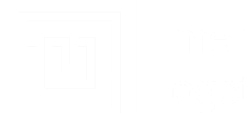


# IZHODIŠČA KOMPETENČNEGA CENTRA ROBOTIKE

MOBILIA PLUS d.o.o.

Avtor: dr. Krištof Debeljak

Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESSR). <https://www.eu-skladi.si/>



Izhodišča za vzpostavitev kompetenčnega centra robotike

Pripravil: dr. Krištof Debeljak, MOBILIA PLUS d.o.o.

Tehnično urejanje in prelom: dr. Krištof Debeljak, MOBILIA PLUS d.o.o.

Predstavljena izhodišča so bila pripravljena za projekt Roboti med nami, katerega organizatorji so Fakulteta za organizacijske študije Novo mesto (FOŠ), Razvojni center Novo mesto ter društvo Čarunalnik.

Izdano dne 20. 12. 2022 v Škofji Loki.



## Kazalo vsebine

Kazalo vsebine .....	5
Kazalo slik .....	5
Predgovor .....	7
1 Namen kompetenčnega centra robotike .....	9
1.1 Opis stanja na področju kompetenčnih centrov .....	9
2 Izhodišča – področja delovanja kompetenčnega centra robotike .....	10
2.1 Lego WeDo .....	13
2.2 DOBOT MAGICIAN 4-osni .....	14
2.3 Lego EV3.....	16
2.4 Industrijski 6-osni in scara roboti .....	17
2.5 Kolaborativni oz. sodelujoči roboti.....	19
2.6 Robot vision – robotski vid .....	20
2.7 Obogatena resničnost AR .....	22
2.8 Eksoskeleti v industriji in medicini .....	23
2.9 Sistemi spremljanja in vodenja proizvodnje – ERP in MES .....	24
3 Uporabniki kompetenčnega centra robotike.....	25
4 Želeni učinki na uporabnike, trg in trajnost.....	26
5 Zaključek .....	27
6 Literatura in viri.....	29

## Kazalo slik

Slika 2-1 Lego WeDo komplet.....	13
Slika 2-2: 4-osni izobraževalni robot DOBOT MAGICIAN s tekočim trakom [6] .....	14
Slika 2-3: Učenje robotske roke trajektorije pisanja [7] .....	15
Slika 2-4: Lasersko graviranje z robotsko roko [7] .....	15
Slika 2-5: 3D tiskanje z robotsko roko [7].....	15
Slika 2-6 Lego EV3 [25] .....	16
Slika 2-7: 6-osni industrijski robot Fanuc [8] .....	17
Slika 2-8: 6-osni industrijski robot ABB [9] .....	17
Slika 2-9: 4-osni scara robot EPSON [10].....	18
Slika 2-10: Kolaborativna robota ABB YuMi – enojna in dvojna robotska roka [12] .....	19
Slika 2-11: Kolaborativni robot Universal Robots UR5e [13] .....	19
Slika 2-12: Robotski vid pri aplikaciji bin-picking [14].....	20
Slika 2-13: Robotski vid pri aplikaciji nadzora kakovosti.[15].....	21
Slika 2-14 Primeri AR naprav [26].....	22

Slika 2-15 Aktivni eksoskelet Phoenix Suit[22] .....	23
Slika 2-16 Pasivni eksoskelet Comau Mate [21].....	23
Slika 2-17 ERP in MES sistem v piramidi avtomatizacije .....	24
Slika 3-1: Prenos teoretičnih in praktičnih znanj s področja industrije 4.0 na zainteresirane posameznike, ki se lahko medsebojno odlično dopolnjujejo. [16] .....	25

## Predgovor

Konkurenčnost podjetij in gospodarska rast sta danes odvisni pretežno od stopnje digitalizacije in tehnološke opremljenosti podjetij. V zadnjem obdobju se občutno povečuje uporaba sodobnih rešitev, ki so posledica vedno večje vpeljave digitalizacije v podjetjih. Tehnično inženirska znanja in praktične izkušnje na opremi industrije 4.0 so zato ključna za uspeh na svetovnem trgu. Tehnologije, ki jih povezujemo s konceptom industrije 4.0, so še vedno težko dostopne. Namen kompetenčnega centra robotike bi bil omogočanje souporabe omenjene opreme in prenos znanj skozi izobraževanje vseh zainteresiranih uporabnikov. S tem bi dvignili kompetence kadrov, ki jim digitalne tehnologije predstavljajo velik izziv. Hkrati bi ohranjali neprecenljive izkušnje starejših kadrov, ki so jih pridobili skozi dolgoletno delo v podjetju in bi jih uporabili tako pri digitalizaciji kot prenosu znanja na mlajše. Povečali bi njihovo vrednost in doprinos v različnih industrijskih panogah ter prispevali k ustvarjanju novih delovnih mest za prihajajoče kadre na lokalnem področju. Na nacionalnem nivoju bi prispevali tudi k dvigu konkurenčnost podjetij in mladih. Trajnostni cilj vzpostavitve kompetenčnega centra robotike je, da bi bil opremljen z najsodobnejšo tehnologijo na trgu.

