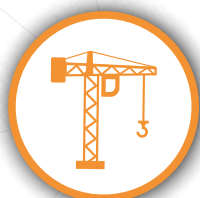
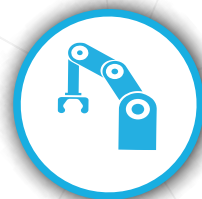


Nové technologie a BOZP

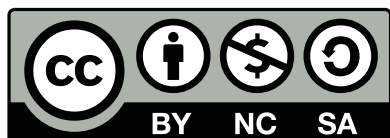
Využití nových technologií
ve vybraných oblastech
pracovních činností





Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu **01-2020-VÚBP Chytré pracoviště pro bezpečnost a ochranu zdraví pracovníků**, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2020–2021.

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons [Uveďte původ – neužívejte komerčně – zachovejte licenci] 4.0 Mezinárodní veřejná licence.



Autoři:

Ing. Kateřina Veselá

Mgr. et Mgr. Josef Senčík

Ing. Jiří Vala, Ph.D.

Ing. Marek Nechvátal

Mgr. Václav Mráz, Ph.D.

Grafická úprava:

Petra Růžičková

První vydání

ISBN: 978-80-87676-47-9

© Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., 2021

Obsah

Předmluva	6
Nové technologie a Průmysl 4.0	8
Big data a umělá inteligence.....	9
Horizontální a vertikální integrace.....	9
Cloud computing.....	9
Rozšířená realita	10
Průmyslový internet věcí	10
Aditivní výroba/3D tisk.....	10
Autonomní roboty.....	10
Simulace/digitální dvojčata	10
Kybernetická bezpečnost	11
Výhody Průmyslu 4.0	12
Zpracovatelský průmysl.....	14
Průmyslové roboty	14
Koboty	15
3D a aditivní výroba.....	16
Rozšířená realita	16
Virtuální realita	18
Logistika	20
Internet věcí.....	21
Analýza big dat	22
Umělá inteligence.....	23
Robotika a automatizace	24
Autonomní vozidla	25
Rozšířená realita a virtuální realita.....	26
Bezpilotní letouny.....	27
Digitální dvojčata	27
Zemědělství	30
Navigační technologie a aplikace s podporou GPS	30
Automatizace a agroboty	31
Drony	34
Virtuální realita	35
Internet věcí (IoT)	35
Robotické farmy.....	36
Lesnictví 4.0	38
LiDAR.....	39
Bezpilotní prostředky.....	40

Stavebnictví	42
Digitalizace informací.....	42
BIM.....	43
Stavební roboty	49
Automatizace staveb	50
Drony	52
Autonomní vozidla	53
Aditivní výroba - 3D tisk.....	55
Inteligentní osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky	58
Druhy inteligentních OOP	61
Inteligentní OOP bez elektronických prvků.....	61
Inteligentní OOP s elektronickými prvky.....	62
Exoskelety	67
Druhy exoskeletů.....	69
Legislativní a normativní rámec zajištění BOZP v souvislosti s novými technologemi v EU a v ČR	72
Právní rámec v EU a v členských zemích.....	72
Právní rámec v ČR	74
Poznámky k využití vybraných technologií z pohledu zajištění BOZP.....	75
Průmyslové roboty.....	75
Koboty	77
3D tisk	79
Rozšířená a virtuální realita.....	81
Autonomní dopravní prostředky.....	82
Drony.....	83
Robotická zařízení v zemědělství.....	84
Stavební roboty	85
Exoskelety.....	86
Slovníček.....	88
Zdroje.....	101

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obr. 1: 9 pilířů průmyslu 4.0.....	8
Graf 1: Vývoj počtu robotizovaných dojících stání na českých farmách.....	32
Obr. 2: Fáze životního cyklu stavby	44
Obr. 3: Společné datové prostředí BIM.....	44
Tab. 1: Přínosy metody BIM pro jednotlivé účastníky stavby	46
Obr. 4: Schéma nových trendů pro automatizaci staveb.....	51
Obr. 5: Rozdělení inteligentních OOP	61
Tab. 2: Identifikace běžných rizikových situací v prostředí pracovníka a elektronických komponent pro prevenci daných rizik.....	64
Tab. 3: Typy exoskeletů a jejich potenciální pozitivní a negativní účinky.....	69

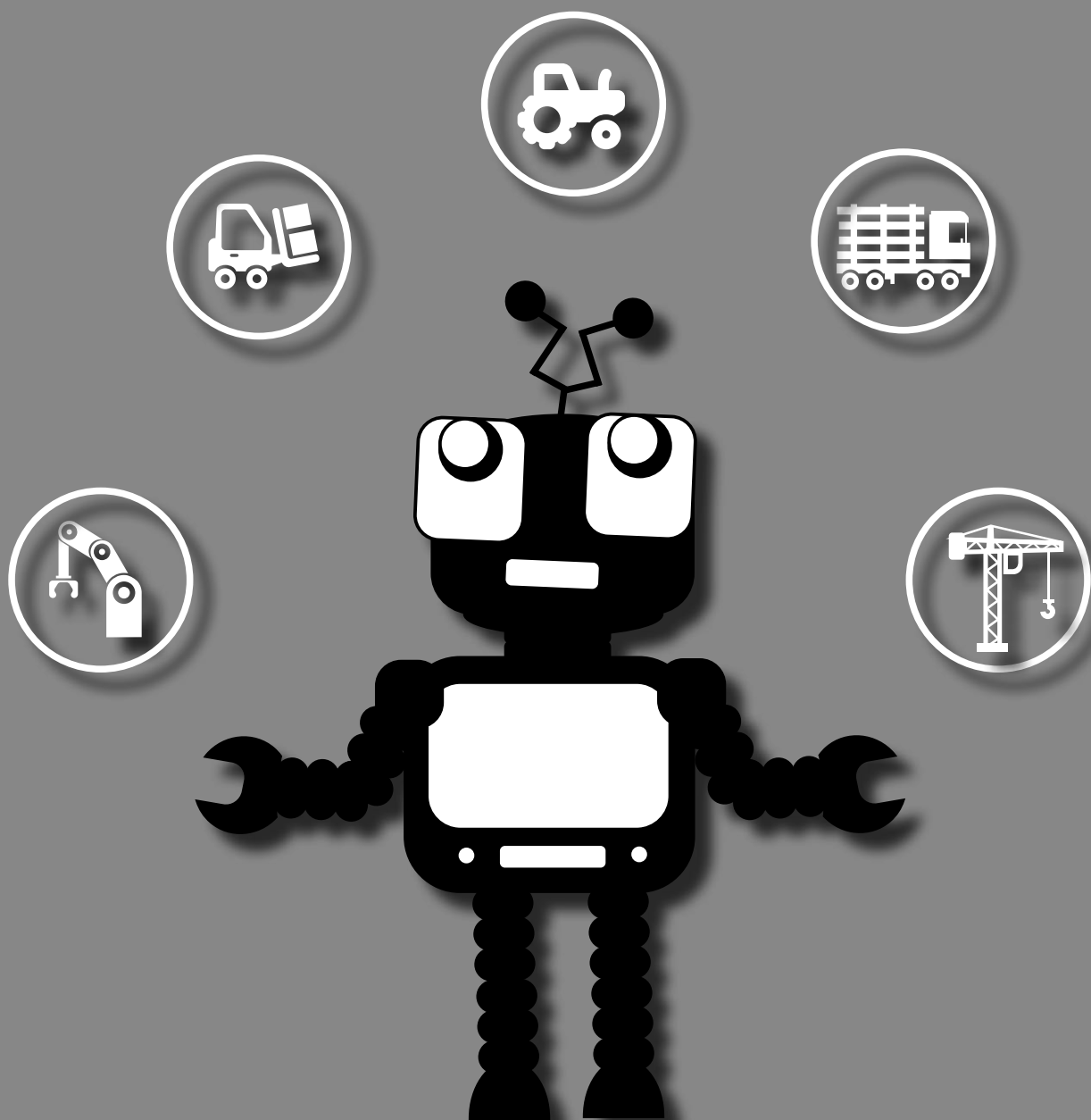
Předmluva

Průmysl 4.0 je velmi aktuální a často diskutované téma. Publikace Nové technologie a BOZP přináší čtenáři základní přehled o vybraných technologiích, které souvisejí s Průmyslem 4.0. Úvodem popisuje základní principy Průmyslu 4.0, které jsou uplatňované též ve vybraných oblastech pracovních činností. Pro účely této publikace bylo vybráno 5 oblastí pracovních činností, které jsou podle dostupných dat v České republice dlouhodobě považované za nejrizikovější. Jedná se konkrétně o oblast zpracovatelského průmyslu, logistiky, zemědělství, lesnictví a stavebnictví.

Publikace obsahuje přehled technologií, které jsou v daných oblastech používány, případně přehled technologií, u kterých je v blízké budoucnosti možné očekávat jejich rozmach. Technologie, kterým byla pozornost věnována, by měly vést ke zvýšení bezpečnosti na pracovištích a zlepšení zdraví pracovníků. Opomenuta není ani oblast inteligentních osobních ochranných prostředků a chytrých pomůcek.

Závěrem je nastíněné téma bezpečnosti na pracovišti související s využitím nových technologií a stručný právní úvod týkající se Průmyslu 4.0.

Úvod do problematiky



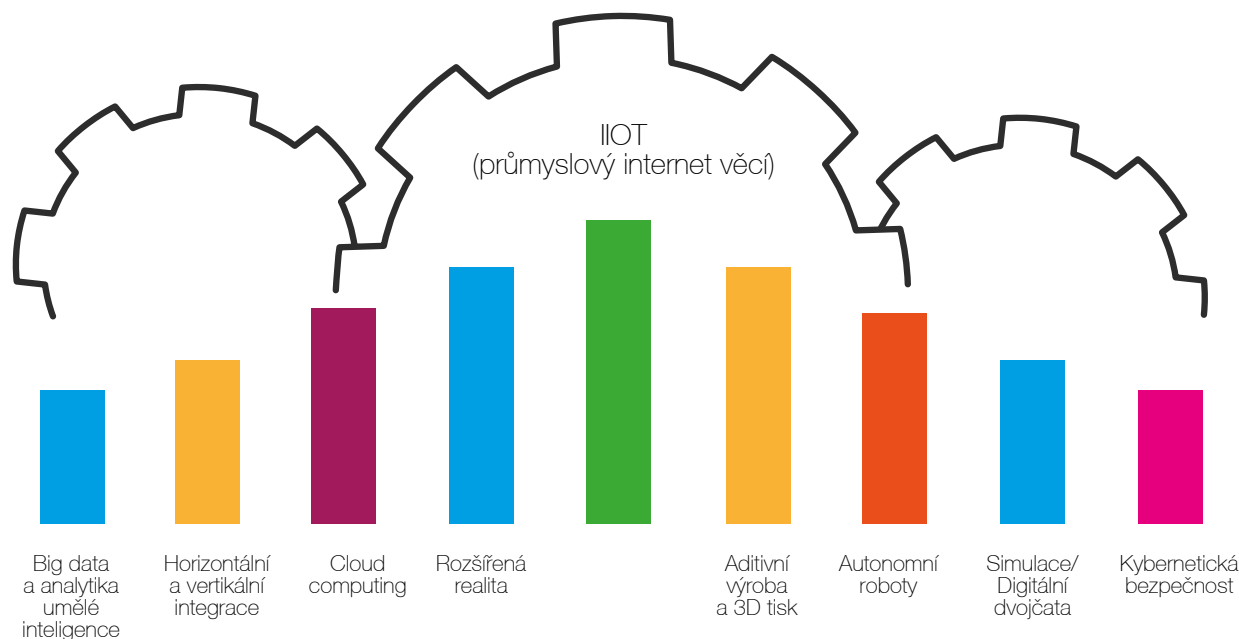
Nové technologie a Průmysl 4.0

Od počátku 19. století lidstvo zažilo tři průmyslové revoluce. S každou přišla nová technologie: mechanika parního stroje, inovace montážní linky a rychlost počítače. Důvodem jejich označení jako průmyslové revoluce bylo to, že inovace nejenom zlepšily produktivitu a efektivitu, ale zcela způsobily revoluci ve způsobu vykonávání práce a výrobě zboží.¹

V současnosti se lidstvo nachází ve čtvrté průmyslové revoluci, neboli Průmyslu 4.0, který posouvá technologie rozvinuté ve třetí průmyslové revoluci a stírá hranici mezi digitálním a biologickým světem. Průmysl 4.0 je poháněn průmyslovým [internetem věcí \(IoT\)](#) a kyberneticko-fyzickými systémy – inteligentními, autonomními systémy, které používají počítačové algoritmy ke sledování a řízení fyzických věcí, jako jsou stroje, roboty a vozidla. Průmysl 4.0 dělá vše v dodavatelském řetězci „inteligentním“ – od inteligentní výroby a továren až po inteligentní sklad a logistiku. Průmysl 4.0 nesouvisí však pouze s dodavatelským řetězcem. Propojuje se s dalšími systémy, jako je například plánování podnikových zdrojů, aby společně poskytl bezprecedentní úroveň viditelnosti a kontroly. Průmysl 4.0 je v konečném důsledku hlavní součástí digitální transformace každé společnosti.¹

Průmysl 4.0 je postaven na devíti technologických pilířích. Tyto inovace překlenou fyzický a digitální svět a umožňují funkci inteligentních a autonomních systémů. Podniky a dodavatelské řetězce již některé z těchto pokročilých technologií používají, ale plný potenciál Průmyslu 4.0 využijí ve chvíli, kdy nové technologie propojí a využijí komplexně.¹

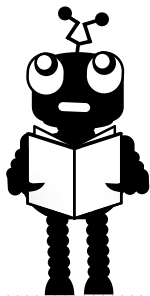
Pilíře Průmyslu 4.0 jsou následovné:



Obr. 1: 9 pilířů Průmyslu 4.0¹

Big data a umělá inteligence

V Průmyslu 4.0 jsou [big data](#) shromažďována z široké škály zdrojů, od továrního vybavení a zařízení [internetu věcí \(IoT\)](#), přes plánování podnikových zdrojů a řešení vztahů se zákazníky, až po meteorologické a dopravní aplikace. Analytika využívající umělou inteligenci (AI) a strojové učení se na data aplikuje v reálném čase a poznatky jsou využity ke zlepšení rozhodování a [automatizace](#) ve všech oblastech řízení dodavatelského řetězce.¹



Big data se rozumí shromážděné datové sady, které jsou tak velké a složité, že ke zpracování vyžadují nové technologie, například umělou inteligenci. Data pocházejí z mnoha různých zdrojů. Často jsou stejného typu, ale může se jednat také o kombinaci různých typů dat.

Horizontální a vertikální integrace

Páteří Průmyslu 4.0 je [horizontální a vertikální integrace](#).⁴ Horizontální integrace napříč dodavatelským řetězcem propojuje všechny články dodavatelsko-odběratelského hodnototvorného řetězce, od dodavatelů, přes výrobce, až po distribuci ke koncovému zákazníkovi a následný servis. Sdílení informací a dat napříč dodavatelským řetězcem zvyšuje flexibilitu celého procesu, optimalizuje výši zásob a výrazně snižuje výrobní náklady. Vertikální integrací se rozumí provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. Rámcem vertikální integrace je primárně samotný výrobní podnik.²

Cloud computing

[Cloud computing](#) je velkým aktivátorem Průmyslu 4.0 a digitální transformace. Poskytuje výpočetní služby včetně serverů, úložišť, databází, sítí, softwaru, analytických nástrojů a inteligentních funkcí přes internet („cloud“) a nabízí rychlejší inovace, flexibilitu prostředků a cenové výhody. Obvykle zákazník platí jenom za cloudové služby, které skutečně využije, což pomáhá snižovat provozní náklady, efektivněji provozovat infrastrukturu s ohledem na měnící se obchodní potřeby.³ [Cloud computing](#) takto poskytuje základ pro nejpokročilejší technologie – od AI a strojového učení až po internet věcí – a poskytuje podnikům prostředky k inovacím. Data, která slouží technologiím Průmyslu 4.0, jsou umístěna v cloudu a [kyberneticko-fyzikální systémy](#) v jádru Průmyslu 4.0 používají cloud ke komunikaci a koordinaci.¹

Rozšířená realita

[Rozšířená realita \(AR\)](#), která překrývá digitální obsah v reálném prostředí, je základním konceptem Průmyslu 4.0. Systém AR používají zaměstnanci například v chytrých brýlích nebo v mobilních zařízeních k vizualizaci dat IoT v reálném čase, digitalizovaných dílů, pokynů k opravě i montáži nebo tréninkového obsahu. AR má zásadní přínos pro údržbu, servis a zajištění kvality produktů, stejně jako školení a bezpečnost techniků.¹

Průmyslový internet věcí

Internet věcí, přesněji průmyslový internet věcí, je pro Průmysl 4.0 tak zásadní, že se tyto dva termíny používají často jako synonyma. Většina fyzických věcí v Průmyslu 4.0 (zařízení, roboty, stroje, produkty) používá senzory a značky [RFID](#) k poskytování dat v reálném čase o jejich stavu, výkonu nebo umístění. Tato technologie umožňuje společně provozovat hladké fungování všech částí dodavatelského řetězce, rychle navrhovat a upravovat produkty, předcházet prostojům, držet se preferencí spotřebitelů, sledovat produkty a zásoby a mnoho dalšího.¹

Aditivní výroba/3D tisk

[Aditivní výroba](#) neboli 3D tisk je další klíčovou technologií, která pohání Průmysl 4.0. 3D tisk byl zpočátku používán jako rychlý nástroj na výrobu prototypů, ale nyní nabízí širší škálu aplikací, a to od masového přizpůsobení až po distribuovanou výrobu. Například s 3D tiskem mohou být díly a výrobky uloženy jako konstrukční soubory ve virtuálních skladech a v případě potřeby vytištěny na vyžádání, což snižuje přepravní vzdálenosti i náklady.¹

Autonomní roboty

S Průmyslem 4.0 se objevuje nová generace autonomních robotů. [Autonomní roboty](#), naprogramovány k provádění úkolů s minimálním lidským zásahem, se značně liší velikostí a funkcí. Tyto roboty jsou vybaveny špičkovým softwarem, AI, senzory a strojovým viděním. Jsou schopny provádět obtížné úkoly. Dokáží rozpoznat věci, analyzovat je a jednat na základě informací, které obdrží ze svého okolí.¹

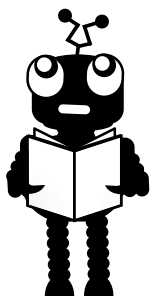
Simulace/digitální dvojčata

[Digitální dvojče](#) je virtuální simulace reálného stroje, produktu, procesu nebo systému založená na datech senzorů IoT. Tato základní součást Průmyslu 4.0 umožňuje podnikům lépe porozumět, analyzovat a zlepšovat výkon a údržbu

průmyslových systémů a produktů. Pracovník může například pomocí digitálního dvojčete identifikovat konkrétní nefunkční součást, předvídat potenciální problémy a zlepšit provozuschopnost systému.¹

Kybernetická bezpečnost

S rostoucí propojeností a využíváním velkých objemů dat v Průmyslu 4.0 je efektivní [kybernetická bezpečnost](#) na prvním místě. Zavedením modelu nulové důvěry a technologií, jako je strojové učení a [blockchain](#), mohou společnosti automatizovat detekci hrozeb, jejich prevenci a reakci na ně, a minimalizovat tak riziko narušení dat a zpoždění výroby ve svých sítích.¹



[Blockchain](#) je distribuovaná decentralizovaná databáze, ve které se uchovává stále se rozšiřující řetězec časově po sobě jdoucích záznamů, a chrání ho proti neoprávněným změnám.

Výhody Průmyslu 4.0

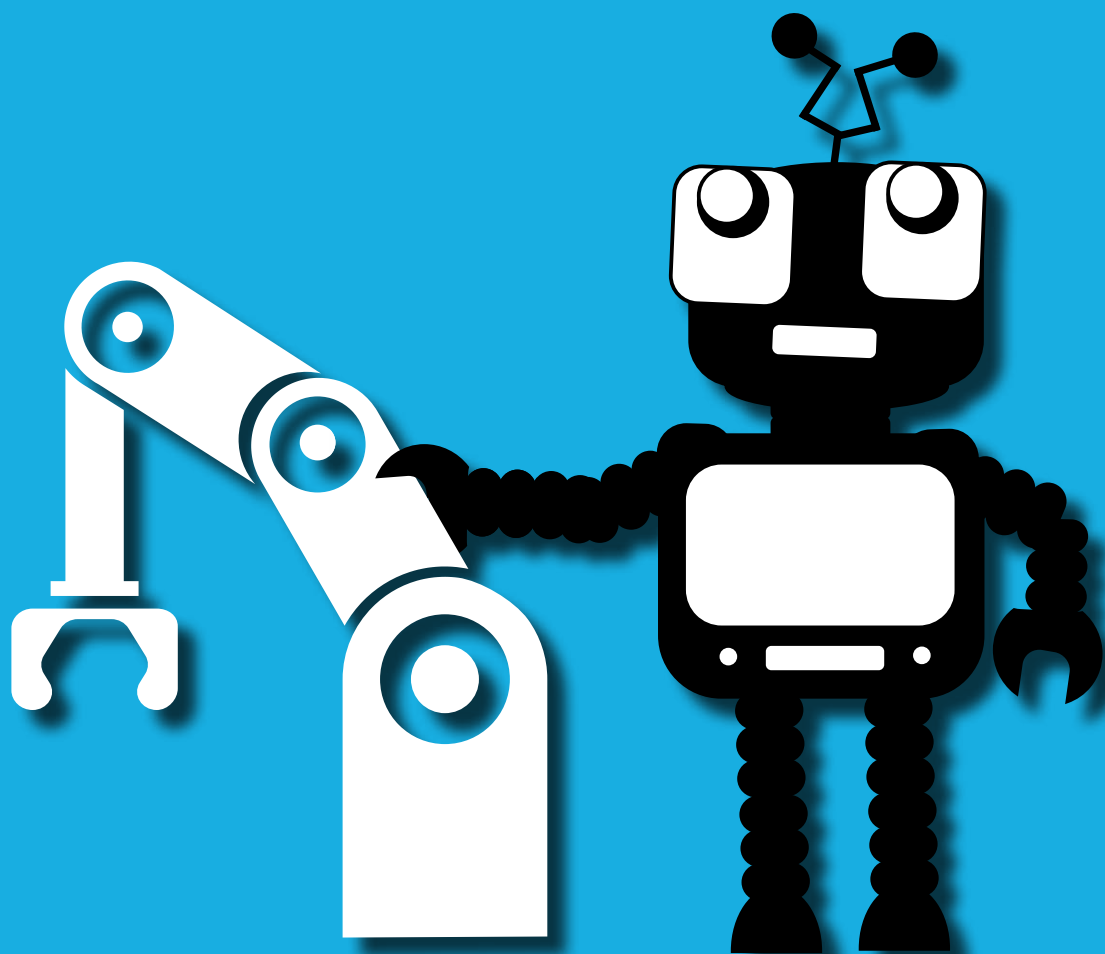
Průmysl 4.0 přináší mnoho výhod. Jednou z nich je vývoj propojených produktů s vlastním vědomím, které jsou schopné sdílet informace o jejich stavu, umístění, úrovni využití, podmínkách úložiště a dalších. Data, která tyto chytré produkty sdílejí, pomáhají zlepšit vše od kvality produktů a zákaznických služeb až po logistiku, výzkum a vývoj. Mohou také předvídat potřeby služeb, přijímat vzdálené upgrady a otevírat dveře novým obchodním modelům založeným na službách. Dokonalejším použitím propojených produktů jsou chytré továrny (továrny 4.0) – vysoce digitalizovaná, převážně autonomní zařízení, která plně využívají pokročilých technologií, jako jsou [big data](#), [umělá inteligence](#), robotika, analytika a IoT. Tyto továrny se samy přizpůsobují měnícím se podmínkám, využívají inteligentní výrobní procesy 4.0 a umožňují nákladově efektivně a ve velkém měřítku dodávat výrobky na míru.¹

V praxi téměř každý fyzický majetek má vestavěné senzory a stávají se z nich inteligentní aktiva. Díky inteligentním aktivům mohou pracovníci sledovat jejich výkonnost v reálném čase, předvídat prostoje a předcházet jim, využívat dynamickou a prediktivní údržbu, využívat výhod digitálních dvojčat a úzce integrovat aktiva a podnikové procesy.¹ Používání špičkových zařízení IoT v inteligentních továrnách vede k vyšší produktivitě a lepší kvalitě. Využívání AI snižuje výrobní chyby a šetří peníze a čas. S minimální investicí mohou pracovníci kontroly pomocí chytrého telefonu nebo tabletu sledovat výrobní procesy prakticky odkudkoli. Použitím algoritmů strojového učení mohou uživatelé detekovat chyby okamžitě, nikoli v pozdějších fázích, kdy jsou opravné práce dražší.⁴

Nové technologie Průmyslu 4.0 poskytují také nové pracovní příležitosti, zjednodušují práci a zlepšují bezpečnost zaměstnanců. Díky sensorům a IoT mají pracovníci k dispozici mnoho informací o jednotlivých procesech na pracovišti. Na základě těchto informací mohou dělat rychlá rozhodnutí a řešit problémy, jakmile se objeví. Nositelná zařízení a aplikace pro rozšířenou realitu rovněž umožňují sledovat jejich zdravotní stav a snižovat bezpečnostní rizika.¹

Průmysl 4.0 a jeho principy ovlivňují mnoho odvětví, jako je zpracovatelský průmysl, zemědělství, lesnictví, stavebnictví, logistika a další. V této souvislosti mluvíme o Zemědělství 4.0, Lesnictví 4.0, Stavebnictví 4.0 a Logistice 4.0 a podobně. Některým z těchto odvětví bude věnována pozornost v dalších kapitolách.

Průmysl



Zpracovatelský průmysl

Zpracovatelský průmysl je ve většině zemí významným segmentem ekonomiky, který je důležitým nositelem rozvoje technologií, znalostí a pracovních příležitostí. V České republice má dlouholetou tradici. V roce 2018 působilo ve zpracovatelském průmyslu 179 567 podniků (podnikatelských subjektů). Z toho 92,9 % tvořily mikropodniky, malé a střední podniky 6,6 % a velké podniky 0,5 %.⁵

Zaměstnavatelé jsou tlačeni k digitalizaci a robotizaci zvyšujícími se nároky na osobní náklady, kdy neustále roste a zrychluje se vývoj průměrné mzdy, ale oproti tomu produktivita práce stagnuje. Náhrada lidské práce stroji začíná být pro zaměstnavatele finančně výhodnější. Přináší jim také větší konkurenceschopnost na trhu.⁵

Kvůli výše zmíněným důvodům a charakteru práce začíná být používání nových technologií ve zpracovatelském průmyslu běžným standardem. Vykonávaná činnost je převážně zautomatizovaná, používání průmyslových robotů a [kobotů](#) začíná být běžnou praxí. Dalšími používanými technologiemi jsou internet věcí, 3D tisk, rozšířená a [virtuální realita](#) a další.

Průmyslové roboty

Využívání robotů ve zpracovatelském průmyslu je velmi rozšířené. Užití robotů snižuje podíl lidské práce, zvyšuje efektivitu a umožňuje pružně reagovat na kolísání kapacitních požadavků na výrobu.⁵ Podle klasifikace se roboty dělí do dvou skupin – průmyslové (rutinní) roboty a servisní (adaptivní) roboty.⁸ [Průmyslové roboty](#) jsou naprogramovány na jednu danou činnost, oproti tomu servisní roboty vykonávají své úkony částečně nebo plně automaticky, jsou schopné přizpůsobit se a učit se ze zkušeností.⁵

Roboty nacházejí uplatnění především v hromadné výrobě a představují významný prostředek pro zvýšení produktivity. V současnosti jsou výrobní linky v České republice vybaveny především roboty, které jsou navrženy pro specifické úkony v rámci výrobního procesu; nejsou obvykle univerzální, nemají schopnost rozhodovat se autonomně, nemají žádnou nebo mají omezenou inteligenci. Velké firmy se na robotizaci soustřeďují a zavádějí ji z důvodu zkvalitnění produkce a úspory pracovních sil. Roboty jsou v ČR nejintenzivněji využívány při výrobě motorových vozidel, kde podniky s nasazenými roboty tvoří přes 90 % tržeb. Dalším odvětvím s velkým nasazením robotů je výroba elektrických zařízení a výroba pryžových a plastových výrobků, kde podniky s roboty generují přes 65 % tržeb. Podíl podniků využívajících roboty na tržbách činí 59,3 %.⁵

Zvýšené využívání robotů v továrnách vychází z řady důvodů souvisejících s vývojem inovativních technologií, a to jak hardwaru, tak softwaru, které se používají v robotech. Jedná se například o miniaturizaci součástí, nové materiály, pokročilé systémy senzory, posílení řídicího softwaru a další. Všechny tyto aspekty přispívají k vývoji robotů se stále vyššími výkony, pokud jde o rychlost a přesnost, spolehlivost a snadné používání. Řídicí jednotka robota se stala výkonnější a je připravena vykonávat další úkoly, jako jsou operace související s bezpečností. Současně se zlepšila mechanika díky mnohem vyšší přesnosti. Programování robota je většinou velmi jednoduché. Dokonce i pracovníci bez předchozího vzdělání se velmi rychle naučí robota programovat, většinou mají na výběr z několika jazyků.⁸

Jednou z hlavních výhod spojených s robotikou je zlepšování pracovních podmínek zaměstnanců zamezením vystavení nebezpečné práci nebo možnost vykonávat opakující se úkoly. Roboty místo lidí provádějí nezdravé, zdouhavé nebo nebezpečné práce, čímž se zabrání vystavení lidí nebezpečným látkám a podmínkám, a dochází tak ke snižování fyzických, ergonomických a psychosociálních rizik.⁹

Robotika se na druhou stranu jeví jako nový zdroj bezpečnostních rizik. Například v roce 2003 ve Francii trestní soud nejvyššího soudu ve svém rozhodnutí odsoudil ředitele a dozor nad výrobním závodem nejmenované společnosti za smrt pracovníka, který byl rozdrcen mezi mobilní částí robota, který byl instalován na hydraulickém lisu a formou, se kterou tento lis pracoval. V roce 2015 došlo v České republice ke smrtelnému pracovnímu úrazu přímo souvisejícím s prací s robotem. Postiženým pracovníkem byl externí dodavatel, který spolu s kolegou robota instaloval. Při této činnosti jej robotické rameno zasáhlo do hrudi a rozdrtilo ho o kovovou desku. Není jasné, zda určující příčinou nehody byl stroj nebo lidská chyba.⁹ Zmíněné události jsou příkladem, kdy je zapotřebí si uvědomit, že spolupráci a využívání robotů nelze v otázkách bezpečnosti podceňovat a je nutné takovýmto událostem předcházet.

Koboty

Podle International Federation of Robotics (IFR) jsou **koboty** (spolupracující **průmyslové roboty**) třídou robotů určených k provádění úkolů ve spolupráci s pracovníky v průmyslových odvětvích. Na základě údajů o prodeji robotů IFR uvádí, že v roce 2019 tvořily **koboty** 4,8 % instalovaných jednotek průmyslových robotů. Od roku 2018 do roku 2019 se zvýšil jejich počet o více než 11 %.¹⁰

Na rozdíl od běžných průmyslových robotů jsou **koboty** navrženy pro přímou spolupráci s lidmi (Human-robot partnership /HRC/). Konvenční **průmyslové roboty** obvykle nejsou příliš citlivé, a proto se z bezpečnostních důvodů instalují

za ochranné ploty. U [kobotů](#) tak nákladná strukturální opatření nejsou nutná. [Kobot](#) musí vždy pracovat tak, aby nebyli ohroženi jeho lidští spolupracovníci. Tuto bezpečnost zajišťují senzory robota. Pokud některý z těchto senzorů detekuje nežádoucí kontakt s okolním předmětem/osobou, robot se okamžitě zastaví. Kromě toho bývá robot navržen zcela s hladkými tvary, čímž se snižuje potenciální nebezpečí pro člověka.¹¹

Výsledná přímá spolupráce mezi lidmi a roboty nabízí řadu výhod: lidé jsou vysoce flexibilní a mohou se velmi rychle přizpůsobit novým situacím. Roboty pracují s konzistentní přesností. Koncept HRC kombinuje příslušné silné stránky lidí a robotů. [Koboty](#) navíc umožňují zcela nové výrobní procesy. Odstranění bezpečnostních zařízení, jako jsou ploty, také snižuje prostorové nároky. Pevné výrobní linky se tak stávají zastaralými a vytvářejí se flexibilní výrobní ostrovy, které jsou rovněž schopné vyrábět různé výrobky. [Koboty](#) navíc lidem ulehčují nejen namáhavou práci, ale také monotónní a často se opakující činnosti. Zaměstnanci již nemusí vykonávat ergonomicky nepříznivé úkoly, což pomáhá předcházet nemocem z povolání.¹¹

3D a aditivní výroba

3D tisk je technologií, kdy se podle předem připravených plánů vytvářejí výrobky z různých materiálů. V současnosti je nejrozšířenější využití plastu, ze kterého se vytvářejí buď prototypy a vzorky pro testování, nebo výrobky pro konečného spotřebitele, které mohou být individuálně přizpůsobeny požadované velikosti, vkusu nebo dalším požadavkům zákazníka.

