosti, námahy kloubů a nerovnováhy těla. Podobná technologie se používá v profesionálním sportu pro zlepšení techniky sportovců, díky čemuž jim pomáhá vyhnout se zraněním. Ilustraci použití takové technologie Fordem zobrazuje následující obrázek 11.



Zdroj: ComputerWeekly website, 2015

Obr. 11 Virtuální výroba ve společnosti Ford

3D tisk používá ergonomista k ověření vůle rukou při montáži vozidla. Zaměstnanci s různými rozměry rukou používají 3D vytištěný model, aby zkontrolovali, jak těsný bude prostor pro instalaci dílu.

Ponorná virtuální realita využívá 23 kamerových systémů pro zachycení pohybu a displeje pro hlavu, který zaměstnance prakticky ponoří do budoucí pracovní stanice. Podle chování zaměstnance lze později určit a ohodnotit úkoly, účelnost a profesionalitu (Allison, 2015).

Ergonomové společnosti Ford pracovali na více než stu nových vozidel po celém světě pomocí virtuálních výrobních nástrojů. V důsledku používání těchto virtuálních nástrojů společnost Ford dosáhla snížení těchto ergonomických problémů až o devadesát procent (Allison, 2015).

Na základě Best Practises uvedených výše lze konstatovat, že využití technologií průmyslové revoluce 4.0 má pozitivní vliv na ergonomii pracoviště. Nejdůležitější je nejen pro firmy, ale i pro samotné pracovníky fakt, že využití nejmodernějších technologií napomáhá pracovat efektivněji a zároveň se vyhýbat zraněním a chybám.

4 Uplatnění identifikovaných technologií v automobilovém průmyslu

Aplikace technologie průmyslové revoluce 4.0 v automobilové výrobě je stále ještě ve fázi vývoje, ačkoliv se většina firem snaží držet krok a zavádět do výroby technologie průmyslu revoluce 4.0. Díky těmto technologiím chtějí společnosti zvýšit produktivitu nejen výroby, ale i produktivitu pracovníků. Nejznámější z aplikací průmyslu 4.0 je umělá inteligence. S umělou inteligencí je možné snížit počet chyb zaměstnanců a snížit prostoje při přestavbě technologických procesů. Díky funkci rozpoznávání obrazu lze analyzovat pohyb zaměstnanců a mobilního zařízení, čímž se zvyšuje úroveň bezpečnosti v podniku. Je však rovněž možné sledovat zdraví svých zaměstnanců a tím pádem snadněji odhalit možné onemocnění. V logistice může umělá inteligence pomoci se zlepšením plánování přepravních tras, snížením dodací lhůty dílů, sledováním zásilek a přepravním procesem ve všech fázích, čímž může být razantně ušetřena práce logistických specialistů.

V této kapitole dojde k doporučení konkrétních technologií obsažených v průmyslu 4.0 a jejich následné aplikaci v automobilovém průmyslu, včetně analýzy výhod a nevýhod při uplatňování těchto konkrétních technologií.

4.1 Exoskelet

Jednou z nejvíce přínosných technologií pro samotné zaměstnance je exoskelet, který díky své povaze usnadňuje jednotlivým zaměstnancům práci a tím pádem zlepšuje samotné „klíma“ na pracovišti. Je obecně známým faktem, že práce v průmyslových společnostech často zahrnuje delší pracovní dobu plnou ohýbání a eventuálně i dřepů, což v konečné fázi způsobuje zaměstnancům značné zdravotní obtíže v oblasti kolenou a zad. V této fázi přichází, nebo by minimálně měl přijít na řadu exoskelet, který řeší právě tyto problémy. Díky přirozené podpoře váhy uživatele exoskeletu totiž dochází k výrazné fyzické a tím pádem energetické úspoře konkrétního uživatele. O přínosnosti, resp. výhodách a nevýhodách vypovídá následující tabulka 1.

Tab. 1 Výhody a nevýhody při uplatnění Exoskeleta v automobilovém průmyslu

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> • podpora struktury těla, • pohodlí, • minimalizace zranění, • rychlost práce. 	<ul style="list-style-type: none"> • cena exoskeletu, • vysoké náklady na údržbu.