*»Izobraževanje je potni list prihodnosti, kajti jutri pripada tistim, ki se nanj pripravljajo danes.«*

- Malcolm X





# 1 Namen kompetenčnega centra robotike

Robotika in tehnologije, ki jih povežemo s konceptom industrije 4.0, so za posameznike, manjša podjetja (start-upi) in veliko izobraževalnih ustanov še vedno težko dostopne. Mnogi si lahko privoščijo posamezne (cenejše) komponente, nemogoče pa je najti večino teh tehnologij na enem mestu. Glavna težava je visoka cena, dodatna pa, da se tehnologije izjemno hitro razvijajo, komponente pa zastarajo. Njihovo stalno nadomeščanje z novimi je zelo drago.

Konkurenčnost podjetij in gospodarska rast sta danes pretežno odvisni od stopnje digitalizacije in tehnološke opremljenosti podjetij. Tehnično-inženirska znanja in praktične izkušnje na opremi industrije 4.0 so zato ključna za uspeh na svetovnem trgu. Ustrezno izobraženega in izkušenega kadra na Dolenjskem in v Beli krajini žal primanjkuje in posledično podjetja v globalni tekmi vedno težje konkurirajo.

Na Dolenjskem in v Beli krajini imajo večja podjetja, kot so Revoz, Krka, Adria Mobil, Adria Dom, pa tudi veliko število njihovih dobaviteljev v svojih proizvodnjah že integriranje robote in opremo tehnologije 4.0. Torej ima industrijski bazen v JV Sloveniji v svoji proizvodnji integrirano veliko število avtomatiziranih in robotiziranih sistemov. Na slovenskem trgu je tehnoloških ponudnikov veliko. Pogosto tehnologije niso zadovoljivo izkoriščene, saj ni dovolj ljudi, ki bi jih lahko praktično preizkusili. Velika težava je tudi prenos znanja. Uvajanje novih tehnologij namreč terja čas, ki je povezan s krivuljo učenja in ta se z zahtevnostjo tehnologij daljša.

Predstavljena izhodišča kompetenčnega centra robotike predstavljajo koncept družbenega in tehnološkega sodelovanja in povezovanja mladih, izobraževalnih ustanov, podjetij in ponudnikov sodobne tehnološke opreme. Kompetenčni center robotike bi prinesel naslednje koristi:

- Omogočal bi kakovostno praktično izobraževanje širšemu krogu ljudi in stik z najnovejšimi tehnologijami.
- Posameznikom, izobraževalnim ustanovam in podjetjem bi omogočal souporabo sodobne opreme, ki je stroškovno marsikomu nedosegljiva.
- Prispeval bi k večji prepoznavnosti tehnično-naravoslovnih poklicev.
- Dolgoročno bi zagotavljal več kakovostnega kadra za lokalna podjetja.
- Predstavljal bi novo obetavno prodajno pot za ponudnike novodobne tehnološke opreme.
- Omogočal bi kakovostnejše izvajanje poslanstva, usmerjenega v razvoj podjetniškega in lokalnega okolja.

Pri vzpostavitvi kompetenčnega centra robotike smo pripravljeni s trdno voljo in vizijo prepričati ponudnike sodobne opreme, da nam jo posodijo ali podarijo. Lokacija za postavitev bi bila na območju Dolenjske in Bele krajine.

## 1.1 Opis stanja na področju kompetenčnih centrov

Obstaja veliko inovativnih načinov, kako ljudem približati posamezne koncepte v novodobni tehnologiji. Večina predstavlja le delček ali povezuje le določene segmente industrije 4.0 in 5.0 [1]. Na področju tehnologije obstajajo tudi programski paketi, ki omogočajo povezavo od PLK sistema do ERP sistema [2]. Kot alternativa v Sloveniji [3]

in po svetu [4], [5] obstajajo pametne tovarne, v katerih koncepte tovarn prihodnosti predstavljajo v obliki laboratorija ter omogočajo izobraževanja študentov in osebja iz industrije. Praviloma gre za manjše postavitve, omejene le na posamezne koncepte industrije 4.0 ali skupino ljudi.