Podniků, které 3D tisk využívají, je v České republice poměrně málo. 3D tiskárny jsou využívány hlavně podniky s velkými tržbami, aktivy, mnoha zaměstnanci a vytvářejícími velkou přidanou hodnotu. Většina z nich používá své vlastní tiskárny. Rozšíření a využití 3D tisku je zatím poměrně nízké. 3D tisk je nová technologie, a není tak univerzálně aplikovatelná do všech oblastí zpracovatelského průmyslu jako ostatní digitální technologie, proto je její nasazení ve srovnání s ostatními technologiemi menší.⁵

Rozšířená realita

[Rozšířená realita \(AR\)](#) zatím není v průmyslové praxi běžně používaná, ale má veliký potenciál pro budoucí využití. To je dáno tím, že teprve v posledních několika letech dosáhl vývoj vhodného hardwarového vybavení úrovně potřebné pro AR, současně došlo k nárůstu výkonu mobilních zařízení (chytřé telefony, tablety) a objevily se dostatečně lehké a průhledové brýle a náhlavní soupravy (head-mounted display).²

Pro kombinování reality a její rozšíření se používají dva principy:²

1. Video see-through (pomocí mobilního telefonu, tabletu)

- generované vizuální objekty jsou vkládány do videosignálu zasílaného na obrazovku
- **pozitiva:** rozšíření reality je vizuálně přesnější, záběr ze zařízení není vždy totožný s pohledem uživatele
- **negativa:** zařízení je třeba držet v ruce či pomocí držáků, obraz na obrazovce může být mírně opožděn oproti pohledu na reálný svět

2. Optical see-through (pomocí průhledových brýlí, náhlavních displejů)

- vizuální informace jsou přidávány přímo do zorného pole uživatele
- **pozitiva:** uživatel má volné ruce
- **negativa:** při rychlých změnách pohledu může docházet k rušivým chybám vizuální synchronizace

Z technického hlediska musí systémy AR řešit v reálném čase dva problémy – kde se uživatel nachází a co sleduje. Využívá se kombinace senzorů (gyroskopy, akcelerometry, Wi-Fi a bluetooth) a především výpočetně náročných algoritmů. V průmyslu se AR používá dosud jen v testovacích případech, v běžném provozu se zatím nevyskytuje.² AR má však obrovský potenciál využití například při:

1. provádění odborných činností a servisu, kdy jsou méně zkušení zaměstnanci naváděni od zkušenějších kolegů;
2. provádění odborných činností, servisu, kdy je postup a manuál promítán zaměstnanci přes AR nebo je mu manuál automaticky překládán;
3. Value-services (VAS – služba s přidanou hodnotou), kdy pracovníci dodavatele provádějící montáž zařízení od subdodavatelů jsou přes AR navigováni a kontrolováni. Tím pádem je na ně kladeno méně nároků a mohou provádět více druhů montáží;
4. vizualizaci stavu věcí.²

Současně se zkoumá dopad rozšířené reality, hlavně v souvislosti s používáním chytrých brýlí, na bezpečnost a zdraví zaměstnanců. Nová rizika se týkají zhoršování neurologického stresu v důsledku promítání obrazu z chytrých brýlí pouze do jednoho oka při častém používání (po celou pracovní dobu), duševního stresu způsobeného nedostatkem autonomie pracovníků a sociální izolace. Z toho vyplývá, že je nutná standardizace a regulace používání rozšířené reality. V Německu vláda již vydala vyhlášku, kde je formulováno omezení používání této nové technologie při práci. Vyhláška stanovuje, že používání nových typů VDU (Video Display Unit – Video zobrazovací jednotka), které již nerozlišují mezi

vstupem zařízení a displejem, lze provozovat pouze na pracovištích, na kterých se zařízení používají pouze krátce, nebo na kterém nemohou být pracovní úkoly prováděné s použitím jiných VDU.¹³

Virtuální realita

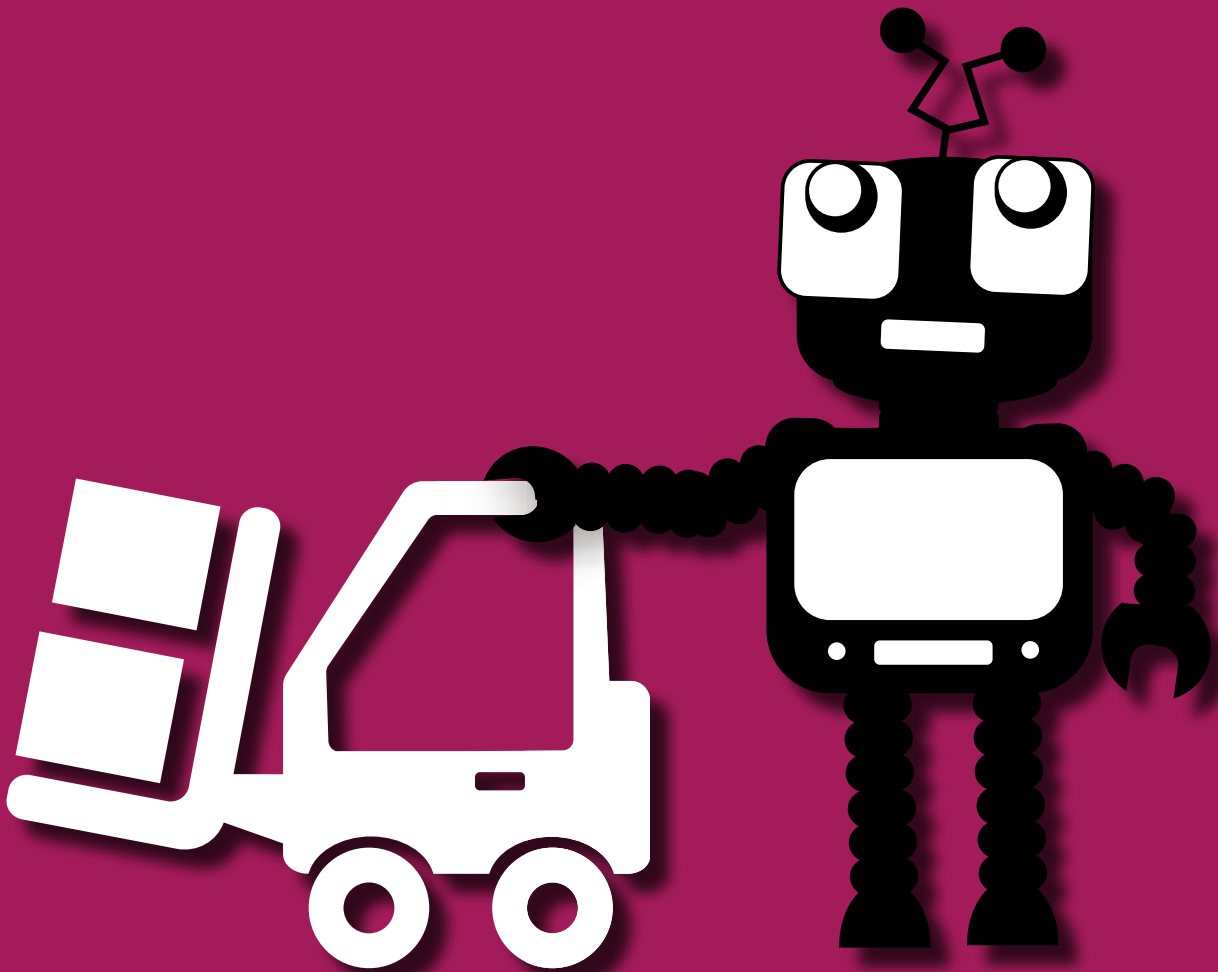
Virtuální realita (VR) má schopnost vytvářet a integrovat jakýkoli druh pracovního prostředí, přepracovat ho, znovu otestovat a vylepšit jej. Na pracovišti díky tomu dochází například k vylepšení pracovních procesů, zlepšení ergonomie nebo zvýšení bezpečnosti bez zbytečných nákladů. Ve zpracovatelském průmyslu se tato technologie používá zatím zřídka.¹⁴

Hlavní přínosy VR v tomto odvětví jsou tyto:¹⁸

1. navrhování a zlepšování výrobních procesů,
2. analýza produktů v raných fázích návrhu,
3. konfigurace robotické výroby,
4. monitorování a dohled na dálku nad procesy a aplikacemi,
5. interaktivní virtuální simulace při školení operátorů ve složitých montážních úkolech ve fázi montáže produktu,
6. vizualizace a virtuální použití prvků mimo dosah uživatele a bezpečné používání nebezpečných zařízení,
7. interaktivní školení BOZP a PO.

Jednou z nevýhod implementace VR je to, že uživatelé mohou mít po používání VR zdravotní potíže, zejména různé příznaky podobné kinetóze (nemoci z pohybu) – dezorientaci, nevolnost, bledost, pocení a bolesti hlavy vedoucí ke zvracení. Vychází ze situace, kdy vjem pohybu vestibulárním systémem nesouhlasí s vizuálními vjemy, tzn., že sluchové a vizuální senzory dávají signály, že se jedinec pohybuje ve skutečném prostoru, zatímco vnitřní ucho není schopné detekovat odpovídající pohyb. Mnoho z těchto krátkodobých vedlejších účinků a problémů bylo sníženo vhodnou technologií a řešením.¹⁴

Logistika



Logistika

Logistika 4.0 se zaměřuje na využívání nových inovativních technologií v logistických procesech. Jejím cílem je především [automatizace](#) jednotlivých logistických procesů a optimalizace těchto klíčových prvků: spolehlivost, kvalita a flexibilita dodávek, schopnost reagovat na poptávku. Aby bylo možné dosáhnout uvedených cílů, musí společnosti v rámci Logistiky 4.0 vytvářet nové koncepty plánování a řízení i kontroly, které jsou zaměřené na interní i externí procesy.¹⁸

Hlavní aplikace nových technologií v oblasti logistiky lze rozřadit do čtyř skupin:

1. Podpora rozhodování

Týká se potenciálu umělé inteligence a analýzy big dat zautomatizovat rozhodovací procesy nebo podpory rozhodování pracovníků pomocí přístupu založeného na datech.

2. Identifikace a propojení

Týká se technologií IIoT a inteligentních senzorů, které jsou schopny jednoznačně identifikovat výrobky a materiály a následně zlepšit sledování a dohledávání výrobků uvnitř i vně podniků.

3. Bezproblémový tok informací

Týká se integrace IT systémů (nebo [vertikální integrace](#)), která využívá také [cloud computing](#), aby poskytla přístup k datům a informacím z různých zdrojů v reálném čase, a umožnila tak pohotovější plánování a rozvrhování výroby v reálném čase.

4. Automatizace, robotizace a nové výrobní technologie

Týkají se zavádění nových zařízení a inteligentních/chytrých dopravních systémů schopných nahradit nebo podpořit lidskou práci při manuálních operacích.¹⁶

Technologie Průmyslu 4.0 mohou aktivně podporovat logistiku jak v řídicích činnostech, které se zabývají především plánováním zdrojů, tak ve fyzických operacích, které se týkají například manipulace s materiálem, skladování nebo dopravy. Ve všech oblastech logistiky, které mohou těžit ze zavádění technologických inovací, však vyvstávají určité otázky dopadů těchto technologií na lidskou práci.¹⁶

Logistického operátora 4.0 lze definovat jako vysoce kvalifikovaného pracovníka, který vykonává nejen kooperativní práci s roboty, ale také práci podporovanou stroji podle potřeby. Nově dostupné technologické prostředky pomáhají operátorům při fyzické a kognitivní práci třemi možnými způsoby:

- 1. asistovaná práce** – kdy operátoři stále vykonávají klíčové úkoly a činí klíčová rozhodnutí, ale opakující se standardizované úkoly nebo rozhodnutí za ně vykonává nositelné zařízení, [koboty](#) nebo [umělá inteligence](#);
- 2. kolaborativní práce** – kdy operátoři pracují bok po boku s [koboty](#) a umělou inteligencí, přičemž každý z nich vykonává úkoly, ve kterých je nejlepší, a vzájemně se podporují;
- 3. rozšířená práce** – kdy operátoři využívají technologie (tj. např. nositelná zařízení) k rozšíření svých fyzických a kognitivních schopností.¹⁶

Logističtí operátoři využívají nové technologie k vykonávání monotónních, nečistých či nebezpečných prací.¹⁶

Internet věcí

V posledních několika letech se internet věcí a data, která shromažďuje, staly osvědčenými hnacími silami k dosažení vyšší efektivity a lepší kvality služeb pro logistický průmysl. V současnosti je zaznamenán zvýšený počet použití senzorů oproti minulosti, předpisy se staly vstřícnějšími k uživatelům a vzhledem ke sníženým nákladům se senzory a systémy IoT obecně staly pro provozovatele logistiky atraktivnějšími než kdykoli předtím. Navíc s pokročilejší technologií se snižuje i velikost zařízení. Zmenšení senzorů na velikost v řádech milimetrů umožnilo shromažďovat data o součástech, kde doposud umístění senzorů překáželo.¹⁷

IoT má potenciál připojit prakticky cokoli k internetu a urychlit logistiku řízenou daty. Jakékoliv předměty nyní mohou odesílat, přijímat, zpracovávat a ukládat informace, a tak se aktivně podílet na logistických procesech řízených autonomně na základě událostí. IoT slibuje poskytovatelům logistiky dalekosáhlé výhody, které zrychlují změny a nová řešení. IoT překonává složitost logistických sítí. V tomto kontextu se hovoří o inteligentních zásilkách. Balené zboží může překročit několik hranic různých států prostřednictvím různých druhů dopravy, přičemž je zařízení IoT doprovází, aby zboží splňovalo různé právní a fyzické požadavky a zároveň udržuje jeho digitální připojení s operátorem. Funkcí IoT je například monitorování polohy, teploty, nárazů, zrychlení, světla a poškození, a to do té míry, že snímače přepravy jsou nyní součástí dodavatelských řetězců mnoha společností.¹⁷

Nejběžnější aplikací IoT jsou připojené datové zdroje. Disponují vyšší hodnotou, delší životností a zároveň menší mobilitou. Případy počátečního použití se zaměřovaly na větší a dražší aktiva, jako jsou vozidla v systému správy vozového parku, ale logistický průmysl nyní rozšiřuje využití senzorů na menší a někdy složitější aktiva, jako jsou odesílané produkty. Příkladem je spojení

společnosti DHL se společnostmi Alps Electric Europe za účelem vyvinutí nízko profilového senzoru na míru pro sledování válečkových klecí v zařízeních DHL a mezi nimi. Senzory využívající síť s nízkým výkonem pro připojení a firmware optimalizovaný pro minimální spotřebu energie mohou být trvale připojeny k válečkovým klecím po celou dobu jejich životnosti, tj. až 15 let.¹⁷

IoT je v logistice zavedený a neustále rozvíjený. Díky možnosti monitorovat, sledovat a pracovat s datovými zdroji prostřednictvím bezdrátových připojení budou dodavatelské řetězce rychlejší, flexibilnější, efektivnější, předvídatelnější a odolnější.¹⁷

Analýza big dat

Logistika se transformuje prostřednictvím analýz založených na sesbíraných datech. Díky obrovskému stupni digitální transformace a internetu věcí lze velké množství dat zachytit z různých zdrojů dodavatelského řetězce. Využitím jeho hodnoty se nabízí obrovský potenciál ke zvýšení provozní efektivity, zlepšení zákaznické zkušenosti, snížení rizika a vytvoření nových obchodních modelů. Rychlá změna podnikového úložiště dat z tradičních na cloud navíc poskytuje větší flexibilitu při efektivním škálování úložného a výpočetního výkonu pro všechna shromážděná data.¹⁷

Potřeba predikce vývoje trhu je stále naléhavější. Covid-19 způsobil bezprecedentní nejistotu v dodavatelských řetězcích po celém světě, která ovlivňuje způsob přepravy zboží a mění poptávku a chování spotřebitelů. Analýza big dat je klíčem k odhalení skrytých problémů v dodavatelských řetězcích a nově se objevujících trendů, které dosud nejsou tak zřejmé.¹⁷

Optimalizace a simulace procesů v reálném čase jsou stále důležitějšími nástroji pro řízení dodavatelského řetězce. S rostoucí celosvětovou složitostí je schopnost provozovat globální dodavatelské řetězce s maximální efektivitou stále náročnější. Provozovatelé skladů a manažeři dodavatelského řetězce se mohou díky analýze dat lépe rozhodovat na základě podrobného přehledu procesů, jako je správa objednávek, úrovně zásob a využití zdrojů. Odhalením vzorců a anomálií v datech v reálném čase mohou operátoři provádět například přidělení optimálního počtu zaměstnanců k určitým úkolům ve skladu, seskupit podobné objednávky, aby bylo vyskladnění co nejefektivnější, a určit optimální počet zaměstnanců a zboží na skladě.¹⁷

Simulační modely posouvají optimalizaci dodavatelského řetězce o krok dále tím, že umožňují plánovačům logistiky testovat dopad různých změn a scénářů, které by mohly být nákladné, kdyby byly reálně vyzkoušeny. Simulace pomáhají

zodpovědět otázky týkající se služeb, nákladů a rizik v různých scénářích, a to od zkoumání konsolidace distribučních center až po testování nových doručovacích tras. Vytváření složitých modelů dodavatelského řetězce se stovkami až miliony subjektů a aktivit není triviální úkol, ale společnosti mohou využít analytiku, aby pomohly vyplnit různé proměnné, jako jsou vstupní a odvozené modely prognóz. Výstup pak může informovat o budoucích strategiích a politikách.¹⁷

Umělá inteligence

Umělá inteligence (AI) nachází silné přijetí v rámci logistiky díky paralelnímu pokroku strojového učení, výpočetního výkonu a analýzy big dat. AI zlepšuje efektivitu dodavatelského řetězce díky svým možnostem predikce a rozpoznávání možných vizí, řízení inteligentní automatizace pracovních postupů a poskytování nových zákaznických zkušeností. AI se stala v posledních několika letech nejvyšší prioritou pro podniky napříč průmyslovými odvětvími a dokonce i pro vládní orgány státní správy. 83 % vedoucích pracovníků ve 21 průmyslových odvětvích se domnívá, že AI je strategickou prioritou jejich podnikání. Pokud jde o logistický průmysl, je zde předpoklad, že téměř třetina hodnoty, kterou má AI vytvořit v příštích 20 letech, bude výsledkem použití této technologie v dodavatelských řetězcích. AI pracuje s funkcemi, jako jsou inteligentní počítačové vidění, kognitivní automatizace a prediktivní logistika.¹⁷

Inteligentní počítačové vidění je na vzestupu od roku 2012, kdy se podařilo dosáhnout významného průlomu v oblasti hlubokého učení. Pokroky umožnily logistickým skenovacím, dohledovým a automatizačním systémům efektivně „vidět“, analyzovat a identifikovat obsah obrazu nebo videa a na základě tohoto obsahu pracovat. To změnilo způsob, jakým jsou zásilky určovány, i způsob, jakým jsou kontrolovány.¹⁷

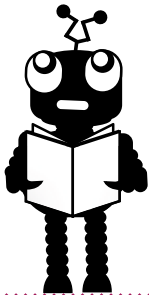
Automatizace kognitivních pracovních postupů má značný potenciál pro zefektivnění složité práce back office, která je hnací silou globálního obchodu. Globální přeprava zboží je obdobou štafetového závodu s desítkami předávacích míst a novými dokumenty, které přibývají na každém úseku cesty. Na této cestě se musí logističtí pracovníci a celníci zorientovat v informacích obsažených v milionech dokumentů v nejednotných formátech, od nákladních listů po celní deklarace. Inteligentní programy pro optické rozpoznávání znaků (OCR), které čtou tištěný i ručně psaný text s více než 99% přesností, ve spojení se softwarem pro automatizaci pracovních postupů, mohou tyto činnosti zefektivnit, osvobodit logistické odborníky od jednoduchých a opakujících se úkolů a zvýšit jejich kvalifikaci, aby se mohli soustředit na situace, které jsou pro zákazníky důležitější.¹⁷

Prediktivní logistika zůstává nejdůležitější aplikací umělé inteligence pro odborníky v oboru, a to vzhledem k velkému množství dat z dodavatelského řetězce, z nichž lze čerpat prediktivní poznatky. Díky tomu je dosaženo významných pokroků například v dynamické optimalizaci tras, která řídí mnoho proměnných, jako jsou časová okna pro doručení zásilek, ad hoc vyzvednutí a vzorce dopravy, a vytváří přesné předpovědi časových oken pro zákazníky. S rostoucí AI by prediktivní technologie mohla posunout logistické hráče o krok dále do oblasti předvídavých modelů doručování, které dodávají zboží zákazníkům ještě předtím, než si uvědomí, co potřebují.¹⁷

Robotika a automatizace

Po pomalém růstu robotiky a [automatizace](#) v posledních dvou desetiletích se očekává, že do roku 2030 celosvětově povýší využívání průmyslových robotů téměř sedminásobně na 20 milionů. To bude mít významný dopad na průmyslová odvětví včetně logistiky a změní to dnešní způsob práce.

Robotická řešení poháněná rychlým technologickým pokrokem a vyšší cenovou dostupností vstupují do logistiky, podporují procesy nulových defektů a zvyšují produktivitu. Mobilní nebo stacionární roboty zaujímají více rolí v dodavatelském řetězci a pomáhají pracovníkům s činnostmi v oblasti zásobování, přepravy a dokonce i last mile dodávek.



Last mile dodávkou se rozumí dodávka zboží z dopravního uzlu do konečného místa určení.

Logističtí roboty diverzifikují a dosahují dovedností, které se shodují s lidskými schopnostmi nebo je předčí. Nová zařízení s implementovaným vylepšeným hardwarem a vývojem v oblasti AI mají lidskou obratnost, vylepšené vidění a rychlý a agilní pohyb.¹⁵

Autonomní mobilní roboty (AMR) jsou používány subjekty dodavatelského řetězce v masivním měřítku. Díky bezpečnému provozu po boku lidských pracovníků ve smíšených prostředích mohou AMR podstatně zvýšit produktivitu až o 50 % při přepravě z bodu A do bodu B, například při převážení palet, a až o 150 % při asistovaném přichystávání objednávek, například u objednávek z elektronického obchodu. AMR se vyskytují v podobě zjednodušené verze již

známých vozítek, jako jsou vysokozdvížné vozíky nebo kolejové vozíky, nebo se jedná o zcela nový typ strojních zařízení, které mají vlastní zabudované bezpečnostní opatření a provozní funkce na podporu zvýšení své bezpečnosti.¹⁵

Stacionárními roboty jsou běžně používaná robotická ramena. Vzhledem k tomu, že se jejich výkonnost v posledních několika letech zlepšila, otevřela se stacionárním robotům širší škála logistických aplikací, kromě pouhé paletizace těžšího zboží a dalších méně složitých operací. Roboty dokáží provádět náhodné přípravy zboží, zabalení, třídění objednávek, pokládání předmětů na dopravní pásy a další. V efektivitě a rychlosti vykonané práce už některé z nich překonaly lidské pracovníky. S širším rozmachem používání stacionárních robotů se snižují náklady na jejich provoz a návratnost investic může nyní trvat méně než 4 roky.¹⁵

Mikroplnění je tématem, na které se zaměřují nové automatizační a robotické technologie a které zahrnují koncept malých skladů v městských lokalitách v blízkosti spotřebitele. Tato nová miniaturní skladová a distribuční centra poskytují cenné příležitosti pro okamžité a krátkodobé dodávky velkému počtu zákazníků. Vzhledem k tomu, že pozemky ve městech jsou dražší než na venkově a kratší dodací lhůty vyžadují nepřetržitou dostupnost a provozuschopnost, je hustšího uspořádání zařízení a nepřetržitého provozu dosaženo pomocí plně automatizovaných systémů a integrovaných robotických technologií.¹⁵

Autonomní vozidla

Díky technologickému pokroku v oblasti umělé inteligence a stále rostoucím investicím do vývoje senzorů, technologií vidění a také schopnostem samořízení se zásadně změní způsob montáže, provozu, využívání a servisu vozidel. Od dálkové nákladní dopravy až po vozítka pro last mile dodávky budou autonomní vozidla modernizovat logistiku tím, že budou iniciovat novou úroveň bezpečnosti, efektivity a kvality.¹⁵

Vývoj [autonomních vozidel](#) probíhá jak u nákladních a osobních automobilů, tak i u vysokozdvížných vozíků a vozítek. V současné době není technologie dokonalá a téměř všechna řešení vyžadují, aby byl člověk v pohotovosti z právních, bezpečnostních a provozních důvodů. [Autonomní vozidla](#) pro vnitřní a venkovní prostory jsou často rozdělena do dvou kategorií. Jde o [automatizovaná řízená vozidla \(AGV\)](#), která obvykle sledují pevně značené koridory, dráty nebo vestavěné podlahové magnety, a autonomní mobilní roboty (AMR), které využívají pokročilé senzory a počítačovou technologii k navigaci. [AGV](#) existují již desítky let, ale lídři dodavatelského řetězce mají stále více tendenci upřednostňovat chytřejší a dynamičtější AMR. V posledních letech

se testují doručovací vozítka pro last mile dodávky, které by se samostatně pohybovaly po městech a doručovaly zákazníkům zboží až domů. Zatím se jedná pouze o experimenty, které podléhají přísným předpisům, co se týká testování poloautonomní technologie nebo o pokusy o její plné začlenění do obchodního modelu.¹⁵

Nákladní autonomní doprava také učinila významný pokrok, což dokazuje, že je schopná výrazně snížit dodací lhůtu a provozní náklady. Jako příklad lze uvést případ z roku 2019, kdy autonomní nákladní automobil dovezl zboží do vzdálenosti přes 4 500 km z Kalifornie do Pensylvánie za 3 dny i za nepříznivého počasí včetně sněžení. Podobná cesta by normálně trvala 9 dní a expres objednávka by byla vyřízená za 5 dní. Zatím je tato technologie ve vývoji a bude zapotřebí více technologického pokroku a testů, stejně jako vytvoření a standardizace pravidel a předpisů, než bude možné využít tuto technologii naplno.¹⁵

Rozšířená realita a virtuální realita

Díky kombinaci digitálního a fyzického světa může [rozšířená realita \(AR\)](#) zvýšit kvalitu logistiky i produktivitu a poskytnout pracovníkům správné informace ve správný čas na správném místě. Technologie [virtuální reality \(VR\)](#) umožňuje poskytovatelům logistiky navrhovat, prožít a vyhodnocovat prostředí v digitálním světě pro optimalizaci toků materiálu a školicích procesů.¹⁵

Technologie rozšířené a [virtuální reality](#) zaznamenala obecně pomalé zavádění a šíření napříč odvětvími včetně logistického průmyslu. Společenské politiky a politiky pracovní síly stanovené v důsledku covid-19 však mohou být požadovaným katalyzátorem všeobecného přijetí. Vzhledem k tomu, že práce na dálku se stává běžnější, mezinárodní obchodní cesty jsou složitější a osobní schůzky méně potřebné v podnicích včetně těch v logistickém průmyslu, se očekává, že AR a VR se stanou v blízké budoucnosti velmi využívanou technologií.¹⁵

Technologie AR má potenciál ovlivnit kontrolu a zajištění kvality, stejně jako provádění oprav a údržby. Využívání AR díky chytrým brýlím může také pomoci zlepšit kvalitu služeb, urychlit a zefektivnit logistické procesy.¹⁵

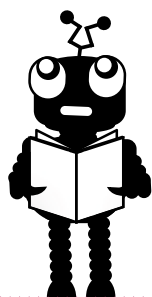
Technologie VR umožňuje uživatelům navrhovat a simulovat aktiva bez nutnosti vynaložit velké náklady. Nástroje VR jsou oblíbené v logistickém průmyslu pro schopnost simulovat plánování rozvržení infrastruktury a provozu zařízení. Očekává se, že se tato vizualizační prostředí konceptu VR budou více rozmáhat, jakmile budou plně pochopeny jejich přínosy pro snižování nákladů.¹⁵

Výhody v používání VR jsou nesporné i v rámci efektivního školení zaměstnanců. Praktické ukázky VR v logistickém průmyslu se většinou týkají školení

bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců a kvality výkonu pracovní činnosti, jako je například školení zaměřené na provoz vysokozdvíhových vozíků v rušných virtuálních skladech. Ve všech školicích scénářích se stážisté rozhodují a učí v bezpečném a digitálně řízeném prostředí v rámci přípravy na úkoly v reálném světě.¹⁵

Bezpilotní letouny

Bezpilotní letouny ([UAV](#) nebo drony) lze využít k doručování last mile dodávek, stejně jako k intralogistickým a sledovacím operacím. Ačkoli jsou bezpilotní letouny v posledních letech mediálně popularizovány, nenahradí tradiční pozemní dopravu.¹⁵



Intralogistika je koncept, který řeší, jak co nejefektivněji přesunout produkt z místa příjmu na místo expedice, a to ve skladu, výrobním závodě nebo distribučním centru.