Takový konkrétní exoskelet se posléze skládá z množství ohybných kloubů, umožňujících jeho uživateli volný pohyb. Když je však zapotřebí zůstat v libovolné pozici delší dobu a tím pádem zatěžovat konkrétní svaly po delší dobu (například muset být shrbený pod autem na výrobní lince), právě v tuto chvíli přichází na řadu výhody využití exoskeletu v podobě podpory držení těla a tím pádem šetření síly pracovníka. Výhodou takové konstrukce je, že je možné ji nosit kdekoli a lze tedy používat jak při chůzi, tak ve stoje. Toto řešení navíc snižuje nároky na potřebný prostor v porovnání s klasickou židlí. Díky tomu dochází ke zrychlení výrobního procesu a snížení četnosti vzniku zranění.

Pro každou společnost je však nákup nových technologií drahý. V automobilovém průmyslu pracuje na montážních linkách velmi mnoho lidí a tím pádem by byl nákup exoskeletů pro všechny zaměstnance montážní linky nesmírně nákladný. Při nehodách či úrazech vedoucích k poškození konkrétního exoskeletu vznikají rovněž několikanásobně vyšší náklady na opravu, než při poškození obyčejné židle. I přes nedostatky v podobě ceny, jsou exoskelety ergonomicky nejlepším produktem pro automobilový průmysl.

Přehled různých typů exoskeletů od rozdílných výrobců zobrazuje tabulka 2.

Tab. 2 Popis druhů exoskeletů

Exoskelety	Přínos
LegX	Snižuje zatížení kolen, snižuje únavu a zvyšuje bezpečnost pracovníků.

Laevo V2	Chrání páteř při ohýbání během zvedání předmětů, zabraňuje zranění zad a rovněž zmírňuje nepohodlí u lidí, kteří trpí zraněním zad.
Chairless chair	Tuhý držák, který lze kdykoliv zafixovat a rázem se tak přemění svou funkcí na židli.
WAD	Uspadňuje chůzi tím, že poskytuje přídatnou sílu k pohybu nohou.
Shoulder x	Odstraňuje zatížení ramen při provádění trvalé činnosti v oblasti pasu a horní úrovně trupu. Je určen pro lehké až středně těžké zatížení.
VEX	VEX napodobuje funkci ramenního kloub, čímž výrazně snižuje zatížení svalů a přitom zvyšuje zdvihací sílu a mobilitu pracovníků ve výrobních zařízeních.
EKSO VEST	Poskytuje podporu ramenům, což usnadňuje provádění úkolů a držení středně těžkých nástrojů, jako je ruční vrtačka. Rovněž dochází ke snížení únavy pracovníků a snížení pravděpodobnosti vzniku zranění.
Air Frame	Napomáhá při práci zejména svalům horních končetin, čímž je jeho uživatel schopen pracovat déle díky snížení únavy.

4.2 Rozšířena realita

Rozšířená realita je klíčovým nástrojem pro společnosti zabývající se výrobou automobilů, jelikož právě díky jejímu použití je možné vyhnout se spoustě chyb při výrobě a snížit tím tak potřebnou dobu pro výrobu. V konečné fázi se tak společnost využívající nástrojů rozšířené reality stane rychlejší a produktivnější. Rozšířená realita může být v tomto pojetí použita k měření různých změn, k identifikaci nebezpečných pracovních podmínek, či k prezentaci nejen digitálních symbolů, obrázků nebo obsahu, ale i k vyhodnocování překrytí textu, statistik a informací týkajících se aktuálních úkolů zaměstnance. Pracovník využívající

rozšířené reality může zkontrolovat část zařízení a vidět například jeho provozní teplotu, což v konkrétním případě může vypovídat o zvýšené teplotě zařízení a tím pádem zvýšení rizika popálenin při dotnutí se tohoto zařízení zaměstnancem. Rozšířená realita umožňuje zobrazit jakékoliv dodatečné informace, včetně umístění zaměstnanců, strojů vyžadujících opravu, či míst v továrně, která jsou omezená. Jedním z hlavních kritérií z oblasti výroby bude vždy bezpečnost zaměstnance. Se správnými aplikacemi AR mohou být nezkušení zaměstnanci kdykoliv informováni, vyškoleni a ochráněni, aniž by bylo nutné vynaložit další finanční zdroje. Využívání rozšířené reality má však samozřejmě kromě nesporných výhod i některé nevýhody, o čemž informuje následující tabulka 3.