Podobnih kompetenčnih centrov na ožjem dolenjskem in belokranjskem območju ni. Če gledamo širše, izven slovenske meje, na Hrvaškem kompetenčni ali njim podobni centri obstajajo na fakulteti v Zagrebu in na HTL v Velikovcu. Oba tesno sedelujeta z gospodarstvom, kar prinaša pozitivne rezultate predvsem iz naslova motivacije dijakov in študentov za tehniške poklice ter izobraževanja študentov in že zaposlenih.

Prednosti predstavljenega kompetenčnega centra robotike, ki bi se ustanovil, bi bile:

- Na enem mestu bi bila predstavljena večina konceptov, ki jih poznamo pod pojmom industrija 4.0.
- Omogočili bi spoznavanje in učenje vodenja proizvodnje tudi iz poslovnoinformacijskega sistema ERP ter razumevanje koncepta »digitalni dvojček«.
- Izobražujejo se lahko študenti, dijaki, osnovnošolci, zainteresirani posamezniki ali celotne projektne skupine iz podjetij.
- Dvig kompetenc posameznikov ali zaposlenih v podjetij na področju industrije 4.0.
- Kdor koli v lokalni skupnosti bi lahko spoznal kompetenčni center ter s tem koncepte industrije 4.0.
- Kompetenčni center robotike bi bil presek interesov vseh deležnikov s področja industrije 4.0.
- V kompetenčnem centru robotike bi imeli tako tehnološko opremo konkurentov kot tudi novih ponudnikov.

Reševanje omenjene problematike zahteva sistemske pristope, med katere spada kompetenčni center robotike. V primeru nevzpostavitve kompetenčnega centra obstaja tveganje, da pobuda robotizacije in digitalizacije ostane na ramenih posameznikov in posameznih podjetij, kar pa ni dovolj za preboj na tem področju. To pomeni, da, če se ne bi pristopilo k sistematičnemu reševanju tega izziva, bi bila vsaka izobraževalna inštitucija in podjetje primorana sama vlagati v te tehnologije, če bi želela slediti razvoju na tem področju. Posledično to institucijam in podjetjem prinaša veliko finančno ter kadrovske obremenitev. Poleg tega je dandanes težje dobiti kompetenčne ljudi z industrijskimi ter pedagoškimi izkušnjami, ki bi bili pripravljeni vstopiti v visoko tehnološko izobraževanje.

## 2 Izhodišča – področja delovanja kompetenčnega centra robotike

Kompetenčni center robotike bi predstavljal stičišče, v katerem bi se učili osnovnošolci, dijaki, študenti, zaposleni, ne glede na predznanja, saj se tehnologija vseskozi posodablja, ter mlada in tudi že uveljavljena podjetja. S storitvami izobraževanj bi bil na voljo tudi za sodelovanje lokalnim izobraževalnim ustanovam, podjetjem in posameznikom. Princip delovanja bi bil sledeč:

- Na nižjih nivojih (osnovna, srednja šola) bi se aktivnosti (izobraževanja, delavnice) večinoma izvajale na lokaciji.
- Za potrebe višjega in visokošolskega izobraževanja ter delavnic je prevedena kombinacija izobraževanja na lokaciji z občasnimi obiski podjetij.
- V primeru izobraževanja podjetij bi se vsebino prilagajalo.
- V primeru razvojnega projekta bi bila potrebna tesna prepletenost podjetja ter kompetenčnega centra robotike.

Za spodbujanje lokalnega okolja oz. prej omenjene ciljne skupine h vključevanju in sodelovanju bi omogočili:

- Izvedbo tehniških dni v šolah in kompetenčnem centru robotike.
- Izvedbo poletnih delavnic za mlade, za katere bi poskušali pridobiti sofinanciranje občin, nekaj pa bi dodali starši.
- Izvajanje rednih učnih vsebin v laboratoriju v sodelovanju z višjimi ter visokimi šolami.
- Podjetjem bi proti plačilu omogočili testiranje ter razvoj rešitev v laboratoriju.