Intralogistické operace jsou oblastí, která se pro bezpilotní letadla ukázala jako poněkud náročná. Obtížná navigace v rušných provozech, krátká životnost baterií a chybovost při skenování a počítání zásob při proměnlivém osvětlení jsou stále překážkami pro širší využití. Navzdory těmto problémům motivují potenciální nákladově efektivní přínosy dostatek společností k překonání těchto překážek.¹⁵

V posledních dvou letech došlo k zásadnímu rozvoji last-mile doručovacích služeb, což je nejvýznamnější oblast využití bezpilotních letadel v logistice. Během koronavirové pandemie mnoho společností v soukromém sektoru úspěšně nasadilo bezpilotní letouny pro jejich doručování.¹⁵

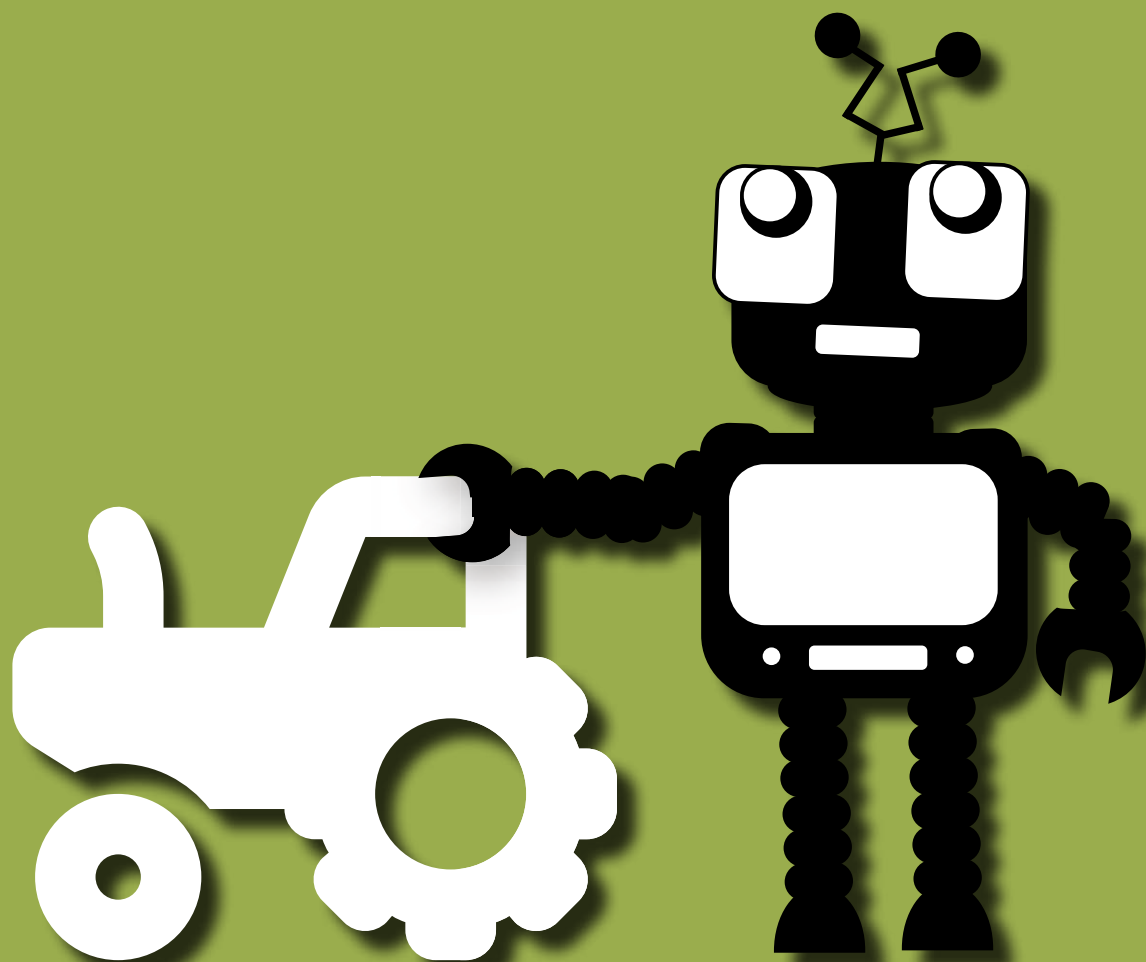
Digitální dvojčata

[Digitální dvojčata](#) jsou ve skladech ideální pro uplatnění této technologie v logistice. Virtuální 3D model zařízení lze spárovat s inventárními a provozními daty včetně velikosti, množství, umístění a charakteristik poptávky každé položky. Díky tomu zařízení digitálně ožívá v reálném čase, což umožňuje manažerům pracovišť, zákazníkům a vzdálenému managementu mít plný přehled o provozu. Během výluk a omezení cestování na vrcholu pandemie covid-19 byla tato

schopnost akutně potřebná, protože počet pracovníků na místě byl omezený. V blízké budoucnosti mohou [digitální dvojčata](#) přispět k návrhu a uspořádání nových zařízení, což společně umožní optimalizovat využití prostoru a simulovat pohyb výrobků, personálu a zařízení.¹⁵

[Digitální dvojčata](#) představují příležitost provádět optimalizaci simulace založenou na strojovém učení včetně predikcí do budoucnosti. Distribuci náhradních dílů lze propojit s digitálními dvojčaty vyráběných výrobků a logistickými službami. S digitálním dvojčetem jakéhokoli fyzického objektu, jako je zboží nebo vozidlo, se role poskytovatele logistických služeb může stát nesmírně důležitou na základě poznatků z virtuální oblasti. Pokud například dojde k poškození vozidla a jeho oprava vyžaduje náhradní díly, dodavatelský řetězec je schopen reagovat rychleji (nebo dokonce proaktivně) a efektivněji s oznámeními od digitálního dvojčete, která přesně popisují požadované díly a místo, kde je možné je získat.¹⁵

Zemědělství



Zemědělství

Moderní technologie uplatňované v zemědělství jsou stále více na vzestupu. Jelikož se předpokládá nárůst globální populace o 2 mld. do roku 2050, bude zapotřebí zajistit dostatek potravin s vysokou nutriční hodnotou.¹⁹ Když k tomu připočteme fakt, že se počet pracovníků v zemědělství neustále snižuje (v r. 2019 to bylo méně než 3 % ze všech zaměstnaných osob), je [digitalizace](#) tohoto odvětví nezbytná.²⁰ Zavádí se nové způsoby hospodaření, které mají zvýšit efektivitu a produktivitu a zároveň budou šetrnější k životnímu prostředí. Nově se v této souvislosti objevuje termín Zemědělství 4.0.¹⁹ V praxi se využívají moderní technologie jak v živočišné, tak i v rostlinné produkci. Jedná se především o využívání GPS lokalizace, navigačních systémů, přenosu a sběru dat, [robotizace](#) a automatizace. Hlavním přínosem těchto technologií je snížení fyzické zátěže pracovníků a náhrada chybějících pracovních sil.¹⁹

Navigační technologie a aplikace s podporou GPS

„Zcela zásadním krokem pro uplatnění a rozšíření moderních prvků v zemědělství je přesná znalost polohy a rozšíření polních navigací, které vede k podpoře řady procesů automatizace“.²¹ Navigační technologie, určující přesnou polohu objektů a využívané k navigaci zemědělských strojů, jsou nejpoužívanějšími moderními technologiemi v zemědělství. Slouží především ke zvyšování přesnosti hospodaření. Jízdní trajektorie zemědělské techniky po pozemku jsou předem naplánované na aplikační mapě uložené na vzdáleném uložení. Takto předdefinované jízdní trasy využívá každý stroj, který se na pozemku pohybuje. Pomocí senzorů a navigačního systému je optimalizovaný a upravovaný jeho pohyb. Obsluha strojů manuálně neřídí, pouze zastává kontrolní funkci.²¹

V roce 2017 byl proveden výzkum na katedře zemědělské techniky České zemědělské univerzity v Praze s cílem zjistit, jaký vliv mají automatické navigační systémy v zemědělských strojích na psychickou a pracovní zátěž řidičů. Respondenty byli náhodně vybraní řidiči napříč věkovým spektrem, kteří již měli zkušenosti s provozem a obsluhou traktorů řízených navigačním systémem. Měření byla provedena v různých zemědělských podnicích v České republice. Všechna experimentální data byla získána během orby nebo setí. V průběhu těchto procesů byla řidiči monitorována tepová frekvence. Experiment u každého řidiče probíhal 3krát, kdy nejprve řidič jezdil 30 až 45 minut po poli traktorem se zapnutým navigačním systémem. Při druhém opakování jel stejnou trasu bez automatického řízení, kdy se musel spoléhat pouze na své zkušenosti. Pole vybraná pro výše popsaná měření byla pravidelného tvaru větší velikosti

(20 ha a více), aby byly zajištěny dostatečně dlouhé dráhy stroje bez nutnosti častého otáčení na souvrati nebo v rozích pole, a také bez překážek, jako jsou například sloupy elektrického vedení. Výsledky experimentu ukazují na snížení tepové frekvence v průměru o více než 2 % při použití navigačního systému oproti ručnímu řízení. Tento fakt dokazuje, že využitím navigačních systémů můžeme snížit psychickou zátěž obsluhy zemědělských strojů.²² Podmínkou však je, že obsluha je seznámená s funkcí navigačního systému a umí s ním pracovat. Pokud by tomu tak nebylo, můžeme očekávat, že stresový faktor bude naopak větší do doby, než se obsluha naučí systém ovládat.²¹

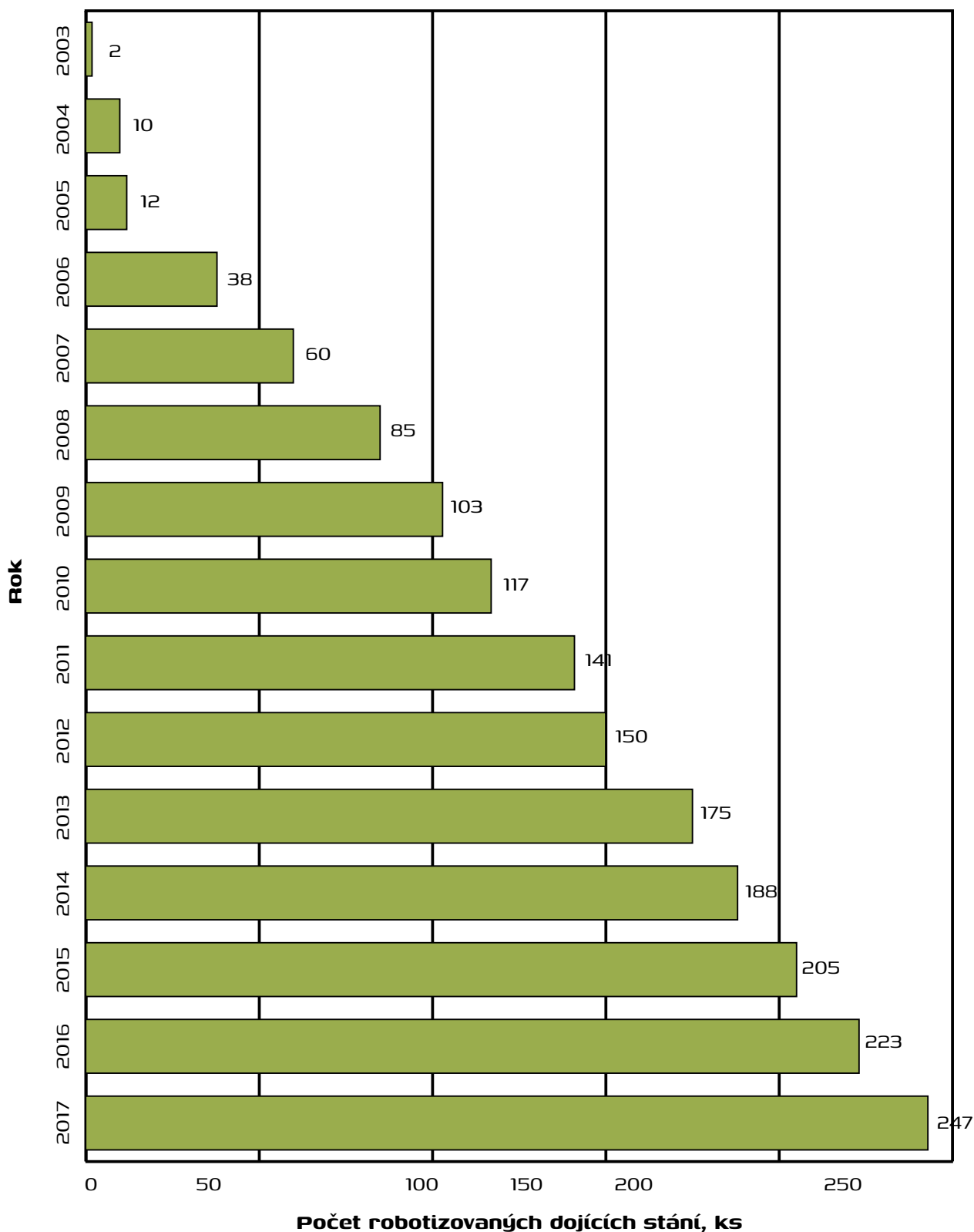
Na trhu již začínají být k dostání i traktory a obilní kombajny s funkcí automatického navádění s přesností na 2 centimetry, které disponují možností autonomního řízení a otáčení, čímž plně nahrazují práci řidiče, který se nemusí nacházet v kabině stroje.²³ Ve chvíli, kdy se stroj pohybuje sám a obsluha kontroluje činnost stroje ze vzdáleného pracoviště, objevují se nová bezpečnostní rizika s tím spojená, která musí být brána v potaz. Autonomně pohybující se stroj má naprogramovanou trasu, přičemž není zohledněna její možná proměnlivost. Samotný stroj by měl disponovat bezpečnostními prvky, které zamezí srážce s člověkem, zvířetem nebo jiným strojem. Může se jednat o další senzory a zařízení, které rozeznají náhlou přítomnost jiného objektu a činnost stroje a jeho pohyb okamžitě zastaví. Další riziko představuje výpadek signálu GPS. Pro tento případ jsou nastaveny záložní signály, které zajistí po určitou dobu příjem korekcí v požadované přesnosti.²¹

System GPS není využíván pouze v rostlinné produkci, ale má své hojné uplatnění mezi chovateli hospodářských zvířat. Zvířatům jsou dávány na krk obojky se speciální GPS jednotkou. Takto chovatelé dostávají dokonalý přehled o pohybu stáda.²⁴

Automatizace a agroboty

Díky nedostatku pracovních sil dosahuje automatizace v zemědělství obrovského rozmachu. Roboty nahrazují člověka při činnostech, které jsou fyzicky náročné nebo rizikové. Práci přitom vykonávají rychleji, přesněji a efektivněji. Kromě toho roboty přinášejí další výhody, jako je získávání specifických prostorových dat, schopnost pracovat v drsných podmínkách, neustálé zlepšování a dokonce i schopnosti učení se a možnost pracovat 24 hodin denně.²⁵ Největší podíl má zatím automatizace v oblasti živočišné výroby, kde jsou používány různé druhy automatických dojících, krmných či uklízacích systémů.²³ Nejrozšířenějším typem automatického systému jsou robotizované dojné stanice. Jak je vidět na grafu 1, počet robotizovaných dojících stání v České republice od roku 2003 stále stoupá, v roce 2017 dosáhl počtu 247.²⁵

Vývoj počtu robotizovaných dojících stání na českých farmách

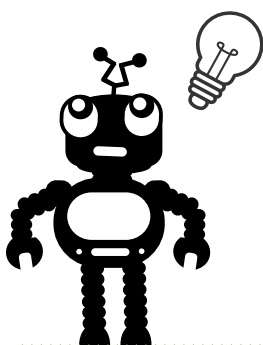


Graf 1: Vývoj počtu robotizovaných dojících stání na českých farmách²⁰

Člověk je v procesu dojení zcela nahrazený. Zařízení jsou navržena tak, aby kráva, která potřebuje podojit, sama vstoupila do dojičky a další činnosti (hygiena, nasazování a snímání strukových pouzder, dezinfekce) vykonává robot sám.²³

Díky automatickým systémům člověk vůbec nemusí přijít do kontaktu se zvířetem, čímž je eliminováno velké množství rizik. Konkrétně můžeme zmínit následující rizika:

- „přimáčknutí ruky nebo prstů ke konstrukci vázacím prostředkem při převlékání vázacím kruhem;
- udeření ošetřovatele hlavou zvířete;
- přimáčknutí trupu nebo končetiny ke žlabu, sloupu nebo zábraně;
- kopnutí, šlápnutí na nohu nebo na tělo při uklouznutí a pádu ošetřovatele, kopnutí nebo přimáčknutí ošetřovatele při práci s dojící soupravou v bezprostřední blízkosti zvířete;
- uklouznutí ošetřovatele na mokrém znečištěném povrchu stání a jeho udeření nebo přiražení sousedním zvířetem;
- šlápnutí na nohu ošetřovatele nebo kopnutí sousední dojnicí při kontrole dojení na stání (například při neopatrném, mnohdy rychlém a neočekávaném pohybu ošetřovatele učiněném za účelem odstranění zjištěné závady se dojnice poleká);
- kopnutí, šlápnutí na nohu, přiražení ke konstrukci a šlehnutí ocasem při masáži, mytí a dezinfekci vemene, rozdojování a dodojování;
- uklouznutí a pády ošetřovatelů a s poražením nebo přimáčknutím k zábraně při nahánění zvířat do dojírny.
- udeření se o konstrukci dojírny;
- udeření zábranou nebo vrátky v chodbě do dojírny, způsobené ať již vlastní neopatrností, nebo po nárazu zvířete;
- pády ze žlabu nebo stoliček při připojování dojící soupravy na podtlakové potrubí a přepínání ventilu potrubí“.²⁷



Dalšími automatickými systémy jsou automatické krmné systémy. Můžeme je rozdělit do třech kategorií – automatické přihrnovače, krmné boxy a automatické systémy krmení.²⁹ Automatický přihrnovač je malý robot,

který se v pravidelných intervalech 24 hodin denně po 7 dní v týdnu pohybuje podél krmného stolu. Spodní část robota se při pohybu otáčí, a tím posouvá krmnou směs zpět ke kravám. Bezpečnost je zajištěna detektorem nárazu. Jakmile přihrnovač narazí do překážky, zastaví se. Díky indukčnímu senzoru ke sledování naváděcích kovových pásů sám dojede k nabíjecí stanici, popřípadě do dalších stájí.³⁰ Vrcholem krmící technologie je automatický systém krmení. Systém krmení začíná v přípravně krmiv, tzv. kuchyni, kde je uložené krmivo. Pomocí portálového jeřábu s drapákem je krmivo nakládáno do automatického krmného vozu. Drapák je vybaven 3D kamerou. Orientuje se podle čar a čísel na podlaze a objemu jednotlivých krmiv. Krmný vůz nakládku promíchá a odveze ji na správné místo. Pro orientaci v prostoru je vybaven ultrazvukovými senzory, které udržují odstup od stěny a šíjové zábrany. Mezi budovami se pohybuje po kovových páscích. Celý systém je řízený elektronickou jednotkou. Člověk musí pouze jednou za 3 dny uklidit a naskladnit přípravnu krmiv.³¹ V poslední řadě je třeba zmínit robotizaci kejdového hospodářství. V distribuci jsou [autonomní roboty](#) na čištění podlah i vysávání kejdy.³²

[Robotizace](#) v rostlinné produkci je teprve ve vývoji, ale již nyní se objevují první prototypy agrorobotů. U různých druhů ovoce, jako jsou jablka, pomeranče, kiwi a bobulovité plody, je nyní možný automatický sběr, ale rychlost sběru a ukládání ovoce zůstávají velkou výzvou. Některé ze sklízecích robotů jsou bezpochyby významným technickým počinem, avšak stroje prozatím mají před sebou dlouhou cestu, než se vyrovnají rychlosti a obratnosti lidí.³³ Příkladem agrorobota může být E-Series, první agrorobot pro sběr jahod. Zařízení má 24 ramen, která dokáží najednou sklízet ovoce až ze 4 řádků. Integrované barevné a infračervené hloubkové senzory krátkého dosahu dokáží zachytit i nejmenší detaily jahody. Špičkové jednotky grafického zpracování pomáhají posoudit zralost ovoce. Robotická ramena uchopí a odříznou dřík jahody a poté ji umístí do kontejneru pro pozdější zabalení pro spotřebitele. Bezpečnost terénních pracovníků je zajištěna díky [LiDAR](#) senzorům. Pokud zaznamenají vkročení pracovníka do virtuálního perimetru stroje, okamžitě jeho pohyb zastaví.³⁴

Drony

Drony lze v zemědělství využít hned několika způsoby a existuje již několik firem, které je distribuují. Dron využitelný pro zemědělství má řadu speciálních funkcí. Disponuje optickými, multispektrálními i termovizními kamerami. Prostřednictvím kamer je dron schopný zjistit stav vegetace, míru poškození nebo vývoj erozních oblastí.³⁵ Také zvládá detekovat přítomnost divoké zvěře

před senosečí, aby nedocházelo ke střetům strojů se zvířít. Poslední funkcí je schopnost aplikovat postřik na předem určená místa, ať už se jedná o kapalná hnojiva, herbicidy, nebo pesticidy. Postřik dronem je 40 až 60krát rychlejší než postřik ruční.³⁶

Virtuální realita

Virtuální realita (VR) se uplatňuje ve stále více oborech, ale do zemědělství zatím ještě nezasáhla. To se ale může změnit. Předpokládané využití VR je především v řešení veterinárních služeb. Přes VR headset a kameru je možné se spojit s veterinářem, který v reálném čase může okamžitě chovateli doporučit další postup. Ušetří se tím čas spojený s dopravou veterináře za zvířetem a zpět.³⁷ Využití VR jako simulátoru bude moci sloužit k vyškolení obsluhy zemědělských strojů. V simulovaném prostředí sedí člověk v kabině stroje a pracuje se strojem stejně jako v reálném prostředí. Takto se naučí bezpečně manipulovat s daným strojem, aniž by někoho ohrozil nebo poškodil stroj, jako by tomu mohlo být při reálném zaučování.³⁸

Internet věcí (IoT)

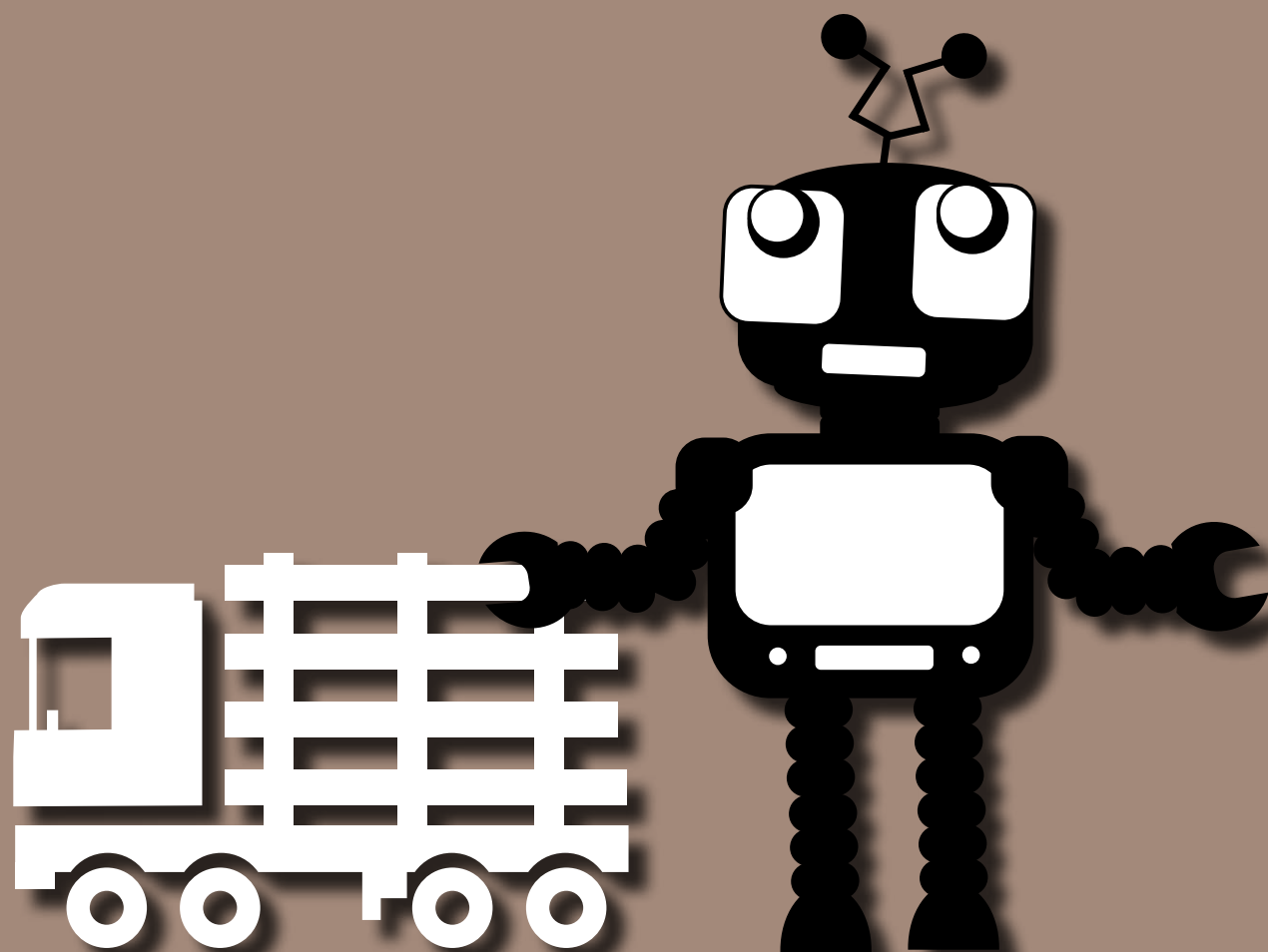
V zemědělství 4.0 lze nahradit pojem internet věcí termínem chytrá farma. Chytrá farma shromažďuje veškerá data získaná ze senzorů i výše zmíněných technologií. Vzniká jednotný ucelený systém, který obsahuje informace o všech činnostech na farmě. Farmář dostane celkový přehled a může pružně reagovat na nastalé situace.⁴⁰ Senzory a čidla chytré farmy přenášejí informace téměř o všem. V první řadě jsou to data získaná ze zemědělských strojů. Lze sbírat údaje jak o přesné pozici, tak i o provozních ukazatelích stroje, ze kterých se dají vyvodit požadavky na údržbu nebo servisní úkon či spotřeba pohonných hmot. Nejde o jediná data, která dokáží stroje získat. Jednotlivé stroje mohou být vybavené dalšími senzory zabudovanými přímo do pracovních nástrojů. Takto lze získat informace o hloubce a intenzitě zpracování půdy, vodivosti, teploty, vlhkosti i pH půdy a dalších hodnot včetně růstu či přijímání živin rostlinami.²¹ Díky těmto informacím je pak možné rozhodovat o úpravě půdy či rostlin v ten nejlepší moment a jen v rozsahu, který je skutečně potřeba.²³

Data jsou získávána i ze živočišné produkce. Senzory sledují zdravotní stav i chování zvířat (pohyb, přežvykování, stravování, plodnost, hmotnost). Senzory se umísťují na tělo nebo přímo do těla (zažívacího traktu) zvířete. Monitorovány jsou taktéž údaje o procesu dojení, krmení nebo ventilace. Pro monitoring objemu krmiva, zrní nebo pevných látek v nádržích, silech či kontejnerech slouží kapacitní čidla.²³

Robotické farmy

Robotické farmy představují nový směr, kam se může v budoucnu ubírat rostlinná produkce. Koncept je založený na spojení hydroponického zemědělství, [robotizace](#) a umělé inteligence. Jedna ze společností například využívá k pěstování zeleniny kombinaci robotických zvedacích ramen, hydroponických kádí a samojízdných nosičů. Roboty pečují o rostliny během celé doby jejich růstu bez zásahu člověka. Ten má práci jen při vysazování a balení sklizené vypěstované zeleniny.⁴¹

Lesnictví



Lesnictví 4.0

S rychlým pokrokem digitálních technologií a průmyslovými transformacemi směrem k Průmyslu 4.0 se podobný trend dá nalézt i v lesnictví. Když se hovoří o Lesnictví 4.0, zatím se jedná spíše o vizi do budoucna než o zaběhnutý a osvědčený koncept.⁴²

Lesnictví je tradičně považováno za oblast s nízkou technologickou úrovní a důležitostí. Ačkoli se tradiční pracovní přístup v průběhu let transformuje s novými technologiemi, novými přístupy k řízení, obchodními modely a pokročilými systémy podpory rozhodování, transformace jsou obecně pomalé. Využívání informačních a komunikačních technologií provozovateli je v lesnictví omezené. Tento pomalý pokrok může být pravděpodobně způsobený několika důvody. Například jde o to, že většina lesních zdrojů je v mnoha zemích ve veřejném vlastnictví. Veřejní vlastníci lesů bývají ve svých způsobech řízení relativně konzervativnější. Zejména musí vyvážit obchodní přínosy se sociálními a environmentálními hledisky. Kromě veřejného vlastnictví jsou lesní provozy obvykle vlastněny malými subjekty, které mají omezené zdroje pro větší změny. A ačkoli je na trhu k dispozici mnoho digitálních technologií, relativně málo lidí se věnuje uplatňování těchto technologií v oblasti lesnictví.⁴²

Z celosvětového pohledu se začíná projevovat trend, kdy se některé podniky působící v lesnictví inspirovaly pokrokem v zemědělství. Začaly tak využívat pokročilé technologie zvyšující jejich efektivitu. Tyto podniky tak využívají tzv. přesného lesnictví. Jedná se o způsob vysazování selektivně šlechtěných druhů stromů s relativně vysokým stupněm automatizace. Tyto lesy jsou často označovány jako stromové farmy. V České republice zatím neexistují. Dalším důvodem k zavádění nových technologií je digitální pokročilost jednotlivých článků dodavatelského řetězce. [Digitalizace](#) i v tomto sektoru představuje konkurenční výhodu.⁴²

Přesné lesnictví umožňuje široká škála nově vznikajících technologií, jako jsou [bezpilotní prostředky \(UAV\)](#), laserové skenování ([LiDAR](#)) a senzory (např. půdy). Mimo zavedení nových technologií je hlavní změnou přechod od manuálního a analogového systému k digitálnímu sběru a plánování dat, dále podrobnými předpisy pro správu a přísnou provozní kontrolou.⁴³

Nové přístupy v lesnictví se projevují nejen využitím moderních strojů, ale i novými technologickými postupy, kterými jsou například technologie CTL.

Pomocí technologie CTL je možné nejen stromy kácet, ale v rámci jediného technologického procesu kmeny zpracovat přímo v lese. Systém je vysoce digitální a dokáže rozpoznat i kvalitu opracované dřevní hmoty a podle potřeby

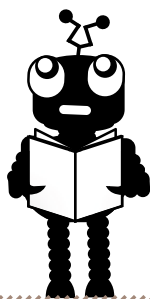
s ní pracovat tak, aby se následné logistické kroky staly efektivnější. Moderní lesnické stroje zároveň komunikují s operačním střediskem, které má okamžitý přehled o situaci v terénu a může adekvátně reagovat včetně plánování údržby stroje či navazující logistiky přepravy vytěženého materiálu a plánů budoucí výsadby.

Klady, které s využitím nových technologií souvisejí, jsou například:

- vysoký výnos a efektivní logistický řetězec (těžba i přeprava jsou nákladově efektivní);
- rovnoměrnější a spolehlivější těžba;
- možnost celoroční práce (stroje lze použít pro více činností);
- cílená těžba podle požadavků zákazníků (výběr stromů na kácení podle požadovaných parametrů);
- přesná těžba dřeva s minimem odpadu;
- trvale udržitelné lesní porosty (flexibilní metoda těžby).

Z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci má technologie CLT výhodu ve vyšší ochraně zaměstnanců oproti konvenčním metodám těžby. Pracovníci jsou po celou dobu v kabině stroje, který ovládají. Nemůže tedy dojít k situacím, že by byl pracovník poraněn padajícím stromem, větvemi nebo sesunutím klád.⁴⁴

LiDAR



LiDAR, laserová geodetická technologie, je aktivní technika dálkového průzkumu Země. Termín LiDAR byl vytvořen spojením slov „light“ a „radar“, ale většina autorů jej interpretuje jako zkratku pro Light Detection And Ranging. Na rozdíl od optického dálkového průzkumu Země, který se při detekci a popisu krajinných prvků spoléhá na odražené světlo z prostředí (obvykle slunce), používá LiDAR k osvětlení cílů kolimovaný paprsek světla, obvykle z laseru, a na základě vzdálenosti od těchto cílů popisuje charakteristiky zpětného odrazu. Senzory měří vzdálenost mezi emitovanými a odraženými pulzy laserového světla a vytvářejí 3D obraz („mračno bodů“) skenovaného objektu.