Tab. 3 Výhody a nevýhody uplatnění AR v automobilovém průmyslu

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> • snížení chyb při výrobě, • zvýšení produktivity, • poskytování informací a dat v zorném poli pracovníka, • propojování pracovníků lokálně i na dálku, • integrace se systémy a datovými sadami, • zkrácení doby potřebné k dokončení úkolů. 	<ul style="list-style-type: none"> • vysoká cena investice, • snížená míra soukromí, • potenciální technické problémy, • potřebný čas na školení.

Z výše uvedené tabulky je patrné, že rozšířená realita napomáhá společnostem a tím pádem i jejich zaměstnancům stát se efektivnějšími, jak lze ostatně vidět na příkladu Boeingu využívajícím chytré brýle. Při správném využívání moderních technologií lze dosáhnout snížení výskytu chyb a snížení doby instalace. S rozšířenou realitou se práce stává rychlejší a chytřejší. Díky zobrazení virtuálních informací v reálném čase a světě, jsou inženýři schopni svou práci vykonávat rychleji. Z hlediska montáže se inženýři nemusí spoléhat na obvody a mohou získat

veškerou pomoc od aplikací AR. V případě logistiky mohou její zaměstnanci využít rozšířenou realitu ke kontrole připojeného systému, který posléze informuje o umístění jednotlivých dílů. Proces tedy ve finále probíhá tak, že po naskenování potřebných informací zobrazí rozšířená realita detaily objednávky, což umožní zaměstnancům doručit objednávku na správné místo.

Zavádění rozšířené reality v organizaci však obsahuje i určitá úskalí, či dokonce nevýhody. Zavádění takové technologie totiž vyžaduje značnou technickou odbornost a rovněž vysoké finanční náklady v podobě investic. Podstatnou nevýhodou rozšířené reality je rovněž fakt, že vyžaduje shromažďování, generování a analýzu velkých datových polí, což může v konečném důsledku kolidovat s aspekty soukromí a bezpečnosti. Využívání rozšířené reality navíc vyžaduje komplexní proškolení zaměstnanců pracujících s ní, což trvá poměrně dlouhou dobu. Organizace zaměřené na svůj rozvoj, se v dnešní době pomocí nejnovějších technologií snaží zvýšit produktivitu svých zaměstnanců. Jedním z nesporných nástrojů budoucnosti bude využívání chytrých brýlí. Následující tabulka 4 informuje o rozdílných typech chytrých brýlí od jednotlivých výrobců.

Tab. 4 Popis druhů chytrých brýlí

Rozšířená realita	Přínos
Google glass	Ovládání brýlí se provádí pomocí hlasových příkazů a gest rozpoznaných dotykovým panelem, k čemuž slouží senzory a zabudovaný mikrofon. Veškeré potřebné informace k práci jsou promítány na hranol před okem, což vytváří velký virtuální obraz překrývaný s obrazem před očima. To pomáhá lidem pracujícím v oblasti logistiky a výroby efektivněji vykonávat svou práci.
Epson Moverio BT-300	Tyto brýle umožňují dosáhnout virtuálního obrazu vynikající kvality, zejména díky vysokému kontrastu a sytým barvám. Rozlišení obrazu odpovídá standardu HD Ready 720p. Součástí

	balení brýlí jsou rovněž sluchátka o velikosti 3,5 mm. Ovládání brýlí je možné rovněž pomocí hlasových příkazů, díky čemuž se vykonávaná práce stává efektivnější.
--	--

4.3 3D tiskárna

Pomocí 3D tiskáren lze vyrábět oblečení, věci a dokonce i části domů. Technologie 3D tisku nachází uplatnění v architektuře, stavebnictví, průmyslovém designu, automobilovém průmyslu, letectví, vojenství, strojírenství, zubním a lékařském průmyslu, módě, bižuterii, vzdělávání, potravinářství a mnoha dalších oborech. Pomocí 3D tisku lze vylepšit tvar ergonomického designu. Stále širší využívání této technologie posiluje vliv 3D tisku ve strojírenství, výrobě a v důsledku toho i v ergonomii. Právě díky technologii 3D tisku dokázalo BMW vytisknout flexibilní palcový chranič. Široké využívání 3D tisku může v automobilové výrobě vést ke skvělým výsledkům. O výhodách a nevýhodách 3D tisku vypovídá následující tabulka 5.

Tab. 5 Výhody a nevýhody 3D tisku v automobilovém průmyslu

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> • fyzikální vizualizace konceptů, • rychlost výroby, • tisk umožňující využití více materiálů, • kvalita výrobků, • flexibilita výroby, • nákladově efektivní. 	<ul style="list-style-type: none"> • omezené materiály, • postprodukce, • malá velikost kamery.