V sklopu projekta Roboti med nami sta bila pripravljena tudi dva učna modula usposabljanja za zaposlene na temo robotike, ki bosta znotraj kompetenčnega centra uporabljena tudi v prihodnje.

Ciljno skupino bi poskušali pridobiti že ob odprtju kompetenčnega centra robotike z ustrezno vsebino in vzdrževanjem stikov po dogodku. Nanj bi se povabilo vse dobavitelje opreme, ključne vplivne deležnike (npr. župane, direktorje pomembnih izobraževalnih institucij ipd.), potencialne uporabnike (šolarje, dijake, študente, zaposlene) ali njihove nadrejene (učitelje nižjih in višjih razredov osnovnih šol, profesorje srednjih, višjih, visokih šol in fakultet), ki bi jim bila pisno in/ali ustno posredovana povabila ali osebno ali pa bi za posredovanje vabil pisno in ustno (večkrat) poprosili njihove nadrejene (ravnatelje, dekane). Enako bi se povabilo posredovalo tudi zaposlenim, s katerimi bi prišli predhodno v stik, in/ali podjetjem prek informacijskega sistema, še bolje prek direktorjev ali nadrejenih, z motivacijskim pismom in pisno prošnjo, da se sami s svojimi sodelavci udeležijo odprtja. Povabilo bi sledilo tudi prek telefonskega pogovora s predhodno ustrezno predstavitvijo vizije in povabilom. Da bi bilo odprtje še bolj privlačno, bi z uporabo podarjene opreme uredili še tri različne aplikacije za različne starostne skupine, ki bi jih obiskovalci preizkusili, ter pripravili predavanja ali delavnice, ki bi se navezovala na tematiko, ki bi jo kompetenčni center pokrival. Poskrbeli bi za ustrezno medijsko prepoznavnost (pisno vabilo v časniku Dolenjski list, prek družbenih medijev z možnostjo plačevanja dosega občinstva, poročilo o dogodku prek televizije) in možnost promocije ter mreženja podjetij in vseh ostalih udeležencev. Njihov odziv na odprtje kompetenčnega centra robotike in njihove potrebe po dodatnih znanjih bi merili prek kratke ankete, ki bi jo sestavili v sodelovanju z zunanjo ustanovo. Vabljenje na dogodek bi se začelo vsaj mesec in pol do dva meseca prej. Vstop na dogodek bi bil prost. Poskrbeli bi za ustrezno socialno in tehnično motivirane demonstratorje tako na dogodku kot pri delovanju kompetenčnega centra. Že ob odprtju bi naznanili nekatere bistvene dogodke delavnic in izobraževanj ter jih terminsko umestili takoj po dogodku. Najavili bi tudi spletne kanale, na katerih se lahko spremlja dodatne razpise delavnic in izobraževanj. Ob samem dogodku bi s podpisanim GDPR pobirali tudi kontakte oseb ter njihov nivo

delovanja in jim prek elektronskega naslova pošiljali ustrezna vabila na udeležbo delavnic, izobraževanj. Vabila na dogodke in delavnice bi prek vabljenih in dodatnih oseb pošiljali prek mailing liste, prav tako bi obveščali prek družbenih omrežij. Poskusili bi povabiti vplivne ljudi v inženiringu, da preizkusijo našo opremo oz. bi demonstracijo izobraževanja prilagodili njim ter z njihovim dovoljenjem promovirali dogodek prek družbenih omrežij v obliki slike in/ali videoposnetka. Enkrat letno bi pripravili dogodek, na katerega bi povabili vse predhodne udeležence in zainteresirane, skupine do 20 ljudi. Ti bi glede na njihovo zanimanje (glede na področje delovanja) oz. težavo v proizvodnem procesu sami ali skupaj z zaposlenimi zastoj razvili aplikacijo, ki bi jo predstavljali na 3-dnevnem dogodku oz. po dogovoru. Te aplikacije bi lahko služile kot učni material za naprej, sicer pa bi kompetenčni center robotike nadaljeval svoja izobraževanja in delavnice po zastavljenem programu z novodobno tehnološko opremo, ki jo je predvidel. Sodobna oprema in ključne tehnologije, ki smo jih predvideli v kompetenčnem centru robotike in ki sodijo na področje industrije 4.0, za namen izobraževanj bi bila:

- Lego WeDo (za osnovno in srednjo šolo),
- Dobot Magician (za osnovno in srednjo šolo),
- Lego EV3 (za osnovno in srednjo šolo),
- industrijski 6-osni in scara roboti (od srednje šole naprej),
- kolaborativni oz. sodelujoči roboti (od srednje šole naprej),
- robot vision oz. robotski vid (od srednje šole naprej),
- obogatena resničnost AR (od srednje šole naprej),
- eksoskeletoni v industriji in medicini (od srednje šole naprej) ter
- sistemi spremljanja in vodenja proizvodnje – ERP in MES (od srednje šole naprej).