V oblasti lesního hospodářství je jedním ze základních úkolů správa inventarizace lesů. To vyžaduje neustálou aktualizaci a kvantifikaci zdroje doménové struktury

vyhodnocením objemu stromových porostů. Tento úkol tradičně provádějí terénní průzkumné posádky, aby určily druhy stromů, věk, rozměry, výrůstky, hmotnosti a využití půdy. Metoda zjišťování je obvykle založená na statistikách, při nichž se fyzicky měří podmnožiny vzorků stromových porostů, a z údajů o odběru vzorků se vyvozují závěry pro odhad větších oblastí lesních inventur.⁴⁴ Použitím technologie **LiDAR** se dají vytvářet modely vertikálního profilu lesa, kde jsou mapovány parametry stromů (například počet stromů na hektar, výšky stromů a průměry kmenů).⁴²

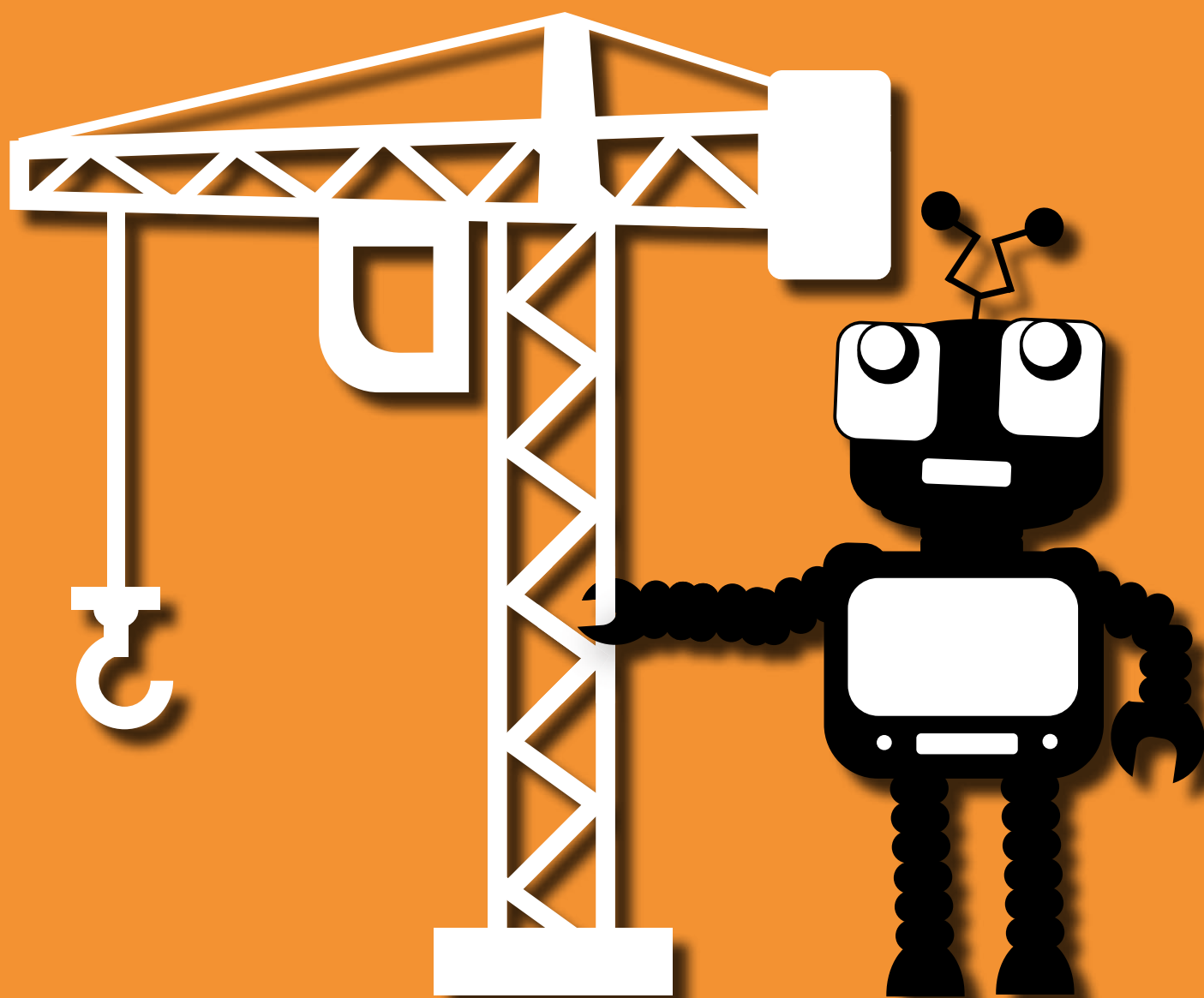
Potenciál využití této technologie je velký. Může být použit k vyobrazení modelů terénu nebo průtoku vody k odvození přesnějších informací o lesní topografii a citlivých vodních plochách. Tyto informace mohou pomoci zlepšit rozhodování o lesním hospodářství, optimalizovat výstavbu silnic, zmírnit dopady na životní prostředí a koordinovat plánování a provoz těžby dřeva.⁴² Na základě dat je mj. možné odhadnout kvalitu dřeva a modely terénu se používají v procesu plánování jeho těžby (rozhodování o tom, jak vytěžit jednotku lesa včetně požadovaného typu zařízení a jeho umístění).⁴⁴

Bezpilotní prostředky

Bezpilotní prostředky (UAV) se stále více používají v lesnictví pro sledování a mapování lesů. Mohou být vybaveny lidarovými nebo termálními kamerami ke shromažďování údajů o lesním porostu, detekci ohnisek škůdců a chorob a o včasném varování před lesními požáry. Existují dokonce i rané pokusy o využití bezpilotních prostředků v odlehlém nebo obtížném terénu pro jednoduché lesnické operace, jako je výsadba semen, postřik proti plevelu, škůdcům, nemocem a hnojení mladých sazenic.⁴³

Výsadba stromů drony se jeví jako levnější varianta než tradiční výsadba stromů lesníky. Drony uzpůsobené k sázení jsou vybavené pneumatickým odpalovacím systémem a kapslemi s předklíčenými semeny stromů. Při sázení se dron snese 2 až 3 metry nad zem a vystřelí kapsli se semenem tak, aby se dostala celá do půdy. Semena v kapsli jsou předklíčená a obalená ve výživném hydrogelu, který jim poskytuje vyšší šanci na uchycení. Odhaduje se, že dron by mohl sázet rychlostí 10 semen za minutu. Počítá se, že by dva drony mohly vysázet 36 tisíc stromů denně. Tato metoda by stála asi 15 % ceny tradičního sázení.⁴⁵

Stavebnictví



Stavebnictví

Stavebnictví patří mezi velmi významné odvětví a zároveň vytváří podmínky pro ostatní odvětví. V současnosti tvoří 6 % světového HDP a předpokládá se, že do roku 2030 by jeho produkce měla stoupnout o 85 % oproti roku 2014.⁴⁶ Zároveň patří mezi zbylá odvětví, kde převažuje lidská manuální práce nad robotizací a automatizací. I díky tomu se umísťuje na předních příčkách v počtu pracovních úrazů.

Díky rostoucímu počtu obyvatel dochází ve stavebnictví k velkému rozmachu. Projektů je stále více a staví se moderní, často velmi komplikované a náročné stavby. Současně stavebnictví čelí odlivu kvalifikované pracovní síly, častému zpoždění realizace projektů, nízké marži na zakázkách a špatné kooperaci zúčastněných stran projektu. Aby bylo možné kvalitně uspokojit poptávku, která je stále větší, udržet konkurenceschopnost a snížit náklady, je zapotřebí začít více používat moderní technologie. V této souvislosti vývoje stavebního průmyslu se používá termín Stavebnictví 4.0.⁴⁶

V budoucnu lze předpokládat, že bude stavebnictví plně digitalizované autonomní odvětví, které bude více zaměřené na precizní plánování staveb s přesahem do celého životního cyklu stavby. S tím souvisí sběr a vyhodnocení dat v rámci celého životního cyklu stavby. Tyto požadavky by měla naplňovat metoda [BIM](#) (Building Information Modelling/Management), která se stává trendem v digitalizaci stavebního průmyslu.⁴⁸ Dalšími zástupci moderních technologií jsou například automatizace, internet věcí, používání robotů, 3D tisk a další.

Modernizace stavebnictví se nepromítá jen do postupů a technologií používaných při realizaci stavebních projektů, ale i do staveb jako takových. Chytré stavby a domácnosti již nejsou neznámým pojmem. V současnosti je jejich výstavba významným trendem, a bude tomu tak i do budoucna.

Digitalizace informací

Pro většinu stavebních projektů je typická velká časová náročnost přípravy i realizace, velké množství změn, různorodost, ale i mnoho zainteresovaných stran podílejících se na projektu. Řízení takového projektu je velmi složité. Často pomalé a nepřesné zpracování změn, cyklický úbytek informací během procesů životního cyklu stavby, především při předávání mezi subjekty, a malá následná dostupnost informací postupně shromážděných pro další využití k řízení provozu a údržby stavby představují kámen úrazu projektového řízení. Kooperaci, komunikaci a koordinaci činností je proto téměř vždy potřebné zlepšit, zrychlit a zefektivnit. Tyto problémy by měla řešit [digitalizace](#) procesů.⁴⁷

„Využití [digitalizace](#) racionalizuje používané postupy řízení projektu, zpřesňuje je, a také umožňuje jejich zpětnou kontrolu. Je schopna výrazně zvýšit produktivitu operací především komplexností procesů, dostupností a sdílením informací. Digitalizované procesy umožňují souběžné operace s aktuálními informacemi. Umožňují omezit opakované, neproduktivní činnosti, které stále zabírají významnou část pracovního času, a jsou zdrojem neúčelně vynaložených nákladů – brání v dosahování vyšší efektivity.“⁴⁷

Nutné požadavky a předpoklady pro zvládnutí digitálních procesů vedoucích k naplnění cílů projektu je možné definovat zkratkou 3C, tzn. Competence (odborné kompetence), Cooperation (schopnost kooperace) a Coordination (koordinace).⁴⁷

Základem úspěšného řízení projektu je komunikace. Pokud spolu zainteresované subjekty nedostatečně komunikují, dochází k problémům při následné spolupráci a koordinace projektových operací je nedostačující, nebo chybí úplně. Dochází tak k mnoho chybám, zpožděním a efektivita projektového řízení se snižuje. V rámci [digitalizace](#) procesů je pro komunikaci vytvořené společné datové prostředí CDE (Common Data Environment). CDE koncentruje informace potřebné pro projektové řízení do jednoho dostupného místa pro všechny oprávněné účastníky projektu. Disponuje uložištěm dat, umožňuje komunikaci zúčastněných a obsahuje systém řízení dokumentace. „Využívání digitálních datových podkladů projektu, jejich ověřovaná kompatibilita, obsah a forma zrychluje a zprůhledňuje, tedy zefektivňuje procesy projektového řízení, snižuje náklady omezením nepřesností, ztrát a opakovaných činností.“⁴⁷

Jednotný propracovaný systém [digitalizace](#) ve stavebnictví představuje koncepce [BIM](#).

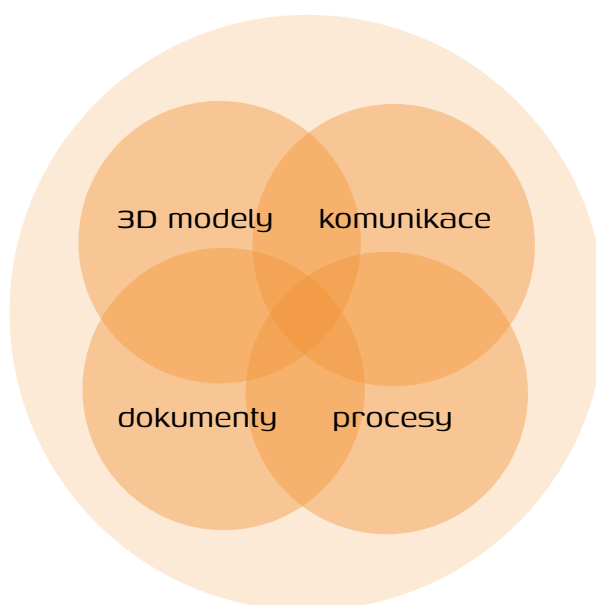
BIM

Metoda [BIM](#), česky informační modelování staveb, je proces vytváření, užití a správy dat o stavbě během celého jejího životního cyklu (viz obr. 2). V přeneseném významu se jedná o digitalizaci stavebnictví. [BIM](#) kombinuje využití počítačového 3D modelování s informacemi o stavbách za účelem zlepšení spolupráce, koordinace a procesu rozhodování při výstavbě a jejich provozování. Celková výstavba a správa budov by měla být díky [BIM](#) efektivnější, riziko překročení nákladů na projekty nižší a transparentnost využívání veřejných finančních prostředků vyšší.⁴⁹



Obr. 2: Fáze životního cyklu stavby⁴⁸

Je však zapotřebí rozlišovat pojem **BIM** model, kdy se jedná pouze o 3D modely staveb, a **BIM** proces, který využívá **BIM** modelu za účelem výměny a sdílení informací, ale také jejich správy. **BIM**, neboli informační model stavby, jak vyplývá z názvu, je databáze a systém sdílení veškerých dat o dané stavbě mezi všemi zainteresovanými subjekty. Může obsahovat data od návrhu projektu a počátku výstavby, přes správu a rekonstrukci staveb, až po demolici a ekologickou likvidaci. Základem a virtuální podobou skutečné stavby je model **BIM**, který zahrnuje geometrický 3D model, ale také negeometrická data. Za negeometrická data považujeme řídicí a podpůrné dokumenty stavby. Jedná se například o informace o konstrukčních, materiálových a užitných vlastnostech stavby, stavební deník, pozici v harmonogramu výstavby, harmonogram kontrol a výměn, investiční a provozní náklady, dokumenty BOZP, výstupy z rozhodovacích procesů stavebních úřadů a další (viz obr. 3).



Obr. 3: Společné datové prostředí **BIM**⁴⁹

Veškeré dokumenty, které jsou součástí dokumentace [BIM](#), jsou uloženy ve společném datovém prostředí (CDE), které tak tvoří zdroj platné verze dokumentace. Některé dokumenty mohou být též provázány na určité prvky 3D modelu.⁴⁹

Přínosy používání metody [BIM](#) jsou značné. Hlavní a největší změna se odráží v oblasti komunikace a předávání a sdílení informací. Celkově přináší časovou, odbornou i finanční úsporu. Z průzkumů v evropských zemích vyplývá, že úspora finančních nákladů na celý životní cyklus stavby se pohybuje kolem 20 %.⁴⁹

Další změny a přínosy metody [BIM](#) jsou následovné:

- „úspora nákladů a času počítaná za celý životní cyklus stavebního díla,
- zlepšení komunikace mezi účastníky stavebního procesu,
- zlepšení kontroly stavebního procesu,
- zlepšení kvality výsledného díla,
- předcházení kolizím (jejich detekce před realizací stavby) a nedorozuměním při práci s informacemi vzniklých použitím starých verzí dokumentů,
- zvýšení transparentnosti a zlepšení přístupu k informacím při rozhodování v různých etapách životního cyklu stavby (i pro netechnické profese pracující na projektu),
- reálná možnost průběžného začlenění všech potřebných profesí již při návrhové fázi projektu (např. rozpočtář, správce budovy),
- ochrana životního prostředí s důrazem na energetické úspory (snížení energetické náročnosti budov) díky možnostem simulací v etapě přípravy projektu a využití údajů v případě změny dokončené stavby (rekonstrukce) nebo její odstranění,
- možnost snadnějšího zpracování variant,
- zefektivnění ekonomického řízení staveb (projektů), a to od prvotní kalkulace, přes výběr a průběžné kalkulace až po samotnou fakturaci,
- významné podklady pro navrhování, instalaci, provozování a výměnu zařízení,
- dostupnost aktuálních informací na jednom místě,
- podpora rozvoje datové základny národní infrastruktury pro prostorové informace.“⁴⁹

Základním stavebním kamenem metody [BIM](#) je zapojení všech zainteresovaných stran při realizaci jakékoliv stavby. Aby se opravdu všichni účastníci do metody [BIM](#) zapojili, jsou motivováni výhodami, které metoda [BIM](#) přináší pro každého jednotlivce (viz tab. 1).⁴⁹

Tab. 1: Přínosy metody **BIM** pro jednotlivé účastníky stavby⁴⁹

Účastník	Využití, přínos
Stavebník (investor)	<ul style="list-style-type: none"> ● možnost kontroly projektu a jeho nákladů ve všech jeho fázích ● rychlejší zpracování požadavků a změn ● informace zásadní pro rozhodování jsou k dispozici v dřívějších fázích ● snadnější komunikace s ostatními účastníky ● možnost zlepšit kvalitu staveb díky softwarové validaci parametrů a vlastností použitých stavebních materiálů, konstrukcí a výrobků a jejich souladu s platnými normami
Projektant/hlavní projektant (architekt, inženýr, technik)	<ul style="list-style-type: none"> ● pohodlnější nástroje pro práci ● snadnější modifikace návrhu na základě požadavků stavebníka, statika atd. ● snadnější vytváření variant ● rychlé vizualizace (není třeba znovu vytvářet 3D model) ● rychlá odezva od statika k možnostem konstrukce ● rychlé energetické analýzy ● plynulý přechod od koncepčního modelu ke specifickému ● eliminace rizika konstrukčních kolizí
Projektant stavební části	<ul style="list-style-type: none"> ● snadnější komunikace s projektantem/hlavním projektantem nad jedním modelem ● snadnější zpracování změn ● snadnější komunikace se stavebníkem
Projektant TZB a technologické části staveb	<ul style="list-style-type: none"> ● snadnější komunikace s projektantem/hlavním projektantem, statikem a projektantem stavební části nad jedním modelem ● snadnější zpracování změn ● snadnější komunikace se stavebníkem ● úspora při vytváření analytického modelu ● možnost variantního řešení ● možnost energetických simulací
Statik	<ul style="list-style-type: none"> ● snadnější komunikace s projektantem/hlavním projektantem a projektantem stavební části nad jedním modelem ● snadnější zpracování změn ● snadnější komunikace se stavebníkem ● úspora při vytváření analytického modelu

Účastník	Využití, přínos
Technický a autorský dozor	<ul style="list-style-type: none"> ● snadnější kontrola skutečného stavu podle modelu BIM ● snadnější komunikace s ostatními účastníky ● lepší možnost zaznamenání požadavků na úpravy a změny ● snížení rizika špatného přenosu informací
Rozpočtář	<ul style="list-style-type: none"> ● úspora času díky automaticky generovaným podkladům pro vytvoření soupisu stavebních prací, dodávek a služeb, včetně změnových řízení ● neustálý přístup k aktuálním informacím – přesnější ocenění ● možnost rychlé tvorby nákladových variant pro rozhodování ● přehlednější evidence dat pro finanční kontrolu (plán x skutečnost) ● rychlá klasifikace jednotlivých stavebních prvků díky jejich snazší vizualizaci v modelu
Facility Manager	<ul style="list-style-type: none"> ● aktuální model budovy naplněný informacemi o jednotlivých stavebních výrobcích a prvcích včetně dodavatele a informací o jejich údržbě ● jednoduché vykazování stavebních výrobků a prvků atd. ● možnost rozšíření modelu o specifická data pro FM ● zjednodušené rozhodování při provozu, údržbě a změnách dokončené stavby
Veřejná správa	<ul style="list-style-type: none"> ● všechny přínosy, které platí pro stavebníka ● možnost automatické kontroly souladu návrhu s požadavky závazných předpisů (při použití validátorů modelu) ● efektivnější využití veřejných finančních prostředků ● snížení rizika překročení nákladů u veřejných zakázek na stavební práce ● zvýšení transparentnosti stavebních projektů ● možnost jednodušší simulace energetické náročnosti stavby a optimalizace energetické účinnosti ● možnost propojení různých registrů státní správy souvisejících s výstavbou pro lepší plánování infrastruktury ● jednodušší a důvěryhodnější komunikace a prezentace záměrů při veřejných projednáních ● podpora rozvoje datové základny národní infrastruktury pro prostorové informace

Podmínkou funkčnosti a efektivity modelu [BIM](#) je stanovení všeobecně platných standardů, které lze rozdělit na oblasti formátu a obsahu. Standard formátu je mezinárodně pevně stanovený v českém systému jako norma ČSN EN ISO 16739:2017. Standardizace obsahu dat není v rámci Evropské unie stanovena, každý stát ji řeší zvlášť. Bez standardizace zdrojových dat není možné programovat jakékoliv rozhraní mezi systémy a následně nabízet funkcionality, které významně zvýší efektivitu a kvalitu práce uživatelů specializovaných aplikací.⁴⁹

V České republice se začalo o metodě [BIM](#) mluvit již v roce 2011, především o 3D modelech ([BIM modelech](#)) než o metodě [BIM](#) jako takové. V současné době se situace trochu zlepšila. Existují již návrhy staveb, které byly zpracovány metodou [BIM](#). Ve většině případů se však jedná o částečné využití metody [BIM](#) pouze pro oddělené etapy stavebního procesu. Problémem je, že si účastníci každého projektu musí stanovit standardy metody [BIM](#) sami, jelikož nejsou zakotvené na národní úrovni. Často je to nad jejich odborné i časové možnosti.⁴⁹

Od r. 2012 jsou postupně přejímány technické normy týkající se metody [BIM](#). Pro jejich aplikaci je třeba vypracovat i příklady použití, resp. zpracovat jejich návaznost na současnou praxi. V roce 2017 byla Ministerstvem průmyslu a obchodu vydaná Koncepce zavádění metody [BIM](#) v České republice. Zde je také uveden harmonogram doporučených opatření pro zavedení metody [BIM](#) do roku 2027. Koncepce narazila na tyto problémy: *„Prozatím v podmínkách ČR chybí lepší využití informací v navazujících etapách životního cyklu staveb. Je patrná absence základních standardů, tedy pravidel a postupů, a posun od fragmentace celkového procesu ke spolupráci. Řešením je nejen definice základních požadavků a pravidel, ale větší důraz na informovanost a vzdělávání všech případných účastníků projektů využívajících metodu [BIM](#) a zejména pak těch, kteří mohou výsledná data nejlépe využít. V současné době se největší aktivita objevuje mezi projektovými firmami, chybí aktivity především mezi zadavateli dokumentace stavby, stavebními firmami a správci staveb. Tedy tam, kde metodika [BIM](#) přináší největší prospěch.“*⁴⁹

Přijetí Koncepce zavádění metody [BIM](#) je prvním krokem v České republice v digitalizaci stavebnictví. Dosažení vyšší efektivity používání metody [BIM](#) v ČR je přijutím obecnější koncepce [digitalizace](#) celého odvětví stavebnictví, tzv. Stavebnictví 4.0. Do budoucna se předpokládá, že i tato koncepce bude zpracována.⁴⁹

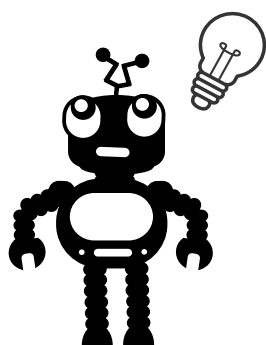
Technologie TEMPUS

Na dopravních stavbách se nyní začínají využívat informační systémy (např. IS EMPUS), který slouží k elektronickému záznamu průběhu výstavby.

Technologie TEMPUS se dá využít pro denní kontroly staveb a management vad a nedodělků včetně průběžné dokumentace staveb.

TEMPUS obsahuje jednotnou třídící metodiku záznamů v rámci kontroly staveb.

Jednotliví specialisté stavebního dozoru zaznamenávají pomocí mobilní aplikace typy záznamů na jednotlivých stavebních objektech. Po provedení záznamu se odesílá z mobilní aplikace na server, kde je pomocí webové aplikace chronologicky řazen. Hlavní cíle používání informačního systému jsou:



- zaznamenání procesu výstavby jak po stránce technických, tak i kvalitativních parametrů,
- odsouhlasení prací v návaznosti na postup výstavby jednotlivých stavebních objektů,
- kompletace dokladů rozhodujících v době realizace díla.

Stavební roboty

Robotika a automatizované systémy představují obrovský potenciál a poskytují mnoho výhod pro stavební průmysl. Stavebnictví je odvětví náročné na pracovní sílu. Robotické systémy a automatizace se v ostatních odvětvích ukázaly jako velmi účinné při snižování mzdových nákladů či zvyšování produktivity a kvality. Kromě toho mohou snížit riziko zranění a převzít od pracovníků provádění nebezpečných úkolů.⁵²

Robotické konstrukční systémy byly vyvinuty již na přelomu 60. a 70. let, avšak implementace robotiky do stavebnictví je velmi pomalá. Výzkumná studie, kde respondenty bylo 11 velkých stavebních společností a vládních agentur v Evropě, uvádí, že jednak společnosti vnímají přínosy, kdy robotika a automatizované systémy zlepší produktivitu a zdraví a bezpečnost zaměstnanců, avšak existují významná obchodní a technická rizika včetně vysokých nákladů pro implementaci nových technologií. Dá se předpokládat, že další technologický vývoj, jako je Průmysl 4.0, [BIM](#), snímací technologie a [umělá inteligence](#) mají potenciál značně ovlivnit přijetí robotiky ve stavebnictví. V současnosti se stavební roboty využívají ve velmi omezené míře.⁵²

Automatizované a robotické konstrukční systémy se používají přímo na staveništi k vytváření konstrukcí a budov. Prvním typem použitých systémů byly jednoúčelové konstrukční roboty (STCR), které mohou opakovaně provádět jeden úkol. Typickým příkladem tohoto typu robotů jsou robotická ramena používaná v automobilovém nebo výrobním průmyslu. Jsou obvykle namontovány na pohyblivé platformy a používají se na místě k provádění jednoduchých úkolů. Příkladem může být integrovaný robotický systém lešení, robot na malování stěn nebo zdící robot. Tento koncept je velmi flexibilní, protože jej lze snadno přizpůsobit a použít v kombinaci s jinými tradičními konstrukčními metodami.⁵²

Na druhou stranu tento přístup přináší další výzvy, jako jsou náročnější požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, obtížná spojitost s činnostmi lidských pracovníků a nedostatečná integrace s navazujícími činnostmi. Proto byl vymyšlen koncept robotického staveniště. Hlavní záměr je integrace samostatné STCR do kontrolovaných prostředí, která umožňují implementaci síťových robotických systémů, ve kterých mohou být různé roboty použity pro různé typy úkolů automatizovaným způsobem, připomínajícím výrobní linku. Cílem je umožnit spolupráci mezi různými roboty pro plnění složitějších úkolů.⁵²

Jako příklad konstrukčního robota, který se již úspěšně používá v praxi, se dá uvést zdící robot Hadrian X. Hadrian X je první mobilní robotický zdící stroj a systém na světě, schopný bezpečně pracovat venku v nekontrolovaném prostředí s rychlostí a přesností. Je schopen postavit stěny domu za jeden den. Robot staví blokové struktury z 3D CAD modelu. Pracuje díky vysoce přesnému systému Dynamic Stabilization Technology (DST), který neustále upravuje polohu koncového efektoru robota, aby zajistil, že bude ve 3D prostoru vždy stabilně udržován ve správném bodě. Unikátní optimalizační software převádí nástěnné skici do blokových pozic a minimalizuje manipulaci a plýtvání blokovými produkty za účelem zvýšení efektivity bytové výstavby. Díky tomu produkuje mnohem méně odpadu než tradiční konstrukční metody a zvyšuje bezpečnost staveniště.⁵³

Automatizace staveb

Jak již bylo výše zmíněno, objevuje se ve stavebnictví snaha zavést řadu technologií a procesů, které změni celý směr a myšlenku stavebních projektů a které lze shrnout pojmem automatizace staveb (CA - Construction Automation). Na rozdíl od konvenčních procesů je CA kapitálově náročnější, klade důraz na využívání strojů a robotů, přičemž je potenciálně neomezená z hlediska výkonu a výroby v reálném čase. Jelikož CA vyžaduje řadu změn v celém odvětví (produkty, procesy, organizace, management, obchodní modely atd.), lze ji považovat za poměrně složitý typ inovace. V současnosti představuje začínající trend ve stavebním odvětví.⁵⁰

Pro realizaci a implementaci trendu CA jsou nezbytné následující nové přístupy, metodiky řízení inovací a technologie (viz obr. 4): roboticky orientované navrhování (Robot Oriented Design), robotická industrializace (Robotic Industrialization), konstrukční roboty (Construction Robots), automatizace staveniště (Site Automation) a ambientní robotika (Ambient Robotics).⁵⁰



Obr. 4: Schéma nových trendů pro automatizaci staveb⁵¹

Roboticky orientované navrhování (ROD) představuje centrální prvek koncepce automatizace staveb. ROD umožňuje efektivní nasazení pokročilých konstrukčních prvků a stavebních technologií. Jde o sladění jednotlivých procesů na staveništi, jako jsou úpravy stavebních výrobků, procesů, organizace a řízení automatizované nebo robotické technologie tak, aby se používání této technologie stalo lépe použitelné, jednodušší a efektivnější.⁵⁰

Druhým konceptem automatizace staveb je robotická automatizace. Princip robotické automatizace je založen na dodávání klíčových stavebních prvků, kdy se jedná o komplexní komponenty a produkty. Týká se to transformace dílčích a nízkoúrovňových komponentů na komponenty vyšší úrovně pomocí mechanizovaného, automatizovaného nebo robotického průmyslového nastavení, ale nejedná se o výrobu celých stavebních bloků, jako jsou například stavební moduly (prefabrikované koupelňové moduly nebo asistenční moduly,

kteřé lze také označit jako stavební subsystemy) a stavební jednotky (napřříklad prefabrikace plně dokončené stavební sekce).⁵⁰

Třetí prvek automatizace staveb tvoří výše zmíněné konstrukční roboty, jejichž využívání vedlo k zavedení čtvrtého prvku CA, kterými jsou automatizovaná/robotická staveniště (Automated/Robotic On-site Factory). V současné době existuje 30 různých systémů automatizace staveniště.⁵⁰

V návaznosti na výše uvedené koncepce a vývoj lze dnes již pozorovat, jak se postupně automatizace staveb, technologie STCR, systémy servisních robotů a další nové technologie ve stavebnictví stále více prosazují. Vznikají takzvané chytré domácnosti se zabudovanými prvky umělé inteligence, které ovládají domácnost (osvětlení, topení, domácí spotřebiče apod.) na základě přání a zvyků obyvatel domu. Do tohoto konceptu se dá zařadit i ambientní robotika (Ambient Robotics), která využívá robotické prvky v domácnosti. Jedná se o různé servisní robotické systémy.⁵¹

Drony

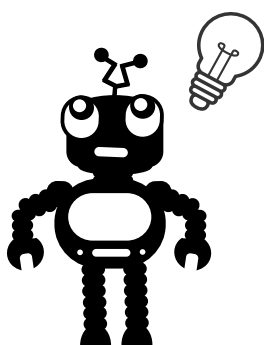
Drony jsou široce známé pod různými jmény, jako jsou [bezpilotní prostředky \(UAV\)](#), bezpilotní systém (UAS) a dálkově řízená vozidla (RPV). Jsou implementovány v mnoha oborech, stavebnictví nevyjímaje. Úspěch dronů ve stavebnictví je způsobený jejich promyšleným zpracováním implementace mnoha velkými společnostmi. Ve stavebnictví poskytují bezpilotní prostředky snadný přístup k velkým nebo těžko přístupným, složitým či výškovým zařízením a místům. Jsou schopny poskytnout data leteckých snímků, mapové informace a obrázky používané pro:

- zeměměřičství;
- stavební inspekci;
- poskytování vizuálních materiálů zákazníkům a zaměstnancům;
- sledování postupu prací na staveništi;
- bezpečnostní kontrolu;
- mapování.⁵²

Používání dronů má mnoho přínosů, ale také přináší nová rizika. Existuje řada problémů, které je třeba dořešit, aby drony mohly být efektivně využívány ve stavebnictví. Z problémů lze například zmínit:

- vysoké počáteční náklady,
- nízká výdrž baterie, která omezuje provoz,
- komplexní provozuschopnost hardwaru a softwaru, což vyžaduje další školení a zvýšení nákladů,

- nesprávně vnímané úrovně přesnosti a tolerancí, což by mohlo vést k chybám a nehodám,
- přísné předpisy, které zvýší náklady na implementaci,
- rizika pro zdraví a bezpečnost.⁵⁷



Řízení bezpečnosti stavby je stále aktuálním problémem ve výzkumu a praxi, protože pracovníci ve stavebnictví jsou často vystaveni nebezpečí úrazů nebo smrtelných nehod. Výhoda využití dronů spočívá v tom, že jsou schopny sbírat a přenášet aktuální videa v reálném čase situace na staveništích. Na toto téma byl provedený experiment, zda zaměstnanci nosí na staveništi přilby. Během experimentu bylo provedeno několik pozorování (prosté pozorování a monitoring dronem). Výsledky potvrdily využitelnost a efektivnost dronů v řízení bezpečnosti, kdy vizualizace poskytly přesný obrázek stavu na pracovišti včetně dodržování zásad bezpečné práce.⁵⁷



Autonomní vozidla

Stavební a těžební průmysl představují pro autonomní technologie velice atraktivní odvětví, neboť dovolují implementaci nových řešení již poměrně v rané fázi, navíc přinášejí skutečný benefit autonomie ve formě ulehčení činnosti člověka, potažmo poskytnutí určité míry ochrany v případě nasazení v nebezpečných podmínkách.⁵⁶

Na staveništích lze k hloubení a třídění zeminy použít autonomní stavební vozidla, jako jsou dozery, bagry, nosiče nákladu a nákladní vozy. Dalším, menším druhem autonomních nebo poloautonomních stavebních vozidel jsou vozítka, která jsou schopna automaticky sledovat pracovníky na staveništi a převážet nástroje a materiál. [Autonomní vozidla](#) fungují pomocí senzorů [LiDAR](#), detekujících překážky v okolí, inerciálních měřicích jednotek (IMU) a technologie GPS. To umožňuje vozidlům znát jejich přesnou polohu na místě a geofence obvykle zakazuje vozidlům se pohybovat mimo určené místo. Vozidla jsou často na místě propojena s jinými autonomními a neautonomními vozidly, což umožňuje všechny činnosti vzájemně koordinovat.⁵⁷

Hlavním přínosem [autonomních vozidel](#) je absence člověka. Vozidlo je schopno pracovat samo, eliminují se tím rizika pro člověka a sníží se náklady na práci.