3D tiskárny umožňují podstatně zkrátit čas potřebný pro provedení každého projektu. Na rozdíl od tradičních výrobních metod, lze při použití aditivní technologie zkrátit proces z výroby z několika týdnů na pouhé hodiny. 3D tisk umožňuje návrh

a tisk složitějších konceptů, než tradiční výrobní procesy. Moderní 3D tiskárny vykazují vysokou kvalitu vyráběných výrobků díky fotopolymerní technologii tisku, která umožňuje dosáhnout maximální možné kvality hotových výrobků. 3D tisk šetří čas a tím pádem i náklady spojené s používáním různých výrobních strojů. 3D tiskárny lze rovněž přizpůsobit a nechat pracovat, což znamená, že není nutné, aby operátoři byli přítomni po celou dobu produkce. Díky možnosti tisku více materiálů se proces výroby stává flexibilnějším.

Zatímco 3D tisk může vytvářet produkty z plastů a kovů, dostupný výběr surovin není nekonečný. To je způsobeno tím, že ne všechny kovy nebo plasty mohou být dostatečně regulovány teplotou umožňující 3D tisk. Většina hotových výrobků vytištěných na 3D tiskárně vyžaduje post-zpracování a čištění. Tento proces pomáhá dosáhnout lepšího vzhledu a hladkosti modelu. Hotové modely jsou zpracovány různými způsoby. Uživatelé brousí díly, zpracovávají je chemicky, podřezávají podpěry, či suší výrobky. Potřeba následného zpracování závisí na mnoha faktorech. Rozsah práce je například odlišný v závislosti na velikosti modelu, materiálu a typu technologie zvolené při výrobě prototypu. Vzhledem k tomu, že 3D tisk zajišťuje rychlou výrobu dílů, může být rychlost výroby snížena následným post-zpracováním. Nejzásadnější nevýhodou tiskáren jsou malé rozměry oblasti tisku. Zařízení může vytisknout pouze model, který se vejde na jeho platformu.

4.4 Skladové roboty

Robotizace byla po desetiletí pouhým snem, avšak nyní se tento sen stává realitou pro firmy disponující sklady. Roboti, kteří již pracují v automobilových závodech, pomáhají zvýšit produktivitu a snížit počet chyb ve výrobních procesech. Není divu, že skladové odvětví se zrovna tak snaží využít výhod těchto technologií. V integrovaných dodavatelských řetězcích, které jsou jedním z hlavních spojení mezi výrobcí a spotřebiteli produktů, představují sklady důležitou součást jakéhokoliv logistického systému. Společnosti produkující roboty se chopily příležitosti a začaly nabízet automatizovaná řešení skladových úkolů. Na příkladu společnosti Amazon lze pozorovat, že roboti zjednodušili život zaměstnanců tím, že převzali odpovědnost za přesun těžkého zboží. O výhodách a nevýhodách uplatnění robotů v automobilovém průmyslu vypovídá následující tabulka 6.

Tab. 6 Výhody a nevýhody uplatnění robotů v automobilovém průmyslu

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none">• rychlost,• optimalizace procesů,• úspora skladového místa• žádné potřebné přestávky.	<ul style="list-style-type: none">• vysoká cena zařízení,• omezení počtu pracovních míst.

Únavné a opakující se úkoly berou zaměstnancům čas, který by jinak mohl být lépe vynaložen na projekty vyžadující kritické myšlení. Roboti jsou naopak navrženy tak, aby prováděly rutinní úkoly a udržovaly si během tohoto provádění přesnost po co možná nejdelší dobu. S automatizovanými pracovníky mohou sklady zvýšit produktivitu, aniž by došlo ke snížení kvality. Roboti rovněž odstraňují zátěž pracovníkům a pomáhají šetřit místo ve skladech díky chytrému systému pro přepravu nákladů. Roboti mohou pracovat samostatně, nezávisle na lidech a není tak tím pádem nutná lidská prezence během celého pracovního procesu. Čidla, kterými se roboti vybavují, navíc předchází vzniku úrazů či škod způsobených na ostatních robotech. To snižuje šanci vzniku vážné nehody ovlivňující zdraví a bezpečí lidských pracovníků. Roboti navíc dokáží působit nepřerušovaně během celé směny.