Dalšími výhodami [autonomních vozidel](#) jsou:

- vyšší bezpečnost, protože řidič se nachází mimo kabinu stroje, a je tak méně vystavený nárazům, prachu a vibracím;
- vyšší produktivita práce a ušetření pracovní síly, jeden operátor může dohlížet na několik autonomních strojů pracujících současně;
- možnost jejich libovolného testování v uzavřeném průmyslovém prostředí, jelikož se na ně nevztahují regulační omezení;
- efektivita, neboť stroje mohou efektivně fungovat 24 hodin denně;
- přesnost práce.⁵⁷

V případě stavebních strojů a těžké techniky je na trhu hned několik konceptů bezkabinových vozidel, které mají připravit cestu budoucímu masivnějšímu nasazení autonomní technologie v těchto oblastech. Společným prvkem těchto vozidel je absence kabiny pro řidiče. To dovolilo rozšířit korby vozidla, kde přední a zadní část vozidla lze rozlišit na první pohled jen podle směru zvedání sklápěcího lože. Zároveň tato symetričnost umožňuje shodně kvalitní pohyb vpřed i vzad, neboť v tomto případě není nijak limitován výhledem člověka z kabiny. Díky tomu se vozidlo nemusí otáčet, čímž se snižují požadavky na prostor. V neposlední řadě dovoluje bezkabinové řešení rovnoměrnější rozložení nákladu na korbě.⁵⁶

Absence řidiče, jak již bylo zmíněno výše, představuje mnoho pozitiv, ale současně vznikají nová rizika, která jsou s tím spojená. Musí být zajištěna ideálně stoprocentní spolehlivost provozu, neboť v této podobě není ve voze přítomný žádný řidič, který by dohlížel na správnou funkčnost vozidla. Dále je zapotřebí zajistit bezpečnost i v okolí vozidla, kde se mohou pohybovat lidé. Mnohatunový kolos se sice nachází v relativně jednoduchém prostředí, kam by neměl mít přístup nikdo jiný než proškolení pracovníci, takže nároky na interakci s lidmi nejsou tak vysoké, přesto pro zajištění bezpečnosti je nezbytně nutné, aby nejen vozidlo dokázalo vždy správně detekovat, že se v jeho blízkosti nachází člověk, ale také, aby tento člověk dokázal identifikovat, jak se bude vozidlo chovat. Další vývoj se tedy bude zcela jistě ubírat jak směrem ke zdokonalování detekčních schopností systému senzorů na vozidle a souvisejícího softwaru na zpracování poskytovaných dat, tak i vytvářením takových zařízení na vnější straně vozu, které budou lidi v okolí informovat o jeho stavu, až například po optimalizaci řídicího dispečerského střediska, které na autonomní prostředky dohlíží.⁵⁶

Příkladem vhodného využití [autonomního vozidla](#) jsou dálniční stavby a staveniště při pracích za provozu, která představují pro pracovníky údržby velmi vysoké riziko. Jedná se o činnosti při údržbě dálnic, tj. kontroly a prohlídky

trasy, zametání krajnic, sekání trávy, údržba stromů a keřů, údržba vozovek, mostů, dopravního značení, elektrických zařízení, odvodnění atd. Při činnostech souvisejících s prací v jízdnicích pružích a ve středním dělicím pásu dálnice za provozu je třeba dbát na to, aby nedošlo k ohrožení pracovníků ani ostatních účastníků provozu. Pracovníci provádějící práce jsou povinni dodržet všechny požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost provozu.⁶²

Velká část nehod se stává v pravém jízdnicím pruhu dálnice nebo na zpevněné krajnici. Práce údržby probíhají při denní nebo noční viditelnosti. Pravidelně dochází k nárazům zezadu za zabezpečovacími vozidly. Pohyblivé pracovní místo představuje nejvíce rizikové pracoviště při práci na komunikaci za provozu. Proto se uvažuje o využití ochranných vozidel bez řidiče pro zvýšení bezpečnosti při údržbě dálnice. Toto samostatně jedoucí vozidlo bylo poprvé využito v Hesensku.⁶² Autonomní bezpečnostní vozidlo již nepotřebuje řidiče za volantem a slouží jako ochrana staveniště proti nárazům vozidel. Bezpečnostní vůz byl přestavěn tak, aby při pomalé jízdě následoval vedoucí pracovní vozidlo. Jako testovací vozidlo bylo použito MAN TGM 18.340, které bylo vybaveno kamerami a radary pro vnímání okolí. Řídicí a brzdový systém, senzory a řídicí software musely splňovat nejpřísnější kritéria. Prototyp vozidla byl z velké části realizován se sériovými komponenty, a to jak pro pravidelnou kontrolu, tak pro implementaci aspektů funkční bezpečnosti. Dodatečný, speciálně vyvinutý systém senzorů s vysokou úrovní zabezpečení a integrovaným spolehlivým rozpoznáváním objektů a jízdnicích pruhů také umožnil analyzovat údaje o charakteristikách trasy a dopravní situaci. Datová komunikace mezi pracovním vozidlem vpředu a bezpečnostním vozidlem vzadu byla prováděna pomocí technologie WLAN.

Aditivní výroba - 3D tisk

Aditivní technologie (z angličtiny Additive manufacturing) je obecný název pro technologie, které zahrnují výrobu produktu podle digitálního modelu (nebo CAD modelu) vrstvením materiálu. Při aditivní výrobě, neboli 3D tisku, se vyrábějí díly nejrůznější velikosti, tvaru a struktury přesným nanášením tavitelného materiálu ve vrstvách na základě zadaných digitálních konstrukčních údajů. Metodou 3D tisku je možné rychle, přesně a cenově výhodně vyrábět zejména prototypy obrobků nebo malých sérií.⁵⁹

Největší výzvou 3D tisku ve stavebnictví je používání betonových konstrukcí. Beton je nejpoužívanějším stavebním materiálem. Současné betonářské odvětví čelí několika problémům. Jedním z nich jsou vysoké náklady. Podle nedávné studie provedené společností Boral Innovation Factory představuje bednění přibližně 80 % celkových nákladů na betonovou konstrukci. Bednění je významným zdrojem odpadu, protože se vše dříve či později vyhodí. Podle

jedné odborné studie je stavební průmysl zodpovědný za produkci přibližně 80 % celkového odpadu na světě. Kromě toho konvenční postup lití betonu do bednění omezuje volnost architektů při stavbě různých geometrií, pokud nejsou za zakázková bednění zaplacené velmi vysoké náklady. Obdélníkové formy nejen omezují kreativitu architektů, ale jsou také strukturálně slabší než křivočaré formy kvůli koncentraci napětí.⁶⁰

Dalším negativem je pomalá rychlost výstavby. Betonová konstrukce často zahrnuje mnoho kroků včetně výroby materiálu, dopravy a výroby bednění na místě. Každý krok je časově náročný. Současné betonářské odvětví je navíc náročné na pracovní sílu a má problémy s bezpečností.⁶⁰

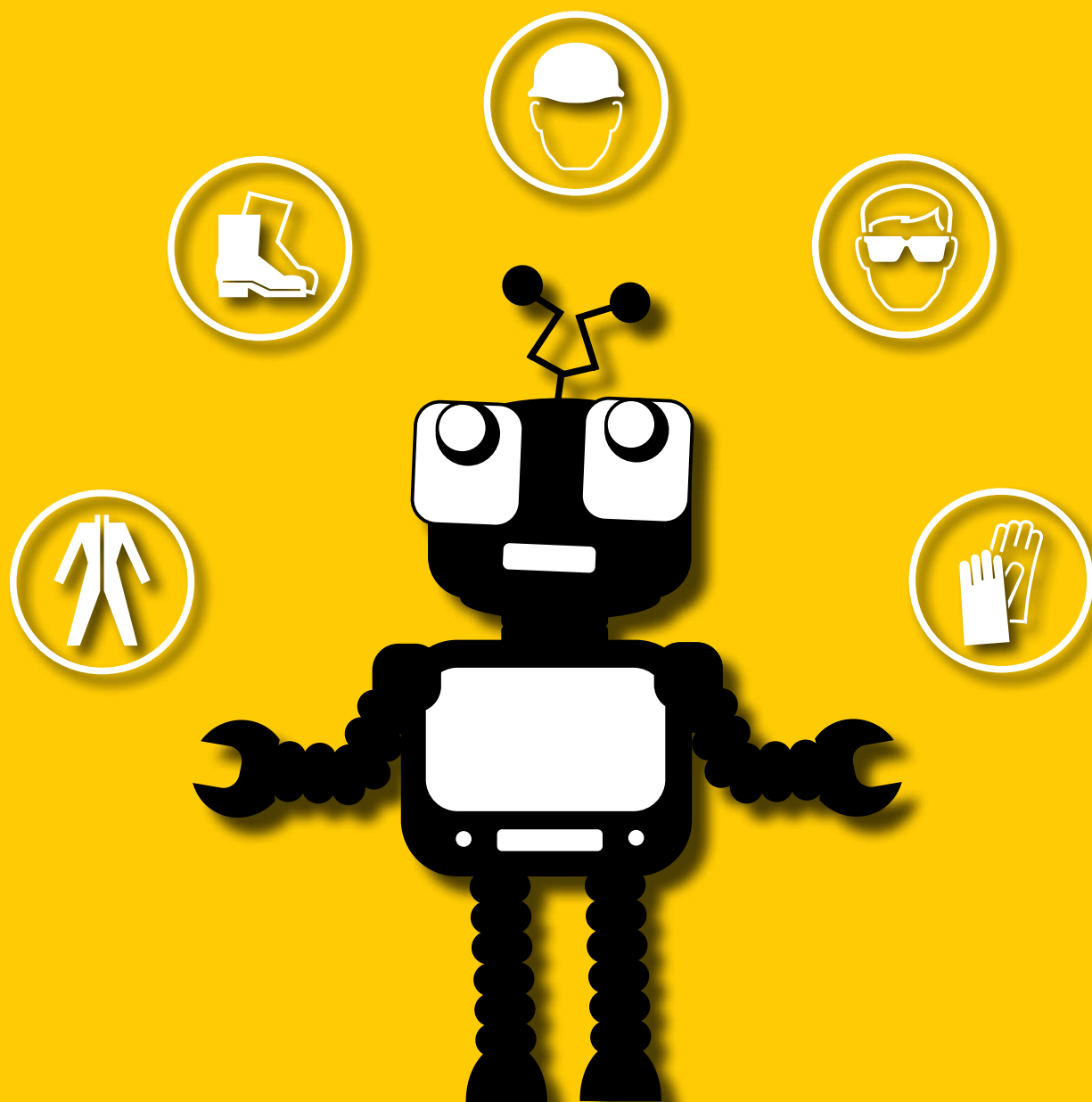
V neposlední řadě má současné stavební odvětví vážné potíže s udržitelností. Obecně platí, že současné stavební metody a materiály nejsou šetrné k životnímu prostředí. Celý proces výstavby včetně přepravy materiálů, instalace a montáže a stavby na místě emituje obrovské množství skleníkových plynů a spotřebovává velké množství energie. Navíc produkce konvenčního betonu je vysoce energeticky náročná a produkuje mnoho uhlíkových zplodin.⁶⁰

Aplikace trojrozměrných (3D) tiskových technik v betonové konstrukci by mohla vyřešit výše uvedené problémy. Technologie 3D tisku ve stavebnictví v poslední době získává na popularitě. Ve srovnání s konvenčními konstrukčními procesy může aplikace technik 3D tisku v betonové konstrukci nabídnout vynikající výhody, například:

- snížení stavebních nákladů odstraněním bednění,
- snížení úrazovosti eliminací nebezpečných prací (práce ve výškách apod.), které by vedly ke zvýšení úrovně bezpečnosti ve stavebnictví,
- vytváření pracovních míst založených na špičkových technologiích,
- zkrácení doby výstavby na místě konstantní rychlostí,
- minimalizaci pravděpodobnosti chyb vysoce přesným ukládáním materiálu,
- zvyšování udržitelnosti ve stavebnictví snižováním plýtvání bedněním,
- zvyšování architektonické svobody, která by umožňovala sofistikovanější a estetičtější návrhy konstrukcí,
- využití potenciálu multifunkčnosti pro konstrukční/architektonické prvky využitím výhod komplexní geometrie.⁶⁰

3D tisku staveb se věnuje již mnoho stavebních společností po celém světě. V současnosti existuje značné množství staveb, které byly postavené za pomoci 3D tisku. Příkladem může být společnost PERI, která mimo jiné postavila technologii 3D tisku největší rodinný dům v Evropě.⁶¹

Osobní ochranné prostředky



Intelligentní osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky

Osobní ochranné prostředky (OOP) byly navrženy tak, aby snižovaly úrazovost. Existující OOP jsou bohužel poměrně neúčinné, protože nejsou schopné poskytovat varovné signály existujícího nebezpečí. Proto se vyvíjí a navrhuje integrace inteligentních systémů do stávajících OOP, aby se zvýšila jejich účinnost. Vzniká tak nová kategorie tzv. [inteligentních OOP](#).⁶³

[Intelligentní OOP](#) jsou tedy novým typem ochranných prostředků. Kombinují tradiční prostředky ochrany s moderními materiály nebo elektronickými součástmi (senzory). Přesná definice pro termín [intelligentní OOP](#) v současnosti není. Za obecnou definici lze považovat následující: *[Intelligentní OOP](#) jsou osobní ochranné prostředky, které vykazují zamýšlenou reakci na změny ve svém okolí/prostředí, nebo na vnější signál/vstup.*⁶⁴

Ve většině případů je inteligentní součástí inteligentních OOP elektronika. V tomto případě [intelligentní OOP](#) kombinuje tradiční OOP (např. ochranný oděv) s elektronikou, jako jsou senzory, detektory, moduly pro přenos dat, baterie, kabely a další prvky.⁶⁴

Známým příkladem, který již byl na veletrzích představený, jsou inteligentní ochranné oděvy pro hasiče. Do oděvů hasičů jsou integrovány různé senzory. Měří tělesné funkce, jako je srdeční frekvence, krevní tlak a tělesná teplota. S takovými údaji je možné posoudit pracovní schopnosti dotyčné osoby. V minulosti to nebylo možné. Další senzory pozorující okolí hasiče mohou detekovat toxické plyny nebo měřit teplotu. Kromě toho lze uložit do senzorů informace o stavu ochranných prostředků po přiřazení. To je velmi užitečné pro posouzení požadovaného typu čištění OOP a kontroly zajištění správné úrovně ochrany. Všechny tyto informace lze použít k optimalizaci úrovně ochrany poskytované hasičům a ke zvýšení jejich schopnosti vykonávat svou práci. [Intelligentní OOP](#) tedy chrání uživatele na vyšší úrovni, někdy poskytují větší pohodlí a mohou poskytovat cenné informace pro péči a údržbu.⁶⁴

Uživatelé jsou rovněž povinni se přizpůsobit novým schopnostem inteligentních OOP. Musí být plně informováni nejen o režimu provozu a funkcích inteligentního OOP, ale také o limitech inteligentních prvků včetně doporučení ohledně provozu, používání, čištění a údržby OOP. Výrobce musí před prodejem poskytnout všechny tyto informace, aby si budoucí uživatel mohl vybrat vhodný OOP. Uživatel by měl používat [intelligentní OOP](#) podle specifikací výrobce.

Workshop Evropské agentury pro bezpečnost a zdraví při práci na téma uživatelská přívětivost inteligentních OOP přinesl několik poznatků. [Inteligentní OOP](#) podle účastníků workshopu by měly splňovat tyto náležitosti:

- Další funkce daného OOP musí vždy zvyšovat bezpečnost; komplikovanost a nadměrný sběr dat jsou dvě věci, kterým je třeba se vyhnout.
- „Méně je více“ je motto, pokud jde o prezentaci údajů uživateli OOP. Jinak může být rychle přetížený informacemi, které odvádějí pozornost od hlavního úkolu, nebo jsou jednoduše ignorovány. Důležitým problémem je, že systémy by neměly shromažďovat a ukládat biometrické údaje nositele nepřetržitě nebo ve výchozím nastavení.
- Uživatelé si přejí mít systémy, které jsou flexibilní a lze je přizpůsobit danému scénáři používání.
- Všechny nové prvky musí spolehlivě fungovat na vysoké úrovni.
- Provoz zařízení musí být praktický a ergonomický. Jeho péče a údržba nesmí vyžadovat další značné úsilí. Uživatelé musí být plně informováni o provozním režimu a funkcích inteligentních OOP a o limitech inteligentních prvků.⁶⁴

Důležitý pohled při zavádění OOP do praxe je pohled všech zainteresovaných stran, nejen přímých uživatelů. Všechny zainteresované strany by měly prodiskutovat tyto náměty:

- Formulovat povinnosti pro výrobce, aby umožnily vhodnou a ekologickou recyklaci inteligentních OOP. To by bylo v souladu se strategií EU pro oběhové hospodářství.
- Požadovat, aby evropské normalizační organizace vypracovaly příslušné standardy v oblasti inteligentních OOP.
- Vývoj inteligentních OOP je vysoce interdisciplinární úkol. Výrobci/ výzkumné instituce musí najít vhodné partnery pro vývoj a posuzování shody inteligentních OOP. Proto se navrhuje podporovat subjekty, které poskytují orientaci při hledání kompetentních partnerů a podporu při komunikaci mezi příslušnými skupinami zúčastněných stran (např. poskytnout financování rozvoje interaktivního orientačního nástroje pro všechny relevantní skupiny zúčastněných stran a poskytnout financování „mapy kompetence“, ve kterých mohou zúčastněné strany efektivně najít kompetentní partnery).

Výzkum a vývoj

- Vyvinout vhodné testovací metody pro [inteligentní OOP](#), zejména pro kombinace textilu a elektroniky, které lze použít k řádné kontrole všech souvisejících rizik.

- Rozvíjet spolehlivou bezdrátovou komunikaci na dlouhé vzdálenosti, a to i v budovách.
- Vypracovat procesy vhodné a ekologické recyklace [inteligentních OOP](#).
- Vyvíjet bezpečné baterie, které lze nosit v blízkosti lidského těla a nepředstavují pro zaměstnance žádná rizika, jako je přehřátí, exploze nebo elektromagnetické rušení.
- Přemýšlet o fázi certifikace/posuzování shody od samého počátku vývoje, zapojit partnery/odborníky zastupující všechny relevantní zúčastněné strany, aby zajistili, že to, co vyvíjejí, bude skutečně použito bezpečným způsobem.

Výrobci

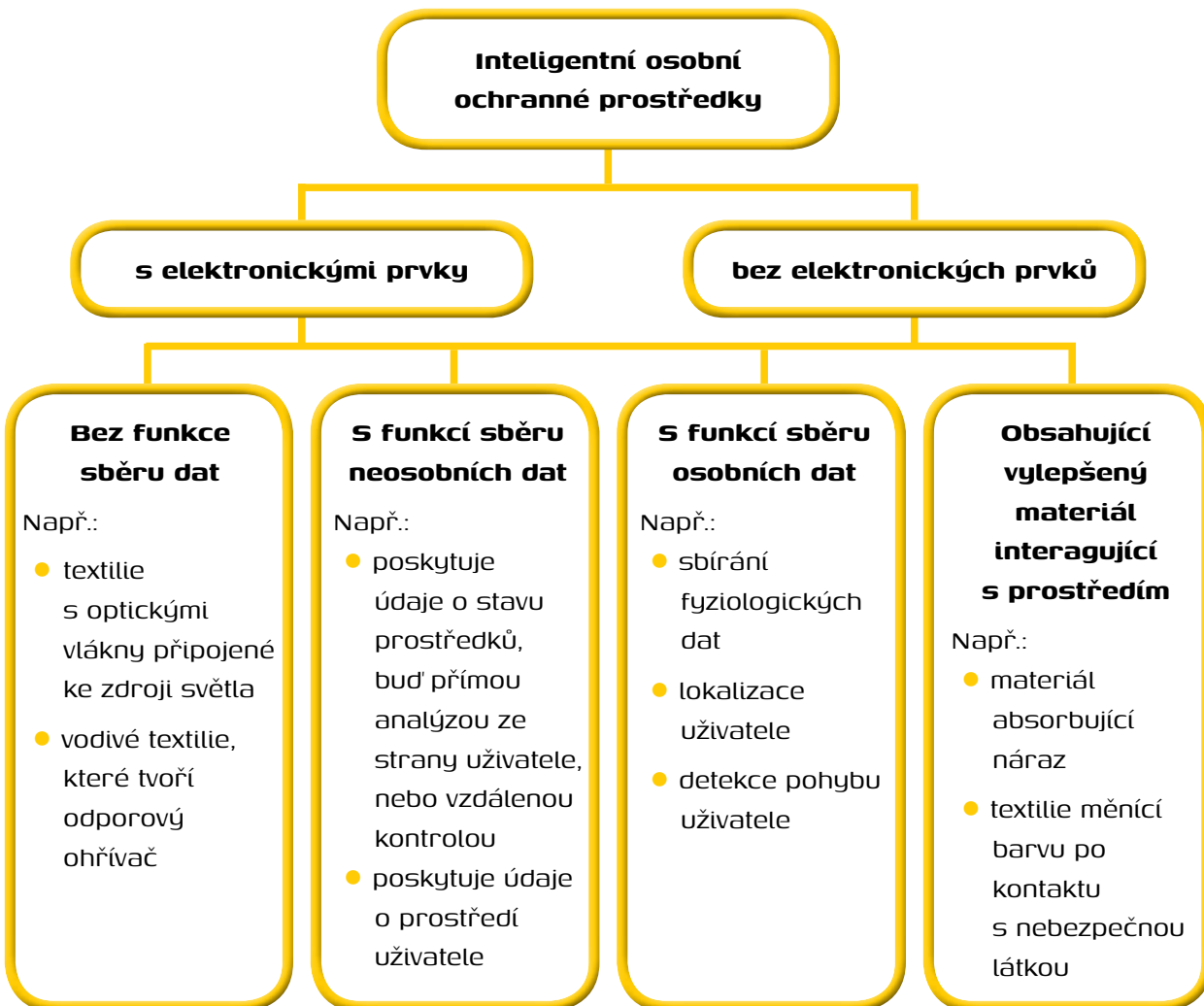
- Vyvíjet [inteligentní OOP](#), které uživatelům poskytují přidanou hodnotu, zejména vylepšenou ochranu. To je stejně důležité pro přijetí inteligentních OOP jako vysoké úrovně spolehlivosti. Kromě toho musí být [inteligentní OOP](#) praktické, pokud jde o způsob jejich používání.
- Zajistit bezpečné baterie pomocí inteligentních OOP.
- Spolupracovat co nejdříve s potenciálními uživateli na vývoji a designu inteligentních OOP, například s ohledem na potřebné funkce a výzvy spojené s monitorováním osobních údajů.
- Poskytnout transparentní a podrobné informace pomocí inteligentních OOP.
- Od začátku vývoje uvažovat o fázi certifikace/posuzování shody: je nutná účast oznámeného subjektu? Pokud ano, navázat těsný kontakt s oznámeným subjektem určeným k provádění posuzování shody na počátku vývojové fáze a udržovat s ním kontakt.

Odborníci na bezpečnost a ochranu zdraví při práci

- Získat kompetence v oblasti inteligentních OOP.
- Informovat uživatele nejen o výhodách, které používání inteligentních OOP poskytuje (vylepšená ochrana, nové metody ochrany, shromažďování údajů o stavu OOP po použití), ale také o výzvách, které přinášejí (nutnost zajistit, aby OOP nepředstavovaly žádná další rizika, význam vhodného použití, problémy spojené se shromažďováním osobních údajů).
- Spolupracovat s výrobci, oznámenými subjekty a normalizačními organizacemi na vývoji inteligentních OOP a vhodných testovacích metod a norem pro [inteligentní OOP](#).
- Zaškolit uživatele v oblasti výběru, bezpečného používání a vhodné údržby inteligentních OOP.⁶⁴

Druhy inteligentních OOP

Inteligentní OOP lze rozlišovat podle integrovaných součástí a výběru použitého materiálu na 2 skupiny: inteligentní OOP bez elektronických prvků a s elektronickými prvky. Inteligentní OOP s elektronickými prvky se dále dají dělit podle funkce sběru dat. Rozlišení a druhy inteligentních OOP jsou znázorněny na obr. 5.⁶⁴



Obr. 5: Rozdělení inteligentních OOP⁶³

Inteligentní OOP bez elektronických prvků

Inteligentní OOP bez elektronických prvků jsou takové OOP, jež disponují vylepšeným materiálem, který jakýmkoliv způsobem interaguje s okolním prostředím.⁶⁶ Uvedená skupinu ochranných prostředků se dá rozdělovat podle funkčních vlastností použitých materiálů na OOP s mechanicky funkčními

materiály a konstrukcí, OOP s chemicky funkčními povrchy, OOP s elektricky funkčními materiály, OOP s tepelně funkčními materiály a OOP s funkčně upravenými protiradiačními materiály.⁶⁵

Příkladem takového ochranného prostředku mohou být inteligentní chrániče kolen. Inteligentní materiál tlumící nárazy může být měkký a pružný, což umožňuje normální pohyb, jako je chůze (na rozdíl od tradičních chráničů kolen, které jsou nepružné a brání normálnímu pohybu). V případě nárazu se však vlastnosti inteligentního materiálu změni a objeví se účinek tlumení.⁶⁶ Jako další OOP fungující na tomto principu lze uvést ochrannou přilbu, kde byl použit gel, který se při působení nárazové síly zahustí do pevného stavu. Přidáním černého uhlíku je kompozit schopen nejen absorbovat 21,6 % energie nárazu, ale také monitorovat intenzitu nárazu prostřednictvím změny elektrického odporu.⁶⁵

Dalším příkladem využití vlastností materiálu jsou ochranné prostředky schopné identifikovat nebezpečné látky. Chromogenní materiál (textilie) měni barvu v závislosti na vnějším podnětu (např. teplo, světlo, enzymy). Této vlastnosti se využívá u chytrých ochranných rukavicích i oděvech, které měni barvu při kontaktu s nebezpečnými látkami.⁶⁴

Inteligentní OOP s elektronickými prvky

Inteligentní OOP s elektronickými prvky jsou takové ochranné prostředky, do kterých jsou zabudované elektronické součástky (senzory, snímače, elektrické signalizační prvky atd.). Liší se podle možnosti sbírat data.⁶⁴

První skupina těchto OOP obsahuje elektronické prvky, které sbírat data nemohou. Většinou se jedná o speciální typ textilie (materiálu), která je napojena na elektrické zařízení v ochranném prostředku. Jedná se o vodivé textilie, které mají díky své vlastnosti mnoho aplikací, například v inteligentním odporovém ohříváči v oděvu. Vodivý materiál je připojen k elektrickému napájecímu zdroji s konstantním výstupním napětím a je vybaven teplotním čidlem pro udržení konstantní teploty kolem ohříváče. Nelze také opomenout vlastnosti některých textilních produktů. Například bezpečnostní vesty, která využívá řady senzorů, jež komunikují se svým okolím.⁶⁶

Druhou skupinou jsou taková OOP, která jsou schopná sbírat data – neosobní OOP (o prostředí, o stavu ochranných prostředků atd.) a osobní OOP (o daném uživateli, jeho poloze a pohybu).

Integrované senzorické moduly OOP, které sbírají neosobní data, umožňují průběžné měření podmínek prostředí v bezprostřední blízkosti pracovníka. Příkladem takového řešení je inteligentní systém OOP určený pro hasiče,

chemické záchranáře a báňské záchranáře (byl vyvinut v rámci projektu i-Protect). Systém se skládá ze senzorů měřících koncentraci šesti různých plynů a komunikační sítě zajišťující bezdrátový přenos naměřených údajů do záchranného koordinačního centra.⁶⁷

Tato skupina inteligentních ochranných prostředků se nejvíce rozvíjí a má mnoho možností využití. OOP mohou být vybaveny senzory, které komunikují s odpovídajícími senzory v jiných zařízeních v blízkosti nositele. Lze tedy zabránit situacím, které představují riziko, např. zabránění kolize s mobilními zařízeními, jako jsou vysokozdvizné vozíky. Dalším příkladem jsou inteligentní OOP, které nosí obsluha strojního zařízení a které zajišťují, že stroj začne pracovat pouze tehdy, když je obsluha na určeném stanovišti. Inteligentní OOP, které shromažďují údaje o svém vlastním použití, mohou být vybaveny senzory, které shromažďují údaje o době používání nebo množství cyklů a komunikují s centrální databází. Nutnost údržby lze tak monitorovat automaticky. Uživatel by mohl být například informován, když je nutná údržba, pravidelná kontrola nebo výměna OOP nebo její části.⁶⁴

OOP sbírající osobní data obsahují systémy na monitorování lidské činnosti a zdravotního/fyziologického stavu. Takovéto OOP umožňují sledování různých fyziologických parametrů včetně polohy těla, svalové aktivity, krevního tlaku, vodivosti kůže, pohybu, hladiny kyslíku, hydratace, teploty, mozkové aktivity, glukózy, sledování srdečního tepu a dalších parametrů. V rámci projektu ConText byly vyvinuty bezkontaktní senzory, které registrují svalovou aktivitu uživatele a shromažďují informace o úrovni fyziologického stresu. Mohly by být dále využity ke snížení rizika muskuloskeletálních poruch. Dalším zajímavým řešením v této oblasti je nositelný počítač integrovaný do standardní ochranné přilby, který chrání pracovníky před otravou oxidem uhelnatým pomocí nepřetržitého a neinvazivního monitorování úrovně nasycení krve plyny.⁶⁷

Některé OOP kombinují více uvedených funkcí. Níže jsou uvedené pouze vybrané ilustrativní příklady.

1. Inteligentní bezpečnostní helma

Inteligentní helma je vyvinuta tak, aby monitorovala podmínky v pracovním prostředí uživatele a provedla hodnocení rizik téměř v reálném čase. Data shromážděná senzory jsou odeslána analýzou na platformu řízenou AI.

Během vývoje helmy byla provedena analýza bezpečnosti práce, která identifikovala rizikové faktory, jež u pracovníka vedou ke zraněním a nehodám. Zjištěné nedostatky byly uváděny pro pracoviště, jako jsou doly, staveniště a elektrotechnická pracoviště. Vztahují se k aspektům, jako je osvětlení, detekce úderů na helmu pracovníka, nebezpečné teploty pro lidskou činnost,

nebezpečné pohyby operátora a špatná kvalita vzduchu v životním prostředí. Zjištěná rizika a nebezpečí a návrhy jejich řešení jsou uvedeny v tab. 2.⁶⁶

Tab. 2: Identifikace běžných rizikových situací v prostředí pracovníka a elektronických komponent pro prevenci daných rizik⁶⁶

Rizikové faktory	Související nebezpečí	Řešení
Nedostatečné osvětlení	<ul style="list-style-type: none"> ● neschopnost pracovníka jasně vidět své prostředí vede k náhodným úderům, uklouznutím, zakopnutím a pádům ● pracovník si neuvědomuje události, které se v jeho prostředí odehrávají 	<ul style="list-style-type: none"> ● implementace senzoru jasu do přilby ● zařazení svítílen jako jednoho z nástrojů pracovníka
Teplota	<ul style="list-style-type: none"> ● extrémní změny teploty vedoucí k úpalu 	<ul style="list-style-type: none"> ● implementace teplotních senzorů do zařízení pracovníka nebo prostředí
Kvalita vzduchu	<ul style="list-style-type: none"> ● škodlivý vzduch v prostředí 	<ul style="list-style-type: none"> ● senzory vlhkosti a detektory plynů
Pohyb pracovníka	<ul style="list-style-type: none"> ● uklouznutí, zakopnutí a pády ● údery do těla pracovníka 	<ul style="list-style-type: none"> ● použití přenositelných zařízení s akcelerometry schopnými detekovat pády ● integrace citlivých silových rezistorů do přilby operátora

Z hlediska přenosu informací ze senzorů bylo zvoleno použití technologií Wi-Fi díky jejich schopnosti přenášet informace v lokálních sítích (LAN) na webový server, který je zodpovědný za shromažďování, zpracování a předávání varování před anomáliemi uživatelům OOP nebo administrativním pracovníkům.⁶⁶

Cílem chytré helmy je chránit obsluhu před možnými nárazy a zároveň monitorovat veličiny v jejím prostředí, jako je množství světla, vlhkost, teplota, atmosférický tlak, přítomnost plynů a kvalita vzduchu. Současně má být tento inteligentní osobní ochranný prostředek dostatečně osvětlený, aby byl viditelný i pro ostatní pracovníky. Všechna tato upozornění budou obsluze předávána

pomocí zvukových signálů. Senzory, které byly vybrány jako součást souboru elektronických zařízení a která mají být implementována, jsou snímač teploty, plynu a tlaku, snímač jasu, snímač otřesů a akcelerometr. Přicházející data ze senzorů jsou zpracována v mikrokontroléru, který získává a zpracovává informace přicházející ze senzorů, která jsou následně přenášeny na implementovaný webový server prostřednictvím modulu Wi-Fi. Navržený elektronický systém je umístěn v zadní části přilby. Je v něm také integrována lampa, která se automaticky aktivuje, pokud je hodnota jasu senzoru nižší než prahová hodnota stanovená v programu mikrokontroléru. Informace přenášené přilbou lze zobrazit na webové platformě.⁶⁶

Při vizualizaci údajů o prostředí je na přilbě umístěn LED pásek, který upozorňuje pracovníka na anomálie prostřednictvím barevných kódů.⁶⁶

2. Inteligentní bezpečnostní vesta v intralogistice

Tato bezpečnostní vesta slouží k ochraně pracovníků ve skladu. Disponuje elektronikou integrovanou do přední i zadní části vesty, která komunikuje s mobilním asistenčním systémem, díky čemuž může být pracovník chráněn před srážkou s vysokozdvihným vozíkem. Když se pracovník nachází v nebezpečné zóně vysokozdvihného vozíku, vesta, kterou má na sobě, vydá akustický alarm nebo vyšle signál do vozíku, který ho může automaticky zpomalit na rychlost chůze.

Dalšími funkcemi vesty je kontrola stavu, kdy v případě nečinnosti dokáže automaticky detekovat, zda má nebo nemá pracovník vestu na sobě, nebo zda je pracovník nehybný v důsledku nehody. Tyto informace mohou být přenášeny operátorovi a v případě potřeby spuštěn alarm. Dále obsahuje nouzové tlačítko pomocí LED pásky pro lepší viditelnost, akustický alarm a funkci odeslání předem definovaných textových zpráv vedoucímu skladu či IT podpoře. Poslední funkcí je schopnost detekce toxických plynů a včasné varování pracovníka před nebezpečím.⁶⁸

3. Ochranný oděv HORST pro práci s motorovou pilou

Pro práci s motorovou pilou je již mnoho let součástí zákonem předepsaných OOP oděv na ochranu proti proříznutí. Běžné ochranné oděvy proti proříznutí poskytují svému nositeli pouze pasivní ochranu: kalhoty a bunda obsahují ochranné vložky proti proříznutí sestávající se z několika vrstev speciálního materiálu z velmi pevných vláken. Pokud dojde ke kontaktu řetězu pily s textilií, zachytí se ve tkanině, a proto se zastaví dříve, než je uživatel zasažen. Vícevrstvý materiál má však vyšší tepelný odpor, je méně prodyšný, což představuje další fyziologickou zátěž pro uživatele - vyšší pocení, snížení komfortu apod.

Naproti tomu nový elektronický ochranný prostředek HORST nabízí aktivní ochranu, kdy nedochází k žádnému kontaktu pily s ochranným oděvem, systém se spustí dříve, než hrozí poškození svrchní textilní vrstvy. Ochranný prostředek nabízí uživateli aktivní ochranu. Magnety na vodící liště řetězové pily a vysoce citlivé snímače magnetického pole zabudované v textilní tkanině OOP vytvářejí pro uživatele jakési ochranné elektronické pole. Pokud se pila přiblíží příliš blízko, kontakty v oděvu se vlivem magnetického pole motorové pily sepnou a vyšlou rádiový signál, který pilu okamžitě zastaví na vzdálenost 5 až 10 centimetrů od uživatele.

Oproti klasickému OOP je tento oděv lehčí a prodyšnější, protože neobsahuje několik vrstev ochranných materiálů. Díky tomu je pohodlnější na nošení a zároveň snižuje fyziologickou zátěž uživatele. Textilní vrstva obsahující senzory nijak uživateli nepřekáží a nebrání mu v pohybu. Je také mimořádně odolná, ochranný oděv lze mnohokrát vyprat.⁶⁹

4. Ochranná rukavice pro elektrikáře

Ochranná výstražná rukavice, která je schopna rozpoznat přítomnost napětí, byla vyvinuta za účelem zvýšení průmyslové bezpečnosti elektrikářů. Smyslem ochranné rukavice je varovat pracovníka v situaci, kdy je zdroj elektrické energie zapnut dříve, než pracovník stihne dokončit svou práci. Pracovník je o nebezpečí varován prostřednictvím rozsvícení červeného LED-světla. Rukavice je schopna identifikovat běžné napětí (>230 V), ale za příznivých podmínek je možná i detekce podstatně menšího napětí. Elektronika je co nejjednodušší, aby bylo možné spolehlivě sledovat napětí. Kromě toho jsou díky tomu výrobní náklady mírné. Detekce ohrožujícího síťového napětí v blízkosti rukavice je založena na pozorování tvořícího se elektrického pole. Nejdůležitější součástí elektroniky je mikrokontrolér. Kromě něj je použito pouze několik pasivních součástek a anténa, do které se akumuluje indukční napětí. To se měří pomocí AD převodníku mikrokontroléru. Nakonec mikrokontrolér analyzuje vstupní data a rozhodne, zda je napětí přítomno, nebo ne. Signál, který přichází do převodníku z antény, byl upraven na vhodnou úroveň citlivosti.

Anténa se umísťuje na horní plochu ukazováčku. Při testování kabelu se nasměruje prstem z bezpečné vzdálenosti na požadovaný vodič. Elektronika je napájena baterií, kterou lze nabíjet pomocí malé přenosné nabíječky vyrobené speciálně pro tyto účely. S plně nabitou baterií funguje detektor v závislosti na podmínkách několik dní. Ochranná rukavice byla několik měsíců testována v elektrárně a zkušenosti byly pozitivní.⁷⁰

Exoskelety

[Exoskelety](#) se nedají zařadit mezi OOP, ale mohou být považovány za pracovní pomůcky. Jsou to mechanická či elektrická nositelná zařízení, jejichž smyslem je minimalizovat zátěž a zranění tím, že poskytují podporu uživateli při zvedání břemene a rozložení jeho hmotnosti, korekci držení těla a další funkce. [Exoskelety](#), označované někdy jako exosuity, se používají především pro fyzickou rehabilitaci, ale stále častěji je využívají i pracovníci ve stavebnictví, logistice a výrobě.²¹

[Exoskeletů](#) existuje mnoho typů, můžeme je rozlišovat na základě konstrukce na pasivní (mechanické) a aktivní (plně nebo částečně elektrické), nebo podle částí těla, které [exoskelety](#) podporují. Pasivní [exoskelety](#) fungují čistě mechanicky, například pomocí pružinových systémů, které absorbují energii při určitých pohybech těla a opět ji uvolňují, aby zajistily požadovaný pohyb a oporu. Nevyžadují napájení a obvykle podporují pouze jednotlivé části těla. Vzhledem k tomu, že jsou lehčí a levnější než jejich aktivní protějšky, jsou mnohem častěji využívány. Aktivní [exoskelety](#) disponují elektrickým nebo pneumatickým pohonem, který vyžaduje napájení. Mohou mít modulární a rozšiřitelnou formu, což umožňuje podporu více částí těla. Vzhledem k tomu, že aktivní [exoskelety](#) jsou velmi složité a často mají vysokou vlastní hmotnost, setkaly se v průmyslu zatím s menším přijetím.

Mnoho [exoskeletů](#) funguje na principu přenášení váhy z jedné části těla na jinou část, například z paží na nohy, aby se snížila nepřetržitá zátěž, zvýšila vytrvalost a zlepšila produktivita. Postup, jak toho dosáhnout, se u různých typů [exoskeletů](#) liší. Například některé [exoskelety](#) na paži toho dosahují pomocí protiváhy, která přenáší váhu paže dolů na zem. Jiné [exoskelety](#) se zaměřují na zvýšení síly uživatele. Například silové rukavice mohou být použity ke zvýšení síly úchopu pro uživatele, kteří mají problémy s uchopením nástrojů. Toho se dosahuje pomocí senzorů v rukavici, které přidávají dodatečnou sílu do ruky uživatele a zlepšují úchop.²¹

Některé konstrukční [exoskelety](#) jsou přizpůsobeny typu postavy uživatele a většina z nich se dodává v různých velikostech. Jsou dnes stále elegantnější a lehčí, aby se snáze nosily po celý dlouhý pracovní den a lépe se s nimi manévrovalo v pracovních prostorách. Některé společnosti také umožňují zákazníkům vyzkoušet si výrobek a nabízejí školení, aby se jejich uživatelé ujistili, že rozumí schopnostem svého [exoskeletu](#).²¹

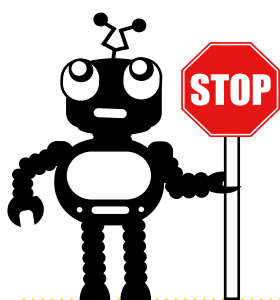
Směrnice nebo nařízení EU, pod které [exoskelety](#) spadají, jsou v současné době předmětem diskuzí na evropské úrovni. Je možné, že by mohly být považovány za technické prostředky podle směrnice 2006/42/ES o strojních

zařízeních. Příloha 1 této směrnice popisuje cíle ochrany, které by již mohly poskytnout orientaci pro zamezení nebezpečí při používání exoskeletů. Pokud se exoskelety používají pro účely pracovní rehabilitace nebo začlenění osob se zdravotním postižením, tak platí evropská směrnice 93/42/EHS pro zdravotnické prostředky. Vzhledem k tomu, že exoskelety jsou určeny k ochraně před přetížením těla při zvedání nebo přenášení nebo při práci, je možné postupovat podle nařízení (EU) 2016/425, kterým se řídí osobní ochranné prostředky, ale tato možnost je prozatím diskutována.⁷²



Možná nebezpečí, která představují exoskelety, musí být identifikována a vyhodnocena během posuzování rizik. Vzhledem k nedostatku relevantních studií to však zatím není zcela možné. Prozatím nebylo dostatečně prozkoumáno, zda každodenní nošení exoskeletů vede v dlouhodobém horizontu k atrofii (ochabnutí) svalů, a pokud ano, jak by se to mělo posuzovat. Nebo například, pokud by byla práce s exoskeletem vykonávána nad hlavou po dobu několika hodin, jak brzy lze očekávat poruchy krevního oběhu v pažích. U aktivních exoskeletů může dojít k poruše pohonu nebo ovládní systémů, což může vést ke zranění. Totéž platí pro poruchy způsobené chybou obsluhy. Aby se rizika, která představuje používání exoskeletů, minimalizovala, je třeba je identifikovat a vyhodnotit. Německá instituce sociálního úrazového pojištění pro odvětví obchodu a distribuce (BGHW) zahájila v roce 2018 projekt Exo@work, v rámci kterého se vyhodnocují exoskeletální systémy v pracovním prostředí. Cílem projektu je vypracování metodického dokumentu, který bude obsahovat doporučení, jejichž prostřednictvím lze zjistit nebezpečí, nepříznivé dopady na zdraví, přijatelnost a snadnost používání a systematicky je vyhodnocovat.⁷²

Je třeba poznamenat, že exoskelety jsou na konci hierarchie ochranných opatření (technické–organizační–osobní). Teprve když není možné využít technických a organizačních opatření, je třeba přistoupit k opatření osobnímu. Pak je použití exoskeletu opodstatněné.⁷²





Na druhou stranu [exoskelety](#) mají velký potenciál. Tím, že lépe rozkládají hmotnost a snižují zátěž různých částí těla, mohou přispět ke snížení rizika dlouhodobých zranění. Uživatelé pocítují menší únavu a díky menší zátěži mohou vykonávat i práce, které jejich tělo obvykle nezvládne. Zároveň otevírají pracovní možnosti i lidem, kteří by za běžných okolností nemohli danou práci dělat, např. kvůli věku či svým fyzickým možnostem.⁷¹

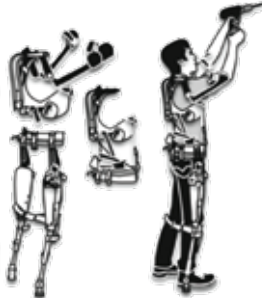





Vždy však platí zásada, že použití těchto pracovních pomůcek musí být doprovázeno vhodnými behaviorálními opatřeními, jako je instruktáž a školení.⁷²

Druhy exoskeletů

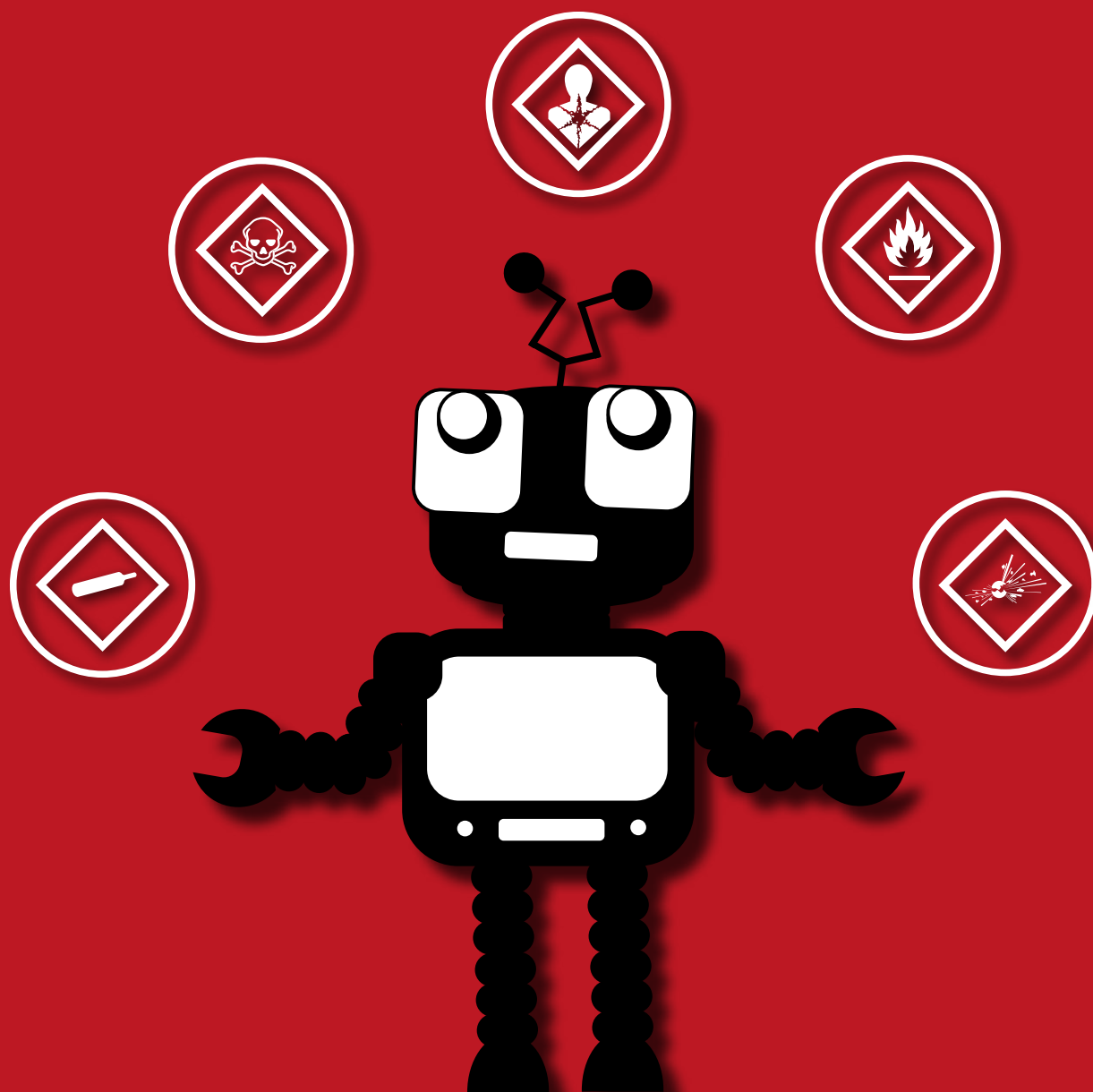
Jak již bylo popsáno výše, existuje mnoho typů [exoskeletů](#) v závislosti na části těla, které mají podpořit. V tabulce 3 jsou uvedeny příklady jednotlivých druhů [exoskeletů](#).

Tab. 3: Typy [exoskeletů](#) a jejich potenciální pozitivní a negativní účinky⁷²

Typ exoskeletu	Posílení (potenciální pozitivní účinky)	Omezení (potenciální negativní účinky)	Grafické znázornění
Silové rukavice	Snižuje potřebnou sílu vyvíjenou rukama až o polovinu.	Síla lidské ruky je generována širšími muskuloskeletálními systémy, které mohou být namáhány nestejným zatížením, když je a není rukavice nasazena.	
„Židle bez židle“	Podpora při přerušovaném sezení.	Nesoulad mezi standardní výškou židle a různou výškou pracovních úkolů vede k problémům s rovnováhou, které vnášejí do pohybového aparátu napětí.	

Typ exoskeletu	Posílení (potenciální pozitivní účinky)	Omezení (potenciální negativní účinky)	Grafické znázornění
Lehký modulární celotělový oblek	Přenáší pracovní zátěž na svalstvo středu těla.	Časté opakované používání způsobuje tření v opěrných bodech.	
Celotělový karbonový oblek	Snižuje zátěž při zvedání.	Omezuje trojrozměrné rotační pohyby člověka, které jsou typické pro zvedání.	
Mechanický oblek vyvažující celé tělo	Snižuje zátěž pomocí mechanické opory.	Gravitačně vyvažující rameno poskytuje pouze dvourozměrnou oporu, ale práce může vyžadovat trojrozměrný pohyb.	
Lehký elektrický oblek	Poskytuje mechatronickou podporu pro manipulaci s břemeny.	Omezuje lidské rotační pohyby, které jsou obvykle součástí práce.	
Pomocné končetiny – lehký typ	Poskytuje okamžitě dostupnou dodatečnou podporu na pracovištích s omezeným přístupem.	Zavádí více nových a nepředvídatelných zátěží pro pohybový aparát.	
Pomocné končetiny – těžký typ	Zvyšuje lidskou sílu pro přenášení těžkých břemen.	Výrazně snižuje rozsah lidského pohybu.	

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci



Legislativní a normativní rámec zajištění BOZP v souvislosti s novými technologiami v EU a v ČR

Právní rámec v EU a v členských zemích

V Evropské unii v současnosti existují dva hlavní právní předpisy, které se vztahují na technologie a pracoviště a které také vytvářejí legislativní základ pro systémy založené na umělé inteligenci a pokročilou robotiku pro automatizaci úkolů.

Jedním z hlavních právních předpisů upravujících harmonizaci základních požadavků na ochranu zdraví a bezpečnost strojního zařízení na úrovni EU je směrnice o strojních zařízeních 2006/42/ES. Vztahuje se na výrobky, které mají být uvedeny na trh EU poprvé. Tato směrnice je v ČR implementována do nařízení vlády č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení, ve znění pozdějších předpisů. Hodnocení této směrnice v roce 2018 odhalilo obecnou vhodnost pro digitální inovace. Objevily se však určité obavy, že systémy založené na umělé inteligenci by mohly v budoucnu zpochybnit vhodnost této směrnice (European Commission, Evaluation of the Machinery Directive, 2018).

Druhým důležitým právním předpisem je rámcová směrnice BOZP 89/391/EHS. Tato směrnice má zásadní význam, protože jde o základní právní akt v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví, který stanoví obecné zásady týkající se prevence a ochrany bezpečnosti a zdraví pracovníků. Uvádí obecné zásady prevence (např. vyhýbání se rizikům, hodnocení rizik, konzultace s pracovníky, školení atd.) a povinnosti zaměstnavatelů a zaměstnanců.

Přístup EU k umělé inteligenci (AI) se soustřeďuje na dokonalost a důvěru s cílem posílit výzkumnou a průmyslovou kapacitu a zajistit základní práva. Evropský přístup k AI pomůže vybudovat odolnou Evropu pro digitální dekádu, kde lidé a podniky mohou využívat výhod AI. Zaměřuje se na 2 oblasti: dokonalost v AI a důvěryhodnou AI. Evropský přístup k AI zajistí, že jakákoli vylepšení AI budou založena na pravidlech, která chrání fungování trhů, veřejného sektoru, bezpečnost lidí a základní práva. Aby Evropská komise mohla dále definovat svou vizi AI, vyvinula strategii AI – [Umělá inteligence](#) pro Evropu⁷², která jde ruku v ruce s evropským přístupem k AI.⁷²

Evropská komise v současnosti vyhodnocuje, zda jsou legislativní rámce v oblasti bezpečnosti a odpovědnosti na úrovni členských států a na úrovni

EU vhodné pro zamýšlené účely ve světle nových výzev, nebo zda existují určité regulační mezery, které je nutné odstranit.⁷³

Vzhledem k tomu, že AI je oblastí strategického významu, Evropská komise v roce 2021 zahájila další legislativní horizontální regulační návrh zákona o umělé inteligenci (návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady, kterým se stanoví harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci /Akt o umělé inteligenci/ a mění určité legislativní akty Unie).^{74, 75}

V současné době je Komise pro horizontální legislativní nástroj EU pouze pro vysoce rizikové systémy AI a pro možnost řídit se kodexem chování pro poskytovatele systémů založených na AI, které nejsou vysoce rizikové. Návrh obsahuje část o zakázaných praktikách AI (článek 5), jako je „uvádění na trh, uvádění do provozu nebo používání systému umělé inteligence, který využívá podprahové techniky mimo vědomí osoby s cílem podstatně narušit chování osoby způsobem, který způsobí nebo pravděpodobně způsobí této osobě nebo jiné osobě fyzickou nebo psychickou újmu“. Zahrnuje i klasifikaci systémů založených na AI jako vysoce rizikové. Příloha uvádí následující systémy také v části věnované zejména pracovnímu kontextu, kategorii zaměstnání, řízení pracovníků jako „systémy AI určené k náboru nebo výběru fyzických osob, zejména k inzerci volných pracovních míst, prověřování nebo filtrování žádostí, hodnocení kandidátů v průběhu pohovorů nebo testů; AI určená k rozhodování o povýšení a ukončení pracovních smluvních vztahů, pro přidělování úkolů a pro sledování a hodnocení výkonu a chování osob v takových vztazích“.

Návrh rovněž obsahuje kapitolu o požadavcích na vysoce rizikové systémy založené na AI, která mimo jiné obsahuje článek 13 Transparentnost a poskytování informací uživatelům a článek 14 Lidský dohled. Článek 13 požaduje vhodný typ a stupeň transparentnosti a článek 14 vhodné nástroje rozhraní člověk-stroj, aby na ně mohly fyzické osoby účinně dohlížet, když je systém používán, a aby se také předcházelo nebo minimalizovalo riziko pro zdraví, bezpečnost nebo základní práva, která se mohou objevit při používání systémů založených na AI.^{74, 75}

Pouze několik zemí EU uvádí konkrétní iniciativy v oblasti vnitrostátní právně závazné regulace týkající se systémů založených na AI, jako je pokročilá robotika nebo chytré ICT a BOZP. Rakousko iniciuje diskusi týkající se pokročilé robotiky, která by mohla vyústit v národní právně závazný (mezinárodní) standard. Nizozemsko seznamuje, že pokud jde o inteligentní robotiku, existuje mnoho (povinných) diskuzních platforem odvozených ze směrnice o strojích pro inspektory, průmyslové partnery, pro normalizační úřady atd. Finsko uvádí, že nakládání s daty ve vztahu k inteligentním ICT je zahrnuto do příprav mnoha legislativních aktualizací, ale na obecnější úrovni.⁷⁶

Nyní se v členských státech EU nepřipravuje nic konkrétního z hlediska legislativy o systémech založených na AI a BOZP, i když probíhají jednání na odborné úrovni se zástupci podniků. O normách pro AI a biometrii se diskutuje ve spolupráci s dalšími evropskými odborníky na normalizaci.

Velká část současné legislativy týkající se BOZP je na určité úrovni použitelná pro používání systémů založených na AI a pokročilé robotice. Některé odpovědi expertů však naznačují, že není vždy zcela jasný obrázek o tom, jak dodržovat příslušné právní předpisy. V tomto bodě zůstává nejasné, zda a jak jsou nástroje, jako je hodnocení rizik nebo účast zástupců zaměstnanců, systematicky zapojovány do procesů konzultací, hodnocení nebo navrhování.⁷⁶

Právní rámec v ČR

Co se týká všeobecně zařízení, jsou v ČR dvě roviny zajištění jejich bezpečnosti. Jedna je dána do působnosti výrobce daného zařízení a ta druhá do působnosti zaměstnavatele. Tzn., že výrobce musí vyrobit bezpečný výrobek a zaměstnavatel tento výrobek musí bezpečně používat. K zajištění uvedeného existují dvě legislativní roviny, a to právní předpisy pro výrobky a právní předpisy pro jejich bezpečné provozování.

Rovina výrobce – předpisy

Veškeré výrobky, strojní zařízení apod. musí mít vystavený dokument s názvem ES prohlášení o shodě. Vystavení tohoto prohlášení je v kompetenci výrobce strojního zařízení, který je oprávněn prohlášení vystavit na zařízení nebo jej označit výrobním štítkem a evropským symbolem shody CE. Prohlášení o shodě je písemné ujištění výrobce nebo dovozce o tom, že výrobek splňuje požadavky technických předpisů platných v ČR a že byl dodržen stanovený postup při posouzení shody. Bez tohoto dokumentu nemůže být strojní zařízení uvedeno na trh. Dále jsou uvedeny příslušné právní předpisy v této oblasti.

- Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků, ve znění pozdějších předpisů
- Strojními zařízeními všeobecně se zabývá nařízení vlády č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení, ve znění pozdějších předpisů (implementována směrnice o strojních zařízeních 2006/42/ES).

Rovina provozovatele – předpisy

Splněním výše uvedených požadavků ale celý proces nekončí, je zapotřebí zajistit bezpečný provoz stroje. Dále jsou uvedeny příslušné právní předpisy v této oblasti.

- Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů (implementována směrnice 89/391/EHS)
- Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů (implementována směrnice 89/391/EHS)
- Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., stanovující bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí

Poznámky k využití vybraných technologií z pohledu zajištění BOZP

Průmyslové roboty

Využití

Průmyslové roboty je vhodné využívat především tam, kde je možné výrobu maximálně zautomatizovat. Své uplatnění najdou ve většině oblastí průmyslové výroby.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž operátorů.

Robot vykonává činnosti náročné na fyzickou sílu. (Např. místo operátora vykonává fyzicky náročné činnosti robot.)

V případě optimálního nastavení robotů se snižuje psychická zátěž působící na operátory.



Robot vykonává monotónní činnosti sám, a to opakovaně a nepřetržitě. (Např. místo operátora vykonává monotónní činnost robot.)

V případě optimálního nastavení robotů se snižuje pravděpodobnost vzniku nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Robot a s ním související nebezpečný prostor je od operátora oddělen. (Např. robotické pracoviště je od ostatních prostor odděleno klecí.)

V případě nedostatečného zaškolení operátorů se může zvyšovat jejich psychická zátěž.



Robotické pracoviště klade zvýšené nároky na znalosti, schopnosti a dovednosti operátora. (Např. operátor je ve stresu z důvodů nevládnutí jemu přidělených úkolů.)

V případě nevhodně nastaveného robotického pracoviště se mohou zvýšit dopady nebezpečí související s ergonomií.



Robotické pracoviště není operátorovi přizpůsobeno. (Např. z důvodů nevhodného výškového uspořádání robotického pracoviště je operátor při odebírání obrobků nucen vykonávat pracovní činnost v nevhodné poloze.)

V případě chybně nastavených postupů výrobního procesu se mohou výrazně zvýšit dopady nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Robotické pracoviště vykonává činnosti za využití taktů, rychlostí a sil, které nemusí být schopen operátor odhadnout, jejich působení pak může mít násobně vyšší dopady v porovnání s procesy, v rámci kterých je využito pouze působení operátora. (Např. operátor je na robotickém pracovišti zasažen robotickým ramenem.)

V případě nedodržení bezpečnostních postupů a pravidel může dojít k vážným až smrtelným pracovním úrazům.



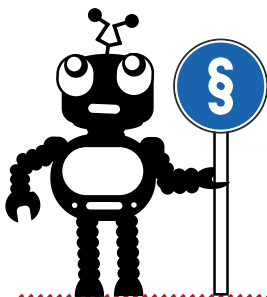
Průmyslové roboty mohou při své činnosti dosahovat vysoké rychlosti a sil. Kontakt robota s člověkem může mít fatální následky, proto je robot od svého okolí oddělen. Při nedodržení bezpečnostních pravidel, například v rámci údržby, tak hrozí až fatální důsledky.

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a vykonávaných činností a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- fyzické zátěži;
- psychické zátěži;
- ergonomii pracoviště;
- vstupu operátora do nebezpečného prostoru robota;
- údržbě robotického pracoviště;
- zdravotní způsobilosti operátora.



NORMY TÝKAJÍCÍ SE ROBOTIZOVANÝCH PRACOVÍŠŤ

Základní normou je **ČSN EN ISO 12100:2011**. Tato norma specifikuje terminologii, zásady a metodologii k dosažení bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení.

Další velice důležitou normou je **ČSN EN ISO 10218** specifikující požadavky na bezpečnost průmyslových robotů, která se dělí na dvě části: část první **ČSN EN ISO 10218-1:2012** se zabývá roboty a část druhá **ČSN EN ISO 10218-2:2011** je zaměřená na systémy robotů a jejich integraci.

Koboty

Využití

Koboty je vhodné využívat především tam, kde je možné využít efektivně schopností operátora a vlastností kobota. Své uplatnění najdou především při drobnějších operacích, popřípadě v rámci operací, kde je zapotřebí větší spoluúčasti operátora.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž operátorů.

Kobot vykonává činnosti náročné na fyzickou sílu. (Např. místo operátora vykonává fyzicky náročné činnosti kobot.)



V případě optimálního nastavení interakce kobotů s operátory se snižuje pravděpodobnost vzniku nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.

V rámci nebezpečného prostoru kobota je využito programových, technických či organizačních opatření a senzorů, které brání nežádoucí interakce kobota a operátora. (Např. při přiblížení kobota s operátorem se snižují síly a rychlosti kobota.)



V případě optimálního nastavení interakce kobotů s operátory se snižuje psychická zátěž operátorů.

Kobot vykonává část výrobního procesu sám, a to s vysokou přesností. (Např. snižuje se tlak na přesnost operátora, kdy operátor stanovuje pouze vstupní parametry vykonávané činnosti.)

V případě nevhodně nastaveného kobotického pracoviště se mohou zvýšit dopady nebezpečí související s ergonomií.



Kobotické pracoviště není operátorovi přizpůsobeno. (Např. z důvodů nevhodného výškového uspořádání kobotického pracoviště je operátor při vkládání materiálů nucený vykonávat pracovní činnost v nevhodné poloze.)

V případě nedostatečného zaškolení operátorů se může zvyšovat jejich psychická zátěž.



Kobotické pracoviště klade zvýšené nároky na znalosti, schopnosti a dovednosti operátora. (Např. operátor je ve stresu z důvodů nezvládnutí jemu přidělených úkolů.)

V případě vyřazení bezpečnostních prvků z provozu se mohou výrazně zvýšit dopady nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Koboty mohou vykonávat činnosti za využití taktů, rychlostí a sil, které nemusí být operátor schopen odhadnout, jejich působení pak může mít násobně vyšší dopady v porovnání s procesy, v rámci kterých je využito pouze působení operátora. (Např. operátor záměrně vyřadí z provozu senzor rozpoznávající blízkost operátora a operátor je následně zasažen nástrojem kobota.)

Spolupráce operátora a [kobota](#) je vysoce náročná na analýzu rizik.

V souvislosti s pracovištěm využívajícím [kobota](#) je nutné věnovat zvýšenou pozornost uzpůsobení pracoviště sdíleného operátorem a kobotem. V analýze rizik musí být věnována zvýšená pozornost mezním hodnotám sil vyvíjených kobotem uvedených v příslušných normách.



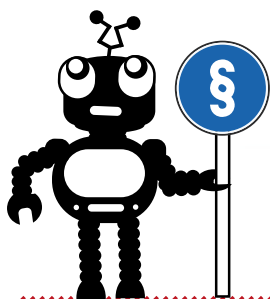
Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a vykonávaných činností a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- psychické zátěži;
- ergonomii pracoviště;

- bezpečnostním prvkům [kobota](#);
- údržbě kobotického pracoviště;
- zdravotní způsobilosti operátora.



Požadavky na bezpečnost kolaborativních robotů předepisuje technická norma ISO/TS 15066. Pouze některé části této normy se týkají požadavků na robotické konstrukce systému. Ve zbytku jsou doporučující pokyny pro zajištění bezpečné interakce robotů a lidí.

3D tisk

Využití

Aditivní výrobu je možné využívat tam, kde jsou k dispozici digitální modely plánovaných výstupů a vlastnosti těchto výstupů jsou pro jejich použití vhodné. K aditivní výrobě je možné využívat celou řadu materiálů, jako jsou plasty, kovy či beton. Výstupy aditivní výroby mohou být například polotovary či dokonce hrubé betonové stavby.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž operátorů.

Vlastního výrobního procesu se operátor neúčastní. (Např. operátor zadává pouze pokyn k výrobě, případně zajišťuje dostatečné množství vstupního materiálu potřebného pro výrobu.)



V případě optimálního nastavení aditivní výroby se snižuje pravděpodobnost vzniku nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.

V rámci nebezpečného prostoru 3D tisku je využito programových, technických či organizačních opatření a senzorů, které brání výrobnímu procesu za přítomnosti operátora. (Např. při vstupu operátora do komory 3D tiskárny se výroba zastaví.)



V případě optimálního nastavení aditivní výroby se snižuje psychická zátěž operátorů.