Faktem však zůstává, že zavedení autonomní výroby pomocí robotů je značně nákladné. Do nákladů nevstupuje jen samotné zakoupení jednotlivých robotů, ale i jejich naprogramování a údržba. Problémem nadále zůstává nedostatek kvalifikovaných programátorů robotů.

Jednou z teoretických hrozeb pro budoucí zaměstnance je nahrazení jejich práce právě za pomoci robotů, což by mohlo vést až ke ztráze jednotlivých pracovních pozic. To záleží zejména na pokroku dosaženém ve vývoji robotických technologií a míře dosažené schopnosti plnění jednotlivých specifických úkolů. Počet aktivních robotů ve skladu má tak značný vliv na finální počet lidských pracovníků pracujících v témže skladě. Je tedy pouze otázkou času, kdy dojde k pomyslnému předání žezla a roboti převezmou kontrolu a vládu nad všemi skladovými funkcemi.

Následující tabulka 7 zobrazuje produkty konkrétních výrobců skladových robotů.

Tab. 7 Popis druhů skladových robotů

Skladové roboty	Přínos
Mobile Industrial Robots	Roboty produkované touto firmou zvyšují produktivitu, odstraňují chyby, zlepšují sledovatelnost materiálů a umožňují zaměstnancům soustředit se na úkoly, které vyžadují složité kvalifikační schopnosti zaměstnanců. Výhodou je rychlá implementace do samostatných aplikací pro ukládání dat, která je integrovaná do jediného konceptu automatizace kombinujícího pohyb, bezpečnost, zrak, řízení a robotiku.
Fetch Robotics	Výhodou je zpracování materiálů a sběr dat pomocí společné, jednotné cloudové platformy. Jedná se o připravené a rozšiřitelné systémy, které bezpečně vyhledávají, sledují a pohybují vším od dílů až po palety ve skladech, továrnách a distribučních centrech.
CEIT	Dodává materiály na správné místo ve správnem čase a může stahovat a vykládat materiál autonomně.
Lowpad F	AMR je vybaven dvěma zvedacími vidlicemi. Tento Lowpad je vhodný pro mnoho činností, při kterých jsou klíčovými faktory variabilita produktu, dodací lhůty a účinnost. Robot je vybaven nezávislým pohonem, volantem a multifunkčními lidarovými kamerami kvůli autonomní funkčnosti.

4.5 SWOT analýza uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie pracoviště

Za **silné stránky** hovořící pro uplatnění nových technologií lze považovat zejména možnost vyhnout se zraněním při práci a snížení míry rizika vzniku nevyžádaných chyb způsobujících nekvalitu. Na to navazuje zvýšení produktivity pracovníků, flexibility a kontroly výroby. **Příležitostmi** lze posléze chápat možnost získání zkušeností díky spolupráci s novými dodavateli a snížení fixních nákladů za práci formou snížení počtu lidských pracovníků. Náklady na personál tvoří nemalou složku výdajů, cemuž lze poměrně snadno předejít právě díky implementaci vhodné technologie z průmyslu 4.0. Další výhodou a potenciální příležitostí může být i to, že díky zavedení robotů se mohou lidští pracovníci více soustředit na kreativní činnost, na kterou dříve nemuseli mít vlivem rutinní činnosti čas. **Slabou stránkou** je posléze samotná realizace a investice do robotů či exoskeletů, zejména kvůli značné náročnosti na rozpočet. Vyhledávání zaměstnanců znalých moderních technologií a trendů v IT je rovněž poměrně obtížné. Technologie samotné sice nepotřebují pauzy, ale i tak je potřeba provádět pravidelnou údržbu. Za **hrozby** by posléze jistě šlo považovat spolehlivost a závislost na odolnosti a robustnosti nových technologií, jejichž případná porucha může mít nesmírné negativní dopady na danou společnost. Další nepochybnou hrozbou je únik citlivých informací ke konkurenci. Moderní technologie průmyslu 4.0 totiž vyžadují připojení k internetu, což úniky takových informací značně ulehčuje a riziko se tak neúměrně zvyšuje. SWOT analýzu a rozebrání jejích jednotlivých skupin znovu detailněji rozvádí následující obrázek 12.

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">• nízká míra zranění,• nízká chybovost,• zvýšení produktivity,• zvýšení konkurenceschopnosti,• flexibilita a kontrola výroby.	<ul style="list-style-type: none">• náklady na realizace,• vysoká závislost na odolnosti technologií a sítí,• hledání kvalifikovaných pracovníků.
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none">• nové dodavatele,• zaměstnanci budou mít více kreativní myšlení.	<ul style="list-style-type: none">• soukromí dat,• údržba,• modernizace.