Výrobní proces probíhá samostatně, a to s vysokou přesností. (Např. snižuje se tlak na přesnost operátora, kdy operátor stanovuje pouze zahájení procesu výroby.)

V případě chybně zadaných vstupních parametrů výroby může dojít k produkci výstupů, které obsahují skryté vady.



V případě chybně zadaných vstupních parametrů výroby může dojít později k tomu, že výstup aditivní výroby obsahuje skryté chyby, které se mohou projevit v rámci dalších částí výroby, popřípadě v rámci využívání výstupů aditivní výroby. (Např. hrozí nepředvídatelné parametry výstupů.)

V případě nedostatečného zaškolení operátorů se může zvyšovat jejich psychická zátěž.



Aditivní výroba je vysoce náročná na vstupní parametry. (Např. operátor je ve stresu z důvodů nezvládnutí zadávání vstupních parametrů výroby.)

V případě vyřazení bezpečnostních prvků z provozu se mohou výrazně zvýšit dopady nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Aditivní výroba pracuje na principu vrstvení materiálů, především v případě využití tohoto procesu ve stavebnictví může dojít k nevhodnému technologickému postupu, se kterým může souviset až zborcení realizovaných výstupů, a tedy k zasypání operátora či jiných osob, které se pohybují v nebezpečném prostoru. (Např. operátor zadá požadavek na 3D tisk obvodových stěn tištěného objektu ve větším rozsahu, než umožňuje projekt, v důsledku toho dojde ke zborcení navrstveného materiálu.)

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- ergonomii pracoviště;
- bezpečnostním prvkům aditivní výroby;
- přípravě pracoviště;
- vstupním parametrům výroby;
- kontrole kvality;
- zdravotní způsobilosti operátora.

Rozšířená a virtuální realita

Využití

Rozšířenou a virtuální realitu je možné využít tam, kde je zapotřebí uživateli umožnit vzdálenou komunikaci, popřípadě propojení reálných prvků s elektronickými zdroji, nebo tam, kde je zapotřebí provádět školení či testovat chování při nestandardních situacích.

Klady a zápory z pohledu BOZP

Zvyšuje se přesnost údržby.



využití rozšířené reality umožňuje uživateli pozorovat reálný svět komunikace se vzdáleným uživatelem, popřípadě propojení pozorovaných objektů s digitálními knihovnami. V této situaci není kladen vysoký nárok na znalosti pozorovaného. (Např. při údržbě zařízení může operátor využít vzdálenou pomoc jiného operátora, kdy oba mají stejné vizuální vstupy, vzdálený operátor má navíc možnost čerpat informace například z návodů výrobce a v reálném čase je předávat prvnímu z operátorů.)

Zvyšuje se efektivnost školení BOZP.



využití virtuální reality umožňuje školit nejen v rámci standardních situací, ale především v rámci nestandardních situací, a to v prostředí blízké se realitě. (Např. školení zaměřené na provoz vysokozdvihných vozíků v rušných virtuálních skladech. Ve všech školících scénářích se stážisté rozhodují a učí se v bezpečném, pohlcujícím a digitálně řízeném prostředí v rámci přípravy na úkoly v reálném světě.¹⁷⁾

Vysoké nároky na přesnost vstupních parametrů v případě modelování situací.



Školit je možné pouze to, co je ve virtuální realitě vytvořeno.

Vliv na zdraví uživatelů.



využití rozšířené či virtuální reality může mít dopady na zdraví uživatelů, kdy například dlouhodobé používání může ovlivnit pozornost uživatele. (Jednou z nevýhod implementace virtuální reality je, že uživatelé mohou mít po jejím používání zdravotní potíže, zejména různé příznaky podobné kinetóze /nemoci z pohybu/.¹⁴⁾

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a potřeb uživatelů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- psychické zátěži;
- zdravotní způsobilosti uživatele.

Autonomní dopravní prostředky

Využití

Autonomní dopravní prostředky nacházejí své uplatnění jako vnitroareálové prostředky k přepravě materiálů a výrobků mezi jednotlivými místy zpracování při propojení s výrobními a skladovými kapacitami za účelem optimalizace výrobního řetězce. Do budoucna nelze vyloučit ani plnohodnotné využití autonomních dopravních prostředků v rámci silničního provozu.

Klady a zápory z pohledu BOZP

Je dodržena trasa přepravního koridoru včetně přepravní rychlosti a ostatních vnitropodnikových dopravních předpisů.



Autonomní dopravní prostředky dodržují vnitropodnikové dopravní předpisy, čímž minimalizují střet dopravního prostředku se zaměstnanci. (Např. nedochází k tomu, že by se dopravní prostředek pohyboval mimo k tomu vymezeným koridorům, popřípadě, že by se pohyboval vyšší než povolenou rychlostí.)

Snížení úrazovosti v souvislosti s dopravními prostředky.



Autonomní dopravní prostředky jsou schopny rozpoznávat překážky, jako jsou jiné dopravní prostředky či fyzické osoby. Autonomní dopravní prostředek dokáže rozpoznat překážky i v případech, kdyby pro řidiče byla viditelnost překážky omezena.

Při nekázni zaměstnanců či nabourání řídicího systému (hackerem) hrozí kolize s dopravním prostředkem.



Autonomní dopravní prostředky jsou sice vybaveny senzory, nelze však vyloučit, že může dojít ke střetu zaměstnance s těmito prostředky (Např. při vyřazení některých senzorů z provozu.) V případě, kdy se takový prostředek skládá z několika za sebou řazených vozítek („vlak“), může docházet k porušování bezpečnostních pravidel,

kdy zaměstnanci překračují takovýto prostředek v místě spojení dvou vozítek, kde nejsou senzory umístěné, a dopravní prostředek pracovníka neviduje.

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce a podmínek na pracovišti.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- vnitropodnikovým dopravním předpisům;
- školení zaměstnanců;
- IT bezpečnosti;
- údržbě autonomních dopravních prostředků.

Drony

Využití

Drony najdou své uplatnění především při monitoringu a sběru dat, popřípadě při přepravě malých nákladů a jejich přesného doručování. Do budoucna lze očekávat podobné využití jako u autonomních dopravních prostředků.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Rychlá a přesná přeprava malých nákladů a monitoring obtížně přístupných lokalit.

Využitím těchto prostředků se minimalizují rizika související s pohybem zaměstnance v obtížně přístupných lokalitách. (Drony je možné využít například při monitoringu z výšky.)



Nebezpečí zřícení dronu.

Nebezpečí zřícení dronu vlivem technické závady či chybné manipulace způsobené operátorem. (Např. chybný odhad situace na základě nedostatečně vyhodnoceného rizika způsobený špatným přenosem obrazu mezi dronem a operátorem, popřípadě v situaci, kdy operátor ztratí vizuální kontakt s dronem.)

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek vzdušného prostoru a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- psychické zátěži;
- ergonomii ovládacích prvků;
- údržbě dronu;
- zdravotní způsobilosti operátora.

Robotická zařízení v zemědělství

Využití

V živočišné výrobě se uplatňují roboty například při chovu skotu, jako jsou automatické dojičky, krmné roboty, vysavače kejdy a podobně. Jejich využití je vhodné především tam, kde je výrobu možné zautomatizovat a s jejich pomocí minimalizovat stres, který na zvířata může působit vlivem přítomnosti osob. V rostlinné výrobě se pak roboty začínají uplatňovat například při sklizni nebo při výsadbě.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž chovatelů.

Robot vykonává činnosti náročné na fyzickou sílu. (Např. místo chovatele vykonává fyzicky náročné činnosti robot.)



V případě optimálního nastavení robotů se snižuje pravděpodobnost vzniku nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.

Robot může plně nahradit vykonávané práce. (Např. automatické dojičky.)



V případě nevhodně použitého robota se může zvýšit stresová zátěž chovaných zvířat, které pak mohou být zvýšeným zdrojem nebezpečí pro chovatele.

Zvířata se mohou robotického zařízení bát, což se může projevit v jejich agresivitě.



V případě nedostatečného zaškolení operátorů se může zvyšovat jejich psychická zátěž.

Robotické pracoviště klade zvýšené nároky na znalosti, schopnosti a dovednosti chovatele. (Např. chovatel je ve stresu z důvodů nezvládnutí jemu přidělených úkolů.)

V případě chybné optimalizace výrobního procesu se mohou výrazně zvýšit dopady nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Robotické pracoviště vykonává činnosti za využití taktů, rychlostí a sil, které nemusí být operátor schopen odhadnout, jejich působení pak může mít násobně vyšší dopady v porovnání s procesy, v rámci kterých je využito pouze působení operátora. (Např. operátor je na robotickém pracovišti zasažen projíždějícím robotem.)

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodu výrobce, podmínek na pracovišti a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- stresu zvířat;
- fyzické zátěži;
- psychické zátěži;
- ergonomii pracoviště;
- vstupu operátora do nebezpečného prostoru robota;
- údržbě robotického pracoviště;
- zdravotní způsobilosti operátora.

Stavební roboty

Využití

Stavební roboty je vhodné využívat především tam, kde je možné provádět výstavbu při využití normových stavebních prostředků. Své uplatnění najdou především při výstavbě větších celků.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž operátorů.

Robot vykonává činnosti náročné na fyzickou sílu, kdy manipulaci s cihlou a maltou či lepidlem nebo pěnou provádí sám.



V případě, kdy je chybně naprogramován robot.

Nebezpečím je především chyba softwarového nastavení daná měnícími se podmínkami na staveništi.

V případě chybné organizace výstavby se mohou výrazně zvýšit dopady nežádoucích událostí souvisejících s vykonávanou činností.



Nebezpečím je především interakce robota s dalšími osobami, které se na staveništi pohybují, popřípadě s umístěním stavebních materiálů do prostor, které potřebuje robot ke svému pohybu. Staveniště je tak náročnější na provedení všech bezpečnostních opatření.

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a potřeb operátorů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- fyzické zátěži;
- vstupu operátora do nebezpečného prostoru robota;
- údržbě robotického pracoviště;
- zdravotní způsobilosti operátora.

Exoskelety

Využití

Exoskelety jsou mechanická či elektrická nositelná zařízení, která minimalizují zátěž působící na jejich uživatele. Svým uživatelům poskytují podporu při manipulaci s břemeny a rozložení jejich váhy, případně pomáhají při korekci držení těla, a mají i další funkce.

Klady a zápory z pohledu BOZP



Minimalizují se nároky na fyzickou zátěž jejich uživatelů.

Exoskelety mohou nahrazovat fyzickou sílu uživatelů.

V případě nevhodně nastaveného či použitého exoskeletu hrozí zdravotní komplikace.



S využitím exoskeletů může souviset ochabnutí svalů při dlouhodobém používání, problémy s krevním oběhem, např. při použití robotických rukou při dlouhodobé práci s rukama nad hlavou. Problematické mohou být také úhly, při kterých mohou exoskelety pracovat.

Vyhledávání a hodnocení pracovních rizik a návrh opatření

- V rámci analýzy rizik je nutné vycházet z návodů výrobce, podmínek na pracovišti a potřeb uživatelů.

V rámci komplexní analýzy rizik by měla být zvýšená pozornost věnována:

- školení zaměstnanců;
- fyzické zátěži;
- psychické zátěži;
- ergonomii pracoviště;
- údržbě exoskeletu;
- zdravotní způsobilosti uživatele.

Slovníček

1. Aditivní výroba

Aditivní výroba představuje proces, při kterém dochází k tvorbě trojrozměrného objektu. Trojrozměrný objekt zde vzniká postupným přidáváním (vrstvením) vhodného materiálu. Zjednodušeně lze tento proces označit jako 3D tisk. Dosavadní způsob výroby trojrozměrných objektů přitom využíval především obrábění, v rámci kterého není materiál přidáván, ale je odebírán.⁷⁷

2. Agrobot

Jako agrobot se někdy označuje robot využívaný v zemědělství.⁷⁸

3. Automaticky řízené vozidlo (AGV)

Automaticky řízené vozidlo (AGV z anglického Automated Guided Vehicle) představuje přepravního robota, který se v prostoru pohybuje na základě značek či vodičového vedení. Tohoto robota lze využívat například ve skladech, kde je k jeho řízení možné využít mimo jiné vodičového vedení uloženého v podlaze, které indukuje magnetické pole, jež určuje jeho dráhu.⁷⁹

4. Automatizace

Automatizace je proces zavádění technologií využívající samočinná zařízení bez obsluhy s aplikací poznatků teorie informací a automatů. Automatem se rozumí programově řízený stroj, sestava strojů či jiné složité technické zařízení, které samočinně provádí sled operací podle předem připravených instrukcí uložených v paměti.⁸⁰

5. Autonomní robot

Jedná se o takové robotické zařízení, které pracuje samostatně (neřídí jej v reálném čase člověk, ale program). Zpravidla jde o předem naprogramované zařízení určené ke konkrétnímu účelu. Programové nastavení takového stroje však může využívat i proces strojového učení, kdy se stroj neřídí pouze svým původním programovým nastavením, ale své programové nastavení v rámci procesu učení rozšiřuje, popřípadě může využívat umělou inteligenci.⁷⁷

6. Autonomní vozidlo

Autonomní vozidlo je vozidlo, které se dokáže řídit samo bez zásahu lidského řidiče. Vozidla se spoléhají na pokročilou umělou inteligenci a systémy strojového učení.⁸¹

7. Bezpilotní létající prostředek (UAV)

Bezpilotní létající prostředek (UAV z anglického Unmanned Aerial Vehicle nebo také dron z anglického drone) je létající prostředek bez posádky, který může

být řízený na dálku, nebo létat samostatně pomocí předprogramovaných letových plánů nebo s pomocí složitějších autonomních systémů.⁸²

8. Big Data (Velká data)

Big data se rozumí shromážděné datové sady, které jsou tak velké a složité, že ke zpracování vyžadují nové technologie, například umělou inteligenci. Data pocházejí z mnoha různých zdrojů. Často jsou stejného typu, ale může se jednat také o kombinaci různých typů dat. Technologie umožňují, aby data byla shromažďována velmi rychle, téměř v reálném čase a analyzována pro získání nových poznatků.⁸³

9. Blockchain

Blockchain je decentralizovaná databáze, která uchovává chronologický řetězec záznamů a chrání ho proti neoprávněným změnám.⁹⁵

10. Building Information Modelling (BIM)

Building Information Modelling, v praxi častěji používáno pouze označení BIM, lze do češtiny přeložit jako informační model budovy. Představuje nástroj, který slouží ke správě dat týkající se celého životního cyklu stavby. V přeneseném významu se jedná o digitalizaci stavebnictví.⁴⁸

11. Cloud computing

Cloud computing (cloudové výpočty) je na internetu založený model používání počítačových technologií. Lze ho charakterizovat jako poskytování služeb či programů uložených na serverech s tím, že uživatelé k nim mohou přistupovat například pomocí webového prohlížeče nebo softwarového klienta dané aplikace a používat je prakticky odkudkoliv. Nabídka aplikací se pohybuje od kancelářských aplikací přes systémy pro distribuované výpočty až po operační systémy.⁷⁷

12. Digitalizace

Původně byl termín používán v souvislosti s digitalizací textu (například knih nebo dokumentů) nebo s digitalizací fyzikálních veličin. Obecně digitalizace hledá možnosti postavené na digitálních technologiích, které přinášejí zefektivnění a zlepšení fungování procesů a služeb. Důsledky digitalizace se projevují v celé řadě oblastí života společnosti, například ve změnách pracovního trhu, zvýšení efektivnosti výroby a zvýšení kvality života.

Podle původní definice je digitalizace převod analogového spojitého signálu do diskrétní digitální (číselné) formy a umožňuje zpracování signálů počítačem.

V současnosti se digitalizací rozumí taktéž proces zavádění využívání digitálních technologií v nejrůznějších oblastech výroby i života společnosti.⁸⁴

13. Digitální dvojčata

Digitální dvojče je virtuální simulace reálného stroje, produktu, procesu nebo systému založená na datech senzorů IoT. Tato základní součást Průmyslu 4.0 umožňuje podnikům lépe porozumět, analyzovat a zlepšovat výkon a údržbu průmyslových systémů a produktů. Operátor může například pomocí digitálního dvojčete identifikovat konkrétní nefunkční součást, předvídat potenciální problémy a zlepšit provozuschopnost systému.⁸⁴

14. Exoskelety

Vnější nositelná kostra, která zvyšuje přirozenou fyzickou schopnost člověka.⁸⁵

15. Hodnototvorný model Průmyslu 4.0

Model tvorby hodnoty podniku založený na propojení digitálního a fyzického prostředí průmyslové produkce a zahrnující veškeré předvýrobní, výrobní a povýrobní etapy, které souvisejí s průmyslovou produkcí a doprovodnými službami.⁷⁷

16. Horizontální a vertikální integrace

Horizontální a vertikální propojení je jednou z páteří Průmyslu 4.0.⁴ Horizontální integrace napříč dodavatelským řetězcem propojuje všechny články dodavatelsko-odběratelského hodnotového řetězce od dodavatelů přes výrobce až po distribuci ke koncovému zákazníkovi a následný servis. Sdílení informací a dat napříč dodavatelským řetězcem zvyšuje flexibilitu celého procesu, optimalizuje výši zásob a výrazně snižuje výrobní náklady. Vertikální integrací se rozumí provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. Rámcem vertikální integrace je primárně samotný výrobní podnik.⁸

17. Inteligentní pracovní prostředky

Inteligentní osobní ochranné prostředky (OOP) jsou novým typem ochranných prostředků. Inteligentní OOP kombinují tradiční prostředky ochrany s moderními materiály nebo elektronickými součástmi a mohou sbírat data o uživateli, pracovním prostředí nebo jejich samotném používání. Inteligentní OOP oproti klasickým osobním ochranným prostředkům slibují vyšší úroveň ochrany uživatele a větší pohodlí.

Současný návrh definice inteligentních OOP ze strany Evropského výboru pro normalizaci (CEN) je takovýto: „Inteligentní osobní ochranné prostředky jsou osobní ochranné prostředky, které vykazují zamýšlenou a využitelnou reakci buď na změny ve svém okolí/prostředí, nebo na vnější signál/vstup.“⁸⁶

18. Internet věcí (IoT)

Definice pojmu internet věcí je mnoho. Internet věcí (IoT z anglického Internet of Things) může být definován jako dynamická globální síťová infrastruktura

s vlastními možnostmi konfigurace, založená na standardních komunikačních protokolech a interoperabilitě, kde fyzické a virtuální věci mají vlastní identitu, fyzické atributy a virtuální personalizované používané inteligentní rozhraní, a jsou integrovány do informační sítě.

Zjednodušeně můžeme říci, že internet věcí spojuje objekty reálného světa s virtuálním světem (s agenty reprezentující příslušné věci, prostředky, objekty, výrobky aj.) a umožňuje vzájemnou komunikaci, spojení s jinými agenty kdekoli a kdykoli v čase v rámci sítě internet. To znamená, že fyzické objekty reprezentované svými daty a prostředím mohou vzájemně integrovat každý s každým v tomtéž prostoru a čase.

Internet věcí můžeme dále definovat jako nově vznikající globální síťovou architekturu založenou na internetu, která usnadňuje výměnu zboží a služeb v rámci globálních dodavatelských sítí a má vliv na bezpečnost a soukromí všech zúčastněných stran.

I přes různé výklady pojmu internet věcí lze konstatovat, že umožňuje uživatelům a sdíleným objektům sdílení informací automatizovaným způsobem a směřuje k celosvětové propojenosti předmětů, objektů, věcí s výrazným rozšířením internetových aplikací.

Internet věcí spojuje virtuální a fyzický svět vytvořením tzv. chytrého prostředí. Je to síť velkého počtu zařízení a systémů, které jsou mezi sebou propojeny a kde je možné jejich vzdálené ovládání přes internetovou síť. Každé z těchto zařízení je jasně identifikovatelné díky implementovanému výpočetnímu systému, ale přesto je schopné pracovat samostatně v existující infrastruktuře internetu. Tato zařízení sbírají a vyměňují data, která mohou být analyzována a zpracována pro účely monitorování, údržby a zlepšení procesů s cílem dodání služeb a produktů zákazníkům.⁸⁷

19. Kobot

Počítačově řízený přístroj, který pomáhá lidskému pracovníkovi, například na montážní lince, vedením nebo přesměrováním pohybů iniciovaných pracovníkem, který poskytuje hnací sílu.¹

Robot zkonstruovaný k přímé interakci s člověkem v rámci vymezeného sdíleného pracovního prostoru, a to tak, aby byl bezpečný, přizpůsobitelný, uživatelsky přívětivý, často s lidskými rysy, jako jsou dvě ruce a výrazy obličeje.⁸⁸

20. Kybernetická bezpečnost

Jedná se o odvětví výpočetní techniky známé jako informační bezpečnost uplatňovaná jak u počítačů, tak i sítí. Cílem informační bezpečnosti je ochrana informací a majetku před krádeží, korupcí nebo přírodní katastrofou, přičemž

informace a majetek musí zůstat přístupné a produktivní pro předpokládané uživatele.

Termínem bezpečnost informačních systémů se rozumí kolektivní postupy a mechanismy, jejichž obsah (citlivé a cenné informace a služby) je chráněný před zveřejněním, poškozením nebo kolapsem neoprávněnou činností nebo činností nedůvěryhodné osoby či neplánovanou událostí.⁷⁷

21. Kyberneticko-fyzikální systém

[Kyberneticko-fyzikální systém](#) (CPS z anglického Cybernetic Physical Systems) je systém složený z fyzických entit, řízený a monitorovaný počítačovými programy. CPS monitoruje fyzické procesy, vytváří virtuální kopie a realizuje decentralizovaná řešení včetně decentralizovaného řízení. CPS se opírají o technologie, jako jsou internet věcí, internet služeb, [Big Data](#) a [Cloud computing](#).⁷⁷

22. LiDAR

LiDAR, laserová geodetická technologie, je aktivní technika dálkového průzkumu Země. Termín LiDAR byl vytvořen spojením slov „light“ a „radar“, ale většina autorů jej interpretuje jako zkratku pro Light Detection And Ranging. Na rozdíl od optického dálkového průzkumu Země, který se při detekci a popisu krajinných prvků spoléhá na odražené světlo z prostředí (obvykle slunce), používá LiDAR k osvětlení cílů kolimovaný paprsek světla, obvykle z laseru, a na základě vzdálenosti od těchto cílů popisuje charakteristiky zpětného odrazu. Senzory měří vzdálenost mezi emitovanými a odraženými pulzy laserového světla a vytvářejí 3D obraz („mračno bodů“) skenovaného objektu.⁴⁷

23. Průmyslové roboty

Průmyslový robot je automaticky řízený reprogramovatelný víceúčelový manipulátor programovatelný ve třech nebo více osách, který může být buď pevně umístěný, nebo mobilní pro použití v průmyslových aplikacích s použitím automatů.

Průmyslový robot je autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka a který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí apod.), schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobení k danému prostředí.

Robot je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto

prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí. Robot je stroj pracující s určitou mírou samostatnosti, vykonávající určené úkoly, a to předepsaným způsobem a při různých mírách potřeby interakce s okolním světem a se zadavatelem. Robot je schopný své okolí vnímat pomocí senzorů, reagovat na něj, zasahovat do něj, případně si o něm vytvářet vlastní představu, tj. model. Vnímáním světa nejenže může poznávat svět samotný, ale může také vyhodnocovat svůj vliv na něj, a využívat tak zpětnou vazbu. Robot je fyzickou realizací obecnějšího pojmu agent.

Robot je zkonstruovaný k přímé interakci s člověkem v rámci vymezeného sdíleného pracovního prostoru, a to tak, aby byl bezpečný, přizpůsobitelný, uživatelsky přívětivý, často s lidskými rysy, jako jsou dvě ruce a výrazy obličeje.⁸⁹

24. Radiofrekvenční identifikace (RFID)

Radiofrekvenční identifikace (RFID z anglického Radio Frequency Identification) představuje bezdotykový automatický identifikační systém, který slouží k přenosu a ukládání dat pomocí elektromagnetických vln. Údaje potřebné pro identifikaci a další popis sledovaného předmětu jsou ukládány v digitální podobě do datových nosičů (transportérů, tagů), ze kterých mohou být opakovaně načítány, případně dále přepisovány pomocí elektromagnetických (radiových) vln.⁷⁷

25. Robotizace

Robotizací se rozumí souhrnný proces zavádění průmyslových a i neprůmyslových robotů a jeho sociální i technologické důsledky.⁹⁰

26. Rozšířená realita (AR)

Rozšířená realita (AR z anglického Augmented Reality) je označení používané pro reálný obraz světa doplněný počítačem vytvořenými objekty. Jde o zobrazení reality (například budovy nasnímané fotoaparátem v mobilním telefonu) a následné přidání digitálních prvků (třeba informací o daném objektu).⁷⁷

27. Single Task Construction Robots (STCRs)

Single Task Construction Robots (STCRs), jsou stavební roboty, které mohou opakovaně vykonávat jeden úkol. Typickým příkladem jsou robotická ramena používaná v automobilové výrobě. Tyto typy robotických ramen jsou obvykle namontovány v pohyblivých plošinách a používají se na stavbě k provádění jednoduchých úkolů.⁹¹

28. Umělá inteligence (AI)

Umělá inteligence (AI) umožňuje technickým systémům reagovat na vjemy z jejich prostředí, řešit problémy a dosahovat určitých cílů. Zabudovaný počítač

přijímá data – která byla již připravena, nebo jsou sbírána pomocí vlastních sensorů a kamer – ty následně vyhodnotí a reaguje na ně. Systémy AI jsou schopné pracovat samostatně a také měnit a přizpůsobovat své jednání na základě vyhodnocení efektů předchozích akcí.

Umělá inteligence (Artificial Intelligence) je obor informatiky zabývající se tvorbou strojů řešících komplexní úlohy například z oblastí logistiky, robotiky, zpracování přirozeného jazyka či zpracování velkých objemů dat.

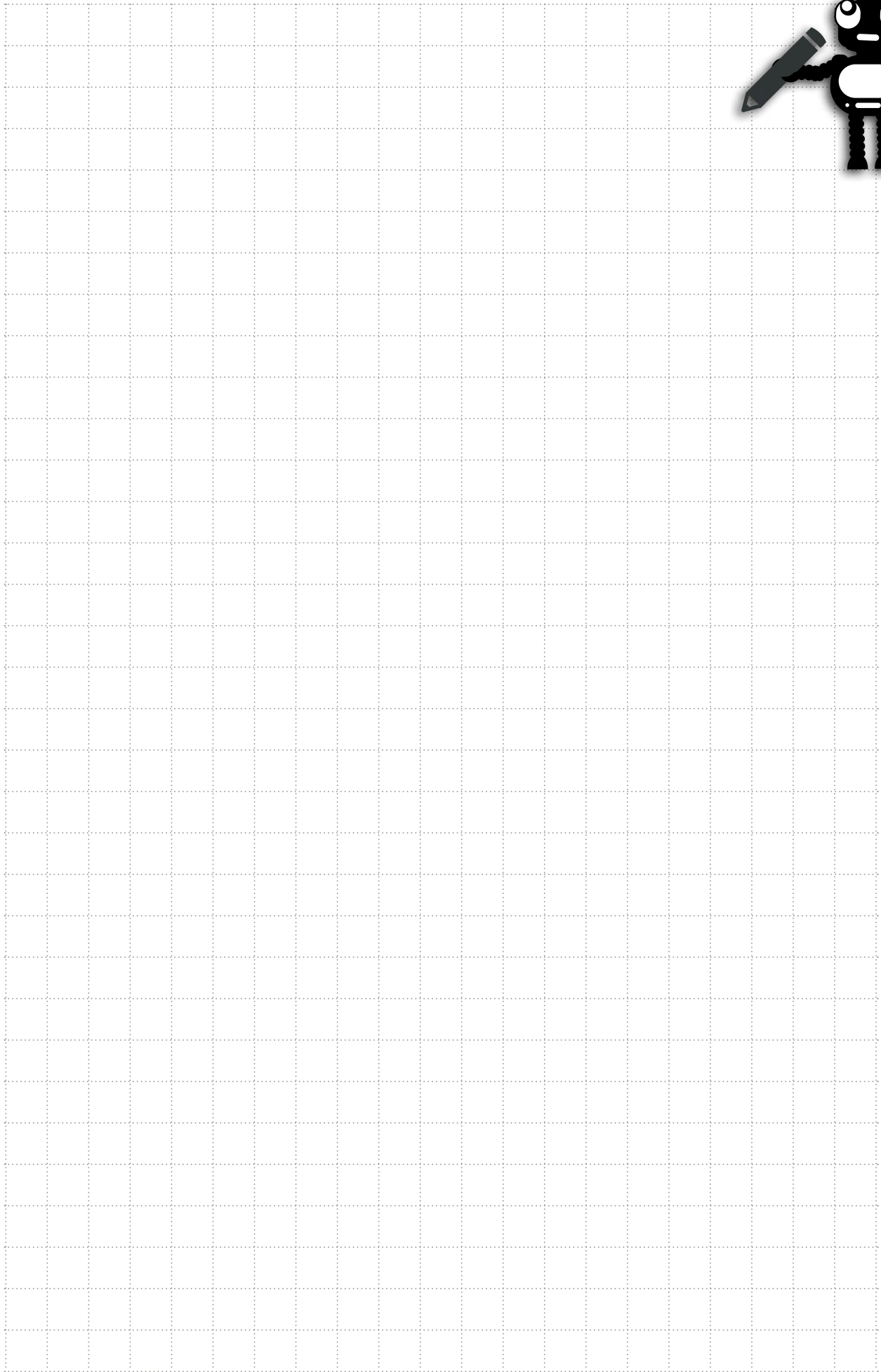
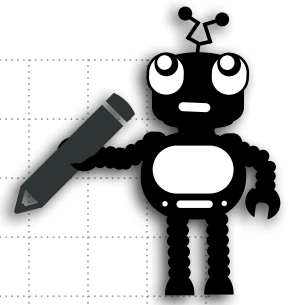
AI umožňuje technickým systémům (strojům či robotům) napodobovat lidské schopnosti, jako je uvažování, učení se, plánování nebo kreativita.⁹²

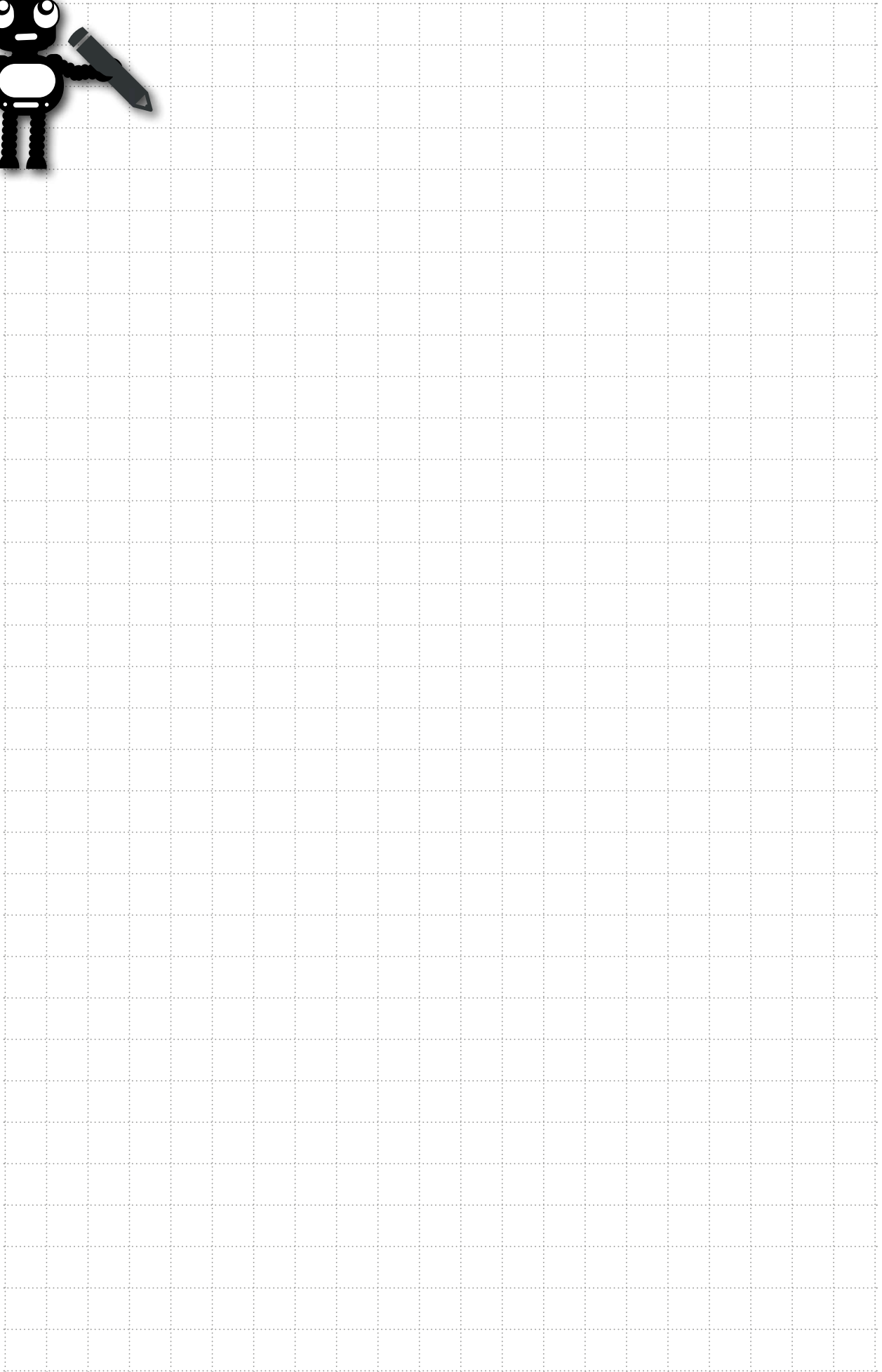
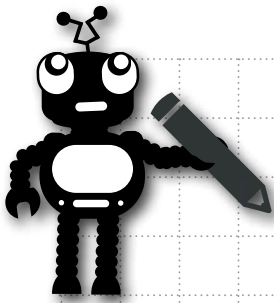
29. Virtuální realita (VR)