Obr. 12 SWOT analýza uplatnění nástrojů průmyslu 4.0

Závěr

Ergonomie se zabývá komplexním studiem a navrhováním pracovních aktivit s cílem optimalizovat nástroje, podmínky a pracovní postupy, stejně jako profesionální dovednosti. Díky technologiím průmyslové revoluce 4.0 mohou v dnešní době firmy v automobilovém průmyslu zlepšit pracovní podmínky svých zaměstnanců. Technologie se každým dnem zlepšují a na trh přicházejí nové společnosti nabízející inovativní technologie.

Cílem diplomové práce bylo zmapovat uplatnění technologie průmyslové revoluce 4.0 v oblasti ergonomie v automobilovém průmyslu. Na to navazovalo posouzení možného použití identifikovaných technologií a jejich potenciálních rizik. Součástí práce byl rovněž popis hlavních nástrojů průmyslové revoluce 4.0 využívaných v současné době.

Obsahem práce bylo nastínění „Best Practises“ z oblasti využívání inovativních technologií z oblasti ergonomie, což v dnešním enormně rychle se vyvíjejícím světě hraje velkou roli. Za pomoci moderních technologií je možné dělníkům ve výrobě vytvořit vhodné podmínky, které pro ně budou komfortní a budou jim tak umožňovat stát se efektivními. Spatné pracovní postupy však mohou rovněž zdraví pracovníků ohrozit, popřípadě dokonce poškodit. Tím se daná efektivita výroby zase snižuje. Přední světové společnosti se proto snaží držet krok s dobou a uplatňovat inovativní technologie, které zajistí co nejpohodlnější podmínky ve výrobě.

Pro společnosti působící v automobilovém průmyslu je klíčovým krokem výběr správných technologií uplatnitelných v oblasti ergonomie, zejména pak využití jejich přínosů ve výrobě. Čím více budou společnosti věnovat pozornost zlepšení ergonomie pracovníků, tím produktivnější se výroba stane.

Seznam literatury

ALLISON, Peter Ray. *Ford reduces injuries with virtual assembly programme*. [online] 2015. computerweekly.com. [2020-10-22] Dostupné z: <https://www.computerweekly.com/feature/Ford-reduces-injuries-with-virtual-assembly-programme>

BARDI, Joe. *What is Virtual Reality?* [online] 2020. marxentlabs.com. [2020-11-05] Dostupné z: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>

Big data. [online] 2018. It.ua. [2020-10-26] Dostupné z: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye>

DI NARDO, M., FORINO, D., MURINO T., The evolution of man–machine interaction: the role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production & Manufacturing Research*. 2020, 1-16

GIBBS, Samuel. *BMW 3D prints new thumbs for factory workers*. [online] 2014. theguardian.com. [2020-10-20] Dostupné z: www.theguardian.com/technology/2014/jul/04/bmw-3d-prints-new-thumbs-for-factory-workers

HABIB, Ali. *Bionic Exoskeleton: History, Development and the Future*. [online] 2013. iosjournals.org. [2020-10-10] Dostupné z: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/ICAET-2014/me/volume-5/12.pdf?id=7622>

How SEAT applies VR. [online] 2018. Seat.com. [2020-10-20] Dostupné z: <https://www.seat.com/company/news/cars/virtual-reality-car-manufacturing.html>

Chairless Chair for improved ergonomics in Audi's production plants. [online] 2015. volkswagenag.com [2020-10-20] Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/en/news/2015/2/chair.html#>

JEZERNIK, Sašo, Gery COLOMBO, Thierry KELLER, Hansruedi FRUEH a Manfred MORARI. Robotic Orthosis Lokomat: A Rehabilitation and Research Tool. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* [online]. 2003, 6(2), 108-115 [cit. 2020-12-20]. ISSN 10947159. Dostupné z: doi:10.1046/j.1525-1403.2003.03017.x

KASYANOVA, Lubov. *How does a 3D printer work?* [online] 2018. ichip.ru. [2020-10-22] Dostupné z: <https://ichip.ru/sovety/kak-rabotaet-3d-printer-prosto-o-slozhnom-311572>

KLIMNOV, Alexander. PETROV, Yuri. *Biomehanika vtorglas v sklady*. [online] 2020. sitmag.ru. [2020-11-21] Dostupné z: <https://sitmag.ru/article/25610-razvitie-ergoskeletov-v-skladskom-hozyaystve-biomehanika-vtorglas-v-sklady>

KUZNETSOV, Vladimir. *How artificial intelligence works*. [online] 2019. hi-news.ru. [2020-10-27] Dostupné z: https://hi-news.ru/technology/kak-rabotaet-iskusstvennyj-intellekt.html#kak_rabotaet_iskusstvennyj_intellekt

MELANSON, Tony. *What Industry 4.0 Means for Manufacturers*. [online] 2018. aethon.com. [2020-11-25] Dostupné z: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/>

NOVIKOV, V. V. *Osnovi inženernoi psichologii i ergonomiki. Uchebnoe posobie / Volgograd_ 2015.*

ODEGOV, Y. G. *Ergonomika _ uchebnik i praktikum dlya vuzov / Y. G. Odegov M. N. Kulapov V. N. Sidorova. — Moskva Izdatelstvo Yurait, 2020. — 157 s.*

PETRENKO, N. V., *Ergonomika i psihofiziologicheskie osnovi bezopasnosti truda uchebnoe posobie / N.V. Petrenko S.M. Pyatikopov. — Zernograd: Azovo-Chernomorskii inženernii institut FGBOU VO Donskoi GAU 2017, — 191 s.*

PETROV, V. V., RABCEIVICH A. A. *Ergonomika. celi i zadachi ergonomiki. ponyatie_ predmet i obekt ergonomiki // Innovacionnoe razvitie sovremennoi nauki. Sbornik statei Mejdunarodnoi nauchno_ prakticheskoj konferencii v 9 chastyah. Otvetstvennii redaktor A.A. Sukiasyan. 2014. S. 93-95.*

RAMADAN, Rabie. *Big Data Tools-An Overview. International Journal of Computer & Software Engineering [online]. 2017, 2(2) [cit. 2020-12-25]. ISSN 24564451. Dostupné z: doi:10.15344/2456-4451/2017/125*

RANGER, Steve. *What is cloud computing?* [online] 2018. ichip.ru. [2020-10-15] Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/what-is-cloud-computing-everything-you-need-to-know-about-the-cloud/>

SEMENOV, Alexei. *Big Data technologies*. [online] 2020. ichip.ru. [2020-10-30]
Dostupné z: <https://ichip.ru/sovety/kak-rabotaet-3d-printer-prosto-o-slozhnom-311572>

SHEREMETOVA, T. V., MALKOVA T. Y., RYZHIK V.M., PILYUTINA V.M.,
Ergonomika pri peremeschenii pacientov. Sbornik manipulyacii uchebnoe posobie /
T. V. Sheremetova T. Yu. Malkova_ V. M. Rijik V. M. Pilyutina. — 3-e izd. ster. —
Sankt Peterburg Lan 2020. — 128 s.

STATT, Nick. *Boeing is using Google Glass to build airplanes*. [online] 2016.
theverge.com. [2020-10-21] Dostupné z:
[www.theverge.com/2016/7/14/12189574/boeing-google-glass-ar-building-airplane-](http://www.theverge.com/2016/7/14/12189574/boeing-google-glass-ar-building-airplane-parts)
parts

SUPRUNOVA, V.G. *Virtual reality — what is it?*. [online] 2017. tofar.ru. [2020-10-
28] Dostupné z: <http://tofar.ru/article/virtualnaya-realnost.php>

VALIULLINA, L. V. Ponyatie ergonomiki ee celi i zadachi //Innovacionnoe razvitie
sovremennoi nauki. Sbornik statei Mejdunarodnoi nauchno prakticheskoj
konferencii v 9 chastyah. Otvetstvennii redaktor A.A. Sukiasyan. 2014. S. 80-82.

VASILYEVA, I. I. Makroergonomika novie perspektivi ergonomiki // Sistemnaya
psihologiya i sociologiya. 2016. № 4 _20. S. 22_30.