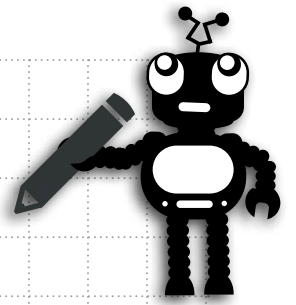
Virtuální realita (VR z anglického Virtual Reality) patří mezi technologie 3D vizualizace stejně jako rozšířená a smíšená realita. Jedná se o interaktivní proces vizualizace. Uživatel je plně ponořen do virtuálního prostředí. Technologie VR oklame smysly tak, že si uživatel myslí, že se nachází v jiném prostředí nebo světě, než je svět skutečný. Pomocí náhlavní soupravy se uživatel octne v počítačem vytvořeném světě, který může být plný obrazů a zvuků a ve kterém může manipulovat s předměty a pohybovat se pomocí haptických ovladačů. Zařízení VR získávají vstupy od uživatele kombinací sledování hlavy skrze náhlavní soupravu, sledování rukou pomocí ovladačů a joysticků a dalších zařízení.⁹³

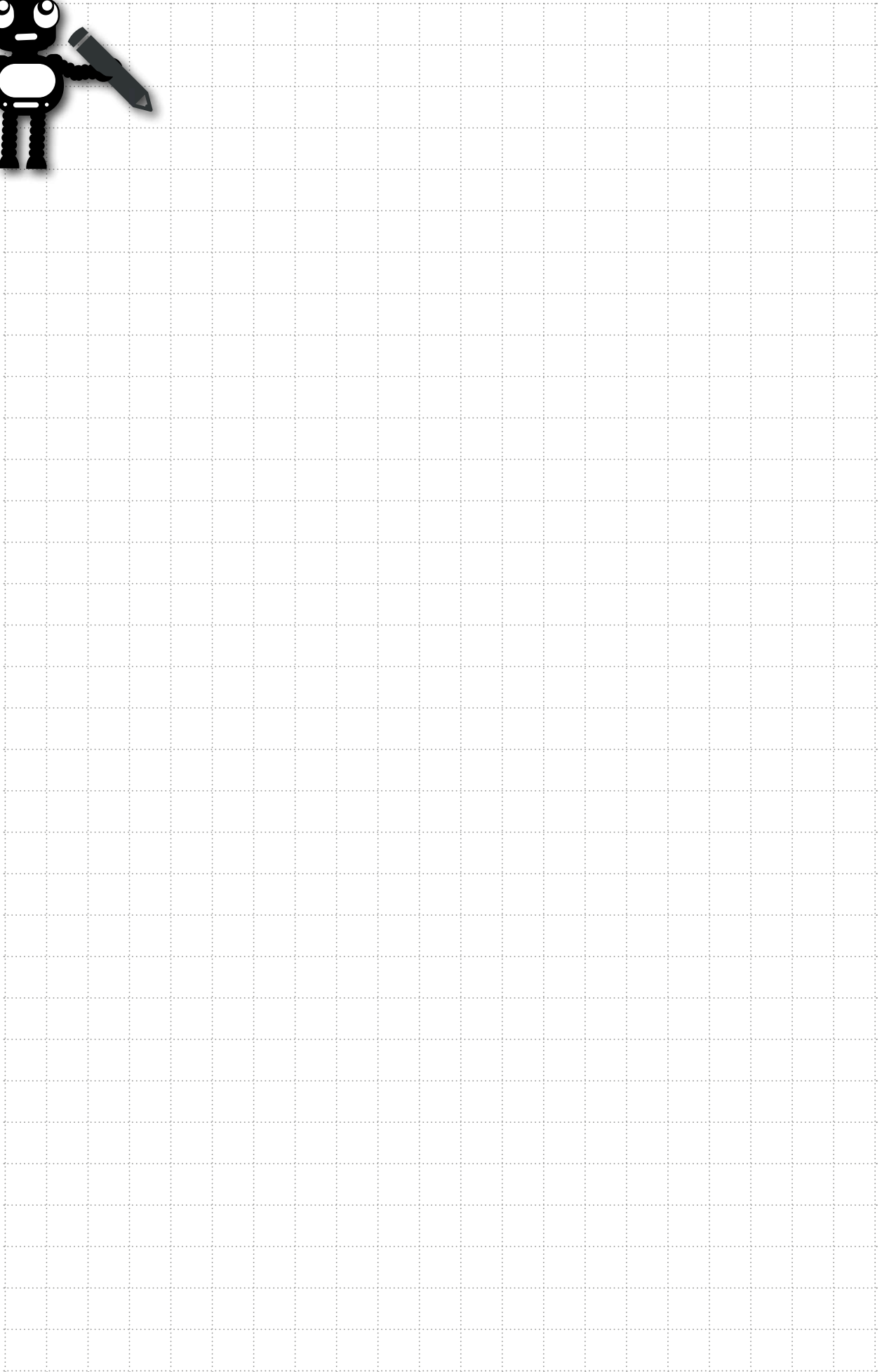
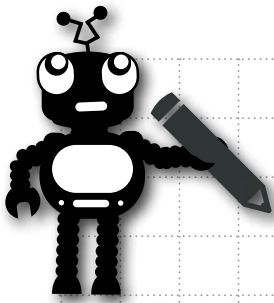
30. Zero Trust

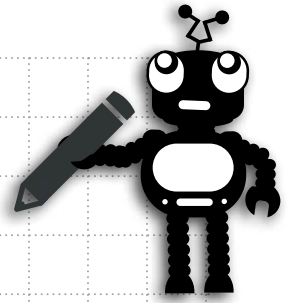
Model nulové důvěry, neboli Zero Trust, je model zabezpečení IT, který vyžaduje přísné ověření identity každé osoby a zařízení, které se snaží získat přístup ke zdrojům v soukromé síti, bez ohledu na to, zda se nacházejí uvnitř nebo vně perimetru sítě. Hlavní technologií spojenou s architekturou Zero Trust je ZTNA; Zero Trust je však holistický přístup k zabezpečení sítě, který zahrnuje několik různých principů a technologií.⁹⁴

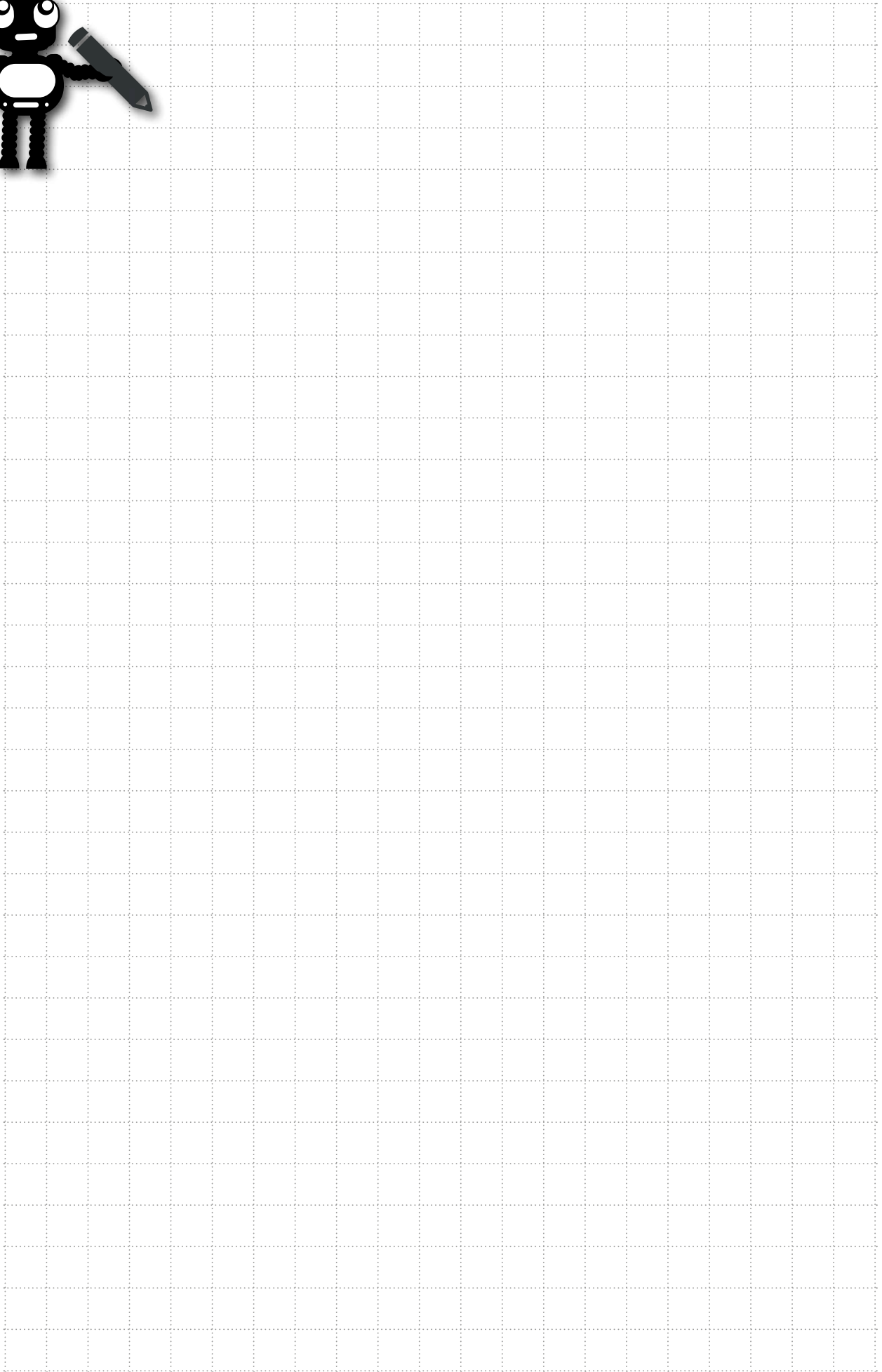
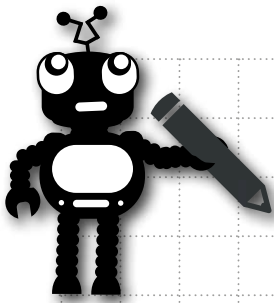












Zdroje

- [1] What is Industry 4.0? *SAP Insights* [online] [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://insights.sap.com/what-is-industry-4-0/>.
- [2] *Iniciativa průmyslu 4.0* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016 [cit. 2021-05-24]. 228 s. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.
- [3] Co je cloud computing?: průvodce pro začátečníky. *Azure* [online]. Microsoft, c2021 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-cloud-computing/>.
- [4] *Průmysl 4.0 z pohledu MSP: závěrečná zpráva* [online] Ipsos Marketing, červen 2019 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: https://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/06/Ipsos-pro-AMSP_Pr%C5%AFmysl-4.0_06_2019-kom.AMSP-%C4%8CR.pdf.
- [5] *Firma 4.0: závěrečná zpráva* [online] Ipsos. 11/2019 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: https://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/11/Ipsos-pro-AMSP_Firma-4.0_11_2019-FINAL-WEB-1.pdf.
- [6] KNIGHTS, Vesna Antoska ...[et al.]. Robots for safety and health at work. In: *International Conference for Regional Collaboration OSH Bon Ton 2015*. *ResearchGate* [online]. 2015 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/283704027_Robots_for_safety_and_health_at_work.
- [7] MERCADER UGUINA, Jesús R.; MUÑOZ RUIZ, Ana B. Robotics and Health and Safety at Work. *International Journal of Swarm Intelligence and Evolutionary Computation* [online]. 2019, vol. 8, issue 1, no. 17 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <https://www.longdom.org/open-access/robotics-and-health-and-safety-at-work.pdf>. ISSN 2090-4908.
- [8] EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. *Overview of policies, research and practices in relation to advanced robotics and AI-based systems for automation of tasks and occupational safety and health (OSH)* [online]. EU-OSHA, 2021 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/about-eu-osha/procurement/overview-policies-research-and-practices-relation-advanced-robotics-and>.
- [9] *New collaborative forms of production at Yanfeng Automotive Interiors with KUKA Cobots* [online]. International Federation of Robotics, 2021 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://ifr.org/news/new-collaborative-forms-of-production-at-yanfeng-automotive>.
- [10] *Slovník pojmů* [online]. Vodafone Czech Republic, c2021 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/uzitecne-odkazy/slovník-pojmu/rozsirena-realita-ar/>.
- [11] Smart glasses are entering the world of work: regulation and standardization are needed. *KANBrief* [online]. 2018, Nr. 1 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/uzitecne-odkazy/slovník-pojmu/rozsirena-realita-ar/>.
- [12] LIAGKOU, Vasiliki; SALMAS, Dimitrios; STYLIOU, Chrysostomos. Realizing Virtual Reality Learning Environment for Industry 4.0. *Procedia CIRP* [online]. 2019,

- vol. 79, s. 712-717 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119301398/pdf?md5=98aeb1f72c6fd118e0d8adc81f974ee&pid=1-s2.0-S2212827119301398-main.pdf>. ISSN 2212-8271.
- [13] CIMINI, Chiara ...[et al.]. Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2020, vol. 53, no. 2, s. 10615-10620 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2818>. ISSN 2405-8963.
- [14] *Logistic trend radar* [online]. Deutsche Post DHL Group, c2021 [cit. 2021-08-12]. Dostupné z: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>.
- [15] SCHERF, Jonas; KNELL, Theresa. What is logistics 4.0?: everything you need to know about digitization & logistics. *MM International* [online]. Vogel Communications Group, 26. 10. 2019 [cit. 2021-08-12]. Dostupné z: <https://www.maschinenmarkt.international/what-is-logistics-40-everything-you-need-to-know-about-digitization-logistics-a-876611/>.
- [16] HAGEN, Dirk. Industrie 4.0/Logistik 4.0: Potenziale für eine nachhaltige Event-Transportlogistik – oder: Interdisziplinäre Ansätze zur Curricula-Entwicklung durch Logistik. In: GEHRKE, Gernot; THILO, Isabelle (eds.). *Trends in Event Education*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. S. 73-87 [cit. 2021-07-14]. Dostupné z: <https://www.springerprofessional.de/industrie-4-0-logistik-4-0-potenziale-fuer-eine-nachhaltige-even/18190718>. ISBN 978-3-658-31197-1.
- [17] ENRIQUE, Daisy Valle ...[et al.]. Advantages and difficulties of implementing Industry 4.0 technologies for labor flexibility. *Procedia Computer Science* [online]. 2021, vol. 181, s. 347-352 [cit. 2021-07-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.177>. ISSN 1877-0509.
- [18] *Zemědělci jsou v digitalizaci dále než průmysl: tisková zpráva 20. 8. 2019*. Praha: ASMP ČR, 20. 8. 2019.
- [19] *Analýza zemědělství* [online]. Praha: Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR, 2019. [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <http://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/08/Anal%C3%BDza-zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-2019.pdf>.
- [20] KROULÍK, Milan. *Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS*. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-04-7.
- [21] KVÍZ, Zdeněk; KROULÍK, Milna. Automatic guidance systems in agricultural machinery as a tool for drivers' mental strain and workload relief. *Research in Agricultural Engineering* [online]. 2017, no. 63, s. 566-572 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/53/2017-RAE>. ISSN 1212-9151.
- [22] NOVÁK, Radek; HRTÚSOVÁ, Tereza. *Precizní zemědělství v praxi* [online]. Praha: Česká spořitelna, únor 2018. [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: https://cdn0.erstegroup.com/content/dam/cz/csas/business_csas_cz/precizni-zemedelstvi/Precizni_zemedelstvi_v_praxi_2018_02.pdf.
- [23] *Agdata: vše pro chytré zemědělství v jednom systému* [online]. Agdata.cz, c2020 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: https://www.agdata.cz/?no_lredirect=true.
- [24] *Výzkum a hodnocení interakcí systému člověk–zvíře–robot v chovu dojníc se zaměřením na zlepšení efektivity systému a welfare dojníc (QH91260)* [online].

- VÚZT, AGRO partner, c2009 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <http://www.dojeni-roboty.cz/>.
- [25] *Agro Food Robotics* [online]. Wageningen University and Research, c2020 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Projects-and-programmes/Agro-Food-Robotics.htm>.
- [26] NOVÁK, Radek; HRTÚSOVÁ, Tereza. *Precizní zemědělství v praxi* [online]. Praha: Česká spořitelna, únor 2018. [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: https://cdn0.erstegroup.com/content/dam/cz/csas/business_csas_cz/precizni-zemedelstvi/Precizni_zemedelstvi_v_praxi_2018_02.pdf.
- [27] *Zemědělství: základní charakteristika nebezpečí. BOZPPROFI.CZ* [online]. Praha: Dashöfer Holding, 10. 4. 2009 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/zemedelstvi-zakladni-charakteristika-nebezpeci-uniqueidgOke4NvrWuOKa-QDKuox_ZZHHtrIGp80ahDN00SzryU/.
- [28] Robot na krmení: úspora času a dřiny. *Agropartner.cz* [online]. 24. 08. 2017 [cit. 2020-9-15]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/agroblog/robot-na-krmeni-uspora-casu-a-driny-65.html>.
- [29] *Automatické přihrnování krmiva. Lely Juno. Agropartner.cz* [online]. [online]. 30. 12. 2016 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/prihrnovac-krmiva-lely-juno-p256.html>.
- [30] Automatický systém krmení Lely Vector: jak to funguje. *Agropartner.cz* [online]. [online]. 30. 12. 2016 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/agroblog/automaticky-system-krmeni-lely-vector-jak-to-funguje-37.html>.
- [31] Vysavač kejdy: Lely Discovery 120 Collector. *Agropartner.cz* [online] 2017 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/vysavac-kejdy-lely-discovery-120-collector-p314.html>.
- [32] SEARLE, Fred. Robocrop. *Fresh Produce Journal* [online]. 3. 4. 2020. [cit. 2020-09-15]. <http://www.fruitnet.com/fpj/article/181389/robocrop>.
- [33] Meet the E-Series: the first pre-commercial robotic harvesters for gently harvest strawberries. *Agrobot* [online]. Huelva, 2020 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.agrobot.com/e-series>.
- [34] *Drony pro zemědělství* [online]. Geotronics Praha, c2016 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/drony-pro-zemedelstvi/>.
- [35] *Dokumentace pěstební plochy dronem* [online]. Praha: TELINK [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.telink.eu/cs/content/122-drony-v-zemedelstvi-a-lesnictvi>.
- [36] CIESLAR, Petr. Chytré farmy a chytrá pole. High-tech zemědělství přichází. *Studenta* [online]. Praha: Economia, 7. 11. 2018 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.studenta.cz/life/chytre-farmy-a-chytra-pole-high-tech-zemedelstvi-prichazi/r~42eeced6cb8c11e8b3e20cc47ab5f122/>.
- [37] Využití virtuální reality v zemědělství. *Permalot.org* [online]. 11. 19. 2019 [cit. 2020-9-15]. Dostupné z: <https://permalot.org/vyuziti-virtualni-reality-v-zemedelstvi/>.
- [38] LOM, Michal; PŘIBYL, Ondřej. Síť pro internet věcí v České republice. *Tbzinfor.cz* [online]. 6. 11. 2017 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info>.

- [cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/16519-site-pro-internet-veci-v-ceske-republice](https://www.ceska-republice.cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/16519-site-pro-internet-veci-v-ceske-republice).
- [39] CIESLAR, Petr. Chytré farmy a chytrá pole. High-tech zemědělství přichází. *Studenta* [online]. Praha: Economia, 7. 11. 2018 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.studenta.cz/life/chytre-farmy-a-chytra-pole-high-tech-zemedelstvi-prichazi/r~42eeced6cb8c11e8b3e20cc47ab5f122/>.
- [40] VINCENT, James. Robot farming startup Iron Ox has started selling its produce in California. *The Verge* [online]. Vox Media, 2. 5. 2019 [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2019/5/2/18526590/robot-farming-startup-iron-ox-california-leafy-green-bianchinis>.
- [41] FENG, Yan; AUDY, Jean-François. Forestry 4.0: a framework for the forest supply chain toward Industry 4.0. *Gestão & Produção* [online]. 2020, vol. 27, no. 4 [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: https://doi.org/10.1590/0104-530X5677-20-ISSN_806-9649.
- [42] CHOUDHRY, Harsh; O'KELLY, Glen. *Precision forestry: a revolution in the woods* [online]. McKinsey & Company, June 25, 2018 [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/precision-forestry-a-revolution-in-the-woods>.
- [43] JONSSON, Per. CTL: the future is here. *Forestry.com* [online]. Skogsforum Media AB, April 24, 2020 [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://www.forestry.com/editorial/ctl-the-future-is-here/>.
- [44] NIȚĂ, Mihai Daniel. Testing Forestry Digital Twinning Workflow Based on Mobile LiDAR Scanner and AI Platform. *Forests* [online]. 2021 [cit. 2021-04-29]. ISSN1999-4907. Dostupné z: [doi:10.3390/f12111576](https://doi.org/10.3390/f12111576).
- [45] MINAŘÍK, Petr. Sázání stromů pomocí dronu. *Droncentrum: ze světa dronů* [online]. Eseos, 23. 2. 2016 [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <http://www.droncentrum.cz/sazeni-stromu-pomoci-dronu/>.
- [46] *Digitální technologie: revoluce ve stavebnictví* [online]. AUTODESK [cit. 2021- 4-23]. Dostupné z https://www.bimfo.cz/getattachment/Aktuality/Menime-navrhovani,-realizaci-a-provozovani-staveb/Revoluce_stavebnictvi.pdf.aspx.
- [47] MALINSKÝ, Pavel. Implementace robotizace do stavebnictví [online]. In: *22. ročník mezinárodní konference ICBMPT 2019, hotel Lednice, 4. až 6. června 2019* [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.icbmpt.com/wp-content/uploads/2019/05/Malinsk%C3%BD-Implementace-robotizace-do-stavebnictv%C3%AD.pdf>.
- [48] *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, září 2017 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-surovinu/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>.
- [49] BOCK, Thomas. Construction robotics enabling innovative disruption and social supportability [online] In: *ISARC: Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Oulu: IAARC, 2015. S. 1-11 [cit. 2021-04-3] Dostupné z: https://www.iaarc.org/publications/2015_proceedings_of

[the_32st_isarc_oulu_finland/construction_robotics_enabling_innovative_disruption_and_social_supportability.html](https://doi.org/10.1017/CBO9781139924146.002).

- [50] BOCK, Thomas; LINNER, Thomas. Advanced Construction and Building Technology. In: BOCK, Thomas; LINNER, Thomas. *Robot-Oriented Design* [online]. New York: Cambridge University Press, 2015. S. 1-17 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139924146.002>. ISBN 9781139924146.
- [51] DAVILA DELGADO, Juan Manuel ...[et al.]. Robotics and automated systems in construction: understanding industry-specific challenges for adoption. *Journal of Building Engineering* [online]. 2019, vol. 26 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100868>. ISSN 2352-7102.
- [52] *Robotic construction is here* [online]. FBR, 2018 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.fbr.com.au/view/hadrian-x>.
- [53] LI, Yan; LIU, Chunlu. Applications of multirotor drone technologies in construction management. *International Journal of Construction Management* [online]. 2018, vol. 19, no. 5, s. 401-412 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452101>. ISSN 1562-3599.
- [54] ZAYCHENKO, Irina ...[et al.]. Digital transformation: the case of the application of drones in construction. *MATEC Web of Conferences* [online]. 2018, vol. 193 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305066>. ISSN 2261-236X.
- [55] *Autonomne.cz: informační web o autonomní mobilitě* [online]. Centrum dopravního výzkumu, c2021 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: www.autonomne.cz.
- [56] Autonomous construction vehicles. *Technology Cards* [online]. Technical University of Denmark, updated on 16 August 2019 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.technologycards.net/english/the-technologies/autonomous-construction-vehicles>.
- [57] Aditivní výroba a průmyslový 3D tisk. *KUKA* [online]. KUKA AG, 2021 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/proces-n%C3%AD-technologie/3d-tisk>.
- [58] NEMATOLLAHI, Behzad; XIA, Ming; SANJAYAN, Jay. Current Progress of 3D Concrete Printing Technologies. In: *Proceedings of the 34rd ISARC, Taipei, Taiwan* [online]. ISARC, 2017 [cit. 2021-04-23]. S. 260-267 Dostupné z: <https://doi.org/10.22260/ISARC2017/0035>. SBN 978-80-263-1371-7.
- [59] 3D Construction Printing. *PERI* [online]. Weissenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.peri.com/en/business-segments/3d-construction-printing.html>.
- [60] Baustellen absichern mit fahrerlosem Lastwagen. *TIR transNews* [online]. 28. 8. 2021 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.tir-transnews.ch/baustellen-absichern-mit-fahrerlosem-lastwagen/>.
- [61] RAJENDRAN, Salini D.; WAHAB, Siti N.; YEAP, Swee P. Design of a Smart Safety Vest Incorporated With Metal Detector Kits for Enhanced Personal Protection. *Safety and Health at Work* [online]. 2020, vol. 11, no. 4, s. 537-542 [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.06.007>. ISSN 2093-7911.

- [62] EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. Smart personal protective equipment: intelligent protection for the future [online]. EU-OSHA, 2. 6. 2020 [cit. 2021-08-23]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future/view>.
- [63] SHI, J. ...[et al.]. Materials in advanced design of personal protective equipment: a review. *Materials Today Advances* [online]. 2021, vol. 12 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2021.100171>. ISSN 2590-0498
- [64] CAMPERO-JURADO, Israel ...[et al.]. Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things Using Artificial Intelligence. *Sensors* [online]. 2020, vol. 20, no. 21 [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s20216241>. ISSN 1424-8220.
- [65] PODGÓRSKI, Daniel ...[et al.]. Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* [online]. 2016, vol. 23, no. 1, s. 1-20 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1214431>. ISSN 1080-3548.
- [66] New: Smart safety vest for ELOshield: Innovative personnel detection – no additional module needed. *ELOKON* [online]. 15. 2. 2019 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.elokon.com/en-EN/newsroom/details/smart-safety-vest-for-eloshield>.
- [67] SCHMIDT, A. ...[et al.]. Sensor-based personal protective equipment “HORST” for forestry work with power saws: paper presented at: future of protective clothing. Intelligent or not? In: *5th European Conference on Protective Clothing and NOKOBETEF 10; 2012 May 29–31; Valencia, Spain*.
- [68] KAAPPA, E.; HALME, A.; VANHALA J. A textile integrated system extending the awareness of an electrician for dangerously high voltages:paper presented at: Future of protective clothing. Intelligent or not? In: *5th European Conference on Protective Clothing and NOKOBETEF 10; 2012 May 29–31; Valencia, Spain*.
- [69] How Construction Exoskeletons Work: An Animated Guide. *BigRentz: The Nation's Largest Equipment Rental Company* [online]. 27. 8. 2019 [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.bigrentz.com/blog/construction-exoskeletons>.
- [70] SCHICK, Ralf. Exoskeletons at work: everything safe and sound? *KANBrief* [online]. 2019, Nr. 3 [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.kan.de/en/publications/kanbrief/exoskeletons/exoskeletons-at-work-everything-safe-and-sound>.
- [71] FOX, Stephen ...[et al.]. Exoskeletons: comprehensive, comparative and critical analyses of their potential to improve manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management* [online]. 2019, vol. 31, no. 6, s. 1261-1280 [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMTM-01-2019-0023/full/html>. ISSN 1741-038X.
- [72] A European approach to artificial intelligence, European Commission, Dostupné z: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>

- [73] SDĚLENÍ KOMISE EVROPSKÉMU PARLAMENTU, RADĚ, EVROPSKÉMU HOSPODÁŘSKÉMU A SOCIÁLNÍMU VÝBORU A VÝBORU REGIONŮ, Umělá inteligence pro Evropu, Evropská komise, 2018, Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0237&from=EN>.
- [74] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY, KTERÝM SE STANOVÍ HARMONIZOVANÁ PRAVIDLA PRO UMĚLOU INTELIGENCI (AKT O UMĚLÉ INTELIGENCI) A MĚNÍ URČITÉ LEGISLATIVNÍ AKTY UNIE, Evropská komise, 2021, Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF.
- [75] PŘÍLOHY Návrhu nařízení Evropského parlamentu a Rady, KTERÝM SE STANOVÍ HARMONIZOVANÁ PRAVIDLA PRO UMĚLOU INTELIGENCI (AKT O UMĚLÉ INTELIGENCI) A MĚNÍ URČITÉ LEGISLATIVNÍ AKTY UNIE, Evropská komise, 2021, Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_2&format=PDF.
- [76] Rosen, Heinold, Fries-Tersch, Moore & Wischniewski, Advanced Robotics and AI-based Systems, Definitions, mapping of current and potential use and overview of policies, strategies and programmes in relation to the automation of tasks and OSH, EU-OSHA, 2021.
- [77] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [78] *Agrobot* [online]. c2020 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.agrobot.com/>.
- [79] *Automaticky řízená vozidla (AGV) a laserově řízená vozidla (LGV)* [online]. Mecalux, c2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.mecalux.cz/technicka-prirucka-pro-skladovani/vysokozdvizne-voziky/automaticky-laserove-rizena-vozidla-agv-lgv>.
- [80] Automatizace. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 27. 5. 2014 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Automatizace>.
- [81] KOTTAYIL, Navaneeth Kamballur. Autonomous Vehicle. *Techopedia* [online]. Last updated: August 24, 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/30056/autonomous-vehicle>.
- [82] Co je dron? *DroneWeb.cz: Informační portál o světě bezpilotních prostředků* [online]. c2015-2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/co-je-dron>.
- [83] Big data. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 18. 8. 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Big_data.
- [84] Digitalizace. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 23. 8. 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Digitalizace>.
- [85] Exoskeleton. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 4. 5. 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Exoskeleton>.
- [86] *Smart personal protective equipment: intelligent protection for the future: discussion paper* [online]. European Agency for Safety and Health at Work, 2020 [cit. 2021-11-16]. 12 s. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future/view>.

- [87] Internet věcí. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 23. 8. 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Internet_v%C4%9B-c%C3%AD.
- [88] Kolaborativní robot. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 18. 8. 2021 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Kolaborativn%C3%AD_roboty.
- [89] Průmyslové roboty. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 9. 5. 2019 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Pr%C5%AFmyslov%C3%A9_roboty
- [90] ŠTĚDRONŠKÝ, Václav. Robotizace. *Sociologická encyklopedie* [online]. Praha: Sociologický ústav AV ČR, stránka naposledy editována 3. 3. 2018 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Robotizace>.
- [91] DAVILA DELGADO, Juan Manuel ...[et al.]. Robotics and automated systems in construction: understanding industry-specific challenges for adoption. *Journal of Building Engineering* [online]. 2019, vol. 26 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219300889>. ISSN 2352-7102.
- [92] Umělá inteligence. *Encyklopedie BOZP* [online]. Praha: VÚBP, 6. 6. 2018 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Um%C4%9Bl%C3%A1_inteligence.
- [93] VENKATESAN, Mythreye ...[et al.]. Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Reports Medicine* [online]. 2021, vol. 2, no. 7 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34337564/>. ISSN 2666-3791.
- [94] What is Zero Trust security? [online]. Cloudflare, c2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.cloudflare.com/learning/security/glossary/what-is-zero-trust/>.
- [95] SEIDL, Jan. Blockchain pro začátečníky. *IT Systems* [online]. 2018, vol. 1-2 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/technology/Blockchain-pro-zacatecniky-Jan-Seidl.pdf>