VICHUGOVA, Anna. *Big data*. [online] 2019. bigdataschool.ru. [2020-10-15]
Dostupné z: <https://www.bigdataschool.ru>

Virtual reality. [online] 2018. megabook.ru. [2020-11-01] Dostupné z:
[https://megabook.ru/article/Виртуальная%20реальность%20\(компьютеры%20и%20интернет\)](https://megabook.ru/article/Виртуальная%20реальность%20(компьютеры%20и%20интернет))

What is Augmented reality? [online] 2019. augmentedreality.by. [2020-10-23]
Dostupné z: <https://augmentedreality.by>

What Technologies are Used in IoT – Technology Behind Internet of Things. [online]
2019. avsystem.com. [2020-10-16] Dostupné z:
<https://www.avsystem.com/blog/iot-technology/>

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Účel ergonomie	12
Obr. 2 Hlavní směry ergonomie	16
Obr. 3 Vývoj průmyslové revoluce.....	21
Obr. 4 Exoskelet Guardian XO vyvinutý společností Sarcos Robotics, který zvyšuje sílu člověka dvacetkrát	32
Obr. 5 Nástroj VR ve společnosti Seat.....	35
Obr. 6 Drony společnosti Seat	36
Obr. 7 Sklad Amazonu	37
Obr. 8 3D tištěný palcový chránič.....	39
Obr. 9 Chairless chair v praxi	40
Obr. 10 Práce s Google Glass pro kabelové svazky letadel	42
Obr. 11 Virtuální výroba ve společnosti Ford	44
Obr. 12 SWOT analýza uplatnění nástrojů průmyslu 4.0	55

Seznam tabulek

Tab. 1 Výhody a nevýhody při uplatnění Exoskeleta v automobilovém průmyslu.	47
Tab. 2 Popis druhů exoskeletonů.....	47
Tab. 3 Výhody a nevýhody uplatnění AR v automobilovém průmyslu	49
Tab. 4 Popis druhů chytrých brýlí.....	50
Tab. 5 Výhody a nevýhody 3D tisku v automobilovém průmyslu	51
Tab. 6 Výhody a nevýhody uplatnění robotů v automobilovém průmyslu	53
Tab. 7 Popis druhů skladových robotů	54

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Bc. Syrym Bazarbayev		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců		
NÁZEV PRÁCE	Uplatnění nástrojů průmyslu 4.0 v oblasti ergonomie pracoviště		
VEDOUCÍ PRÁCE	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2021
POČET STRAN	64		
POČET OBRÁZKŮ	12		
POČET TABULEK	7		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Cílem diplomové práce je posléze provedení analýzy současných a vyvíjených nástrojů, technologií a systémů průmyslu 4.0 pro podporu lidské práce ve výrobním průmyslu a vyhodnocení očekávaných výnosů a potenciálních rizik uplatnění identifikovaných technologií pro zlepšení ergonomie lidské práce právě v automobilovém průmyslu. Práce se nejprve zaměří na popis vzniku ergonomie a její historii a zrovnatka na vztah ergonomie vůči průmyslové revoluci. Dojde k podrobnému popisu hlavních nástrojů průmyslové revoluce 4.0. a jejich následnému přínosu pro ergonomii. Praktická část se posléze zaměří na hodnocení a posouzení možného zavedení konkrétních technologií v automobilovém průmyslu. Díky zavedení inovativních technologií lze totiž dosáhnout zvýšení efektivity během současného snížení rizika vzniku úrazů na pracovišti.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Ergonomie, Průmyslová revoluce 4.0, Exoskelet, Skladové roboty, Rozšířena realita		

ANNOTATION

AUTHOR	Bc. Syrym Bazarbayev		
FIELD	Specialization International Supply Chain Management		
THESIS TITLE	Application of Industry 4.0 tools in the field of workplace ergonomics		
SUPERVISOR	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2021
NUMBER OF PAGES	64		
NUMBER OF PICTURES	12		
NUMBER OF TABLES	7		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The aim of the thesis is to analyze the current and developed tools, technologies and systems of Industry 4.0 to support human labor in the manufacturing industry and evaluate the expected benefits and potential risks of applying the identified technologies to improve the ergonomics of human labor in the automotive industry. The work will first focus on the description of the origin of ergonomics and its history, and also on the relationship of ergonomics to the industrial revolution. There will be a detailed description of the main tools of the industrial revolution 4.0. and their subsequent contribution to ergonomics. The practical part will then focus on the evaluation and assessment of the possible introduction of specific technologies in the automotive industry. Thanks to the introduction of innovative technologies, it is possible to achieve an increase in efficiency while reducing the risk of accidents at work.</p>		
KEY WORDS	Ergonomics, Industrial Revolution 4.0, Exoskeleton, Warehouse robots, Augmented reality		