Opremo in tehnologije bi se glede na povpraševanje in razvoj trga prilagajalo ciljnemu občinstvu.

## 2.1 Lego WeDo

Lego WeDo predstavlja zabaven in poučen način spoznavanja otrok in mladostnikov z robotiko. Komplet poleg lego kock vsebuje tudi zobnike, motorje, senzorje gibanja in barvne senzorje, kar mlajšim omogoča, da se skozi igro in na izviran način spoznajo z različnimi naravoslovnimi vedami, kot so fizika, matematika in tehnologija. Uporaba Lego WeDo kompleta je zelo enostavna, saj temelji na sestavljanju kock, vendar nudi dovolj izzivov tudi za starejše, saj je možno zgraditi mehanske naprave, ki vključujejo vzvode, pogonske mehanizme z motorji, zobnike in osi. Programiranje se izvaja na osebni ali prenosni računalnik ali tablici v istoimenskem programu, ki je uporabniku zelo prijazen ter med drugim omogoča blokovno in tekstovno programiranje. Delavnice v taki obliki motivirajo otroke in mladostnike za znanosti in jih opremijo z znanji, potrebnimi za poklice prihodnosti. Vsebine, ki jih zajema ta sklop, vključujejo: Spoznavanje sveta računalništva in tehnike; Zabavno programiranje z različnimi programskimi orodji; Sestavljanje robotov delavcev, bojevnikov, pametnih vozil; Upravljanje robotov z mobilnimi napravami (pametni telefoni, tablice); Opremljanje robotov s senzorji barve, svetlobe, sile.



Slika 2-1 Lego WeDo komplet

## 2.2 DOBOT MAGICIAN 4-osni

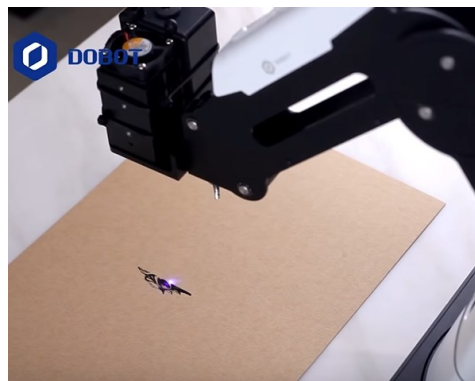
Učni komplet DOBOT MAGICIAN bi bil namenjen izobraževanju odraslih, ki so še brez izkušenj z robotiko oz. ki jih robotika poljudno zanima, ter otrok višje starostne skupine osnovne šole na področju robotike in mehatronike. DOBOT MAGICIAN je 4-osna robotska roka, namenjena prijemanju, pisanju, laserskemu graviranju in 3D tiskanju. Ima okvirno deset vhodov/izhodov z možnostjo krmiljenja PWM izhoda, štiri krmiljene izhode 12V, komunikacijski vmesnik (UART) ter dva izhoda za koračni motor. Omogoča vizualno programiranje in ročno premikanje oz. učenje. Programiranje bi potekalo v programskem okolju DobotStudio. Otroci bi s pomočjo kompleta spoznali razna robotska orodja in pripomočke, kot so: robotska roka, tekoči trak, vakuumsko prijemalo, mehansko prijemalo, držalo za pisalo, 3D tiskalnik, laser za graviranje, konzola za upravljanje WIFI modul, Bluetooth modul. Učne delavnice in izobraževanja bi bili zasnovani tako, da bi iz kompleta sestavili in se najprej spoznali s/z: (1) preprostim linearnim premikanjem robotske roke po vseh oseh – tako z ročnim premikanjem robotske roke kot tudi v programskem okolju; (2) pisanjem z robotsko roko; (3) uporabo mehanskih in vakuumskih prijemal za sestavljanje stolpa, pozneje sledenje in podajanje na tekoči trak; (4) laserskim graviranjem z robotsko roko; ter (5) 3D tiskanjem z robotsko roko. S tem bi pridobivali osnovno znanje o robotiki, programiranju robotskih rok in uporabi različnih orodij oz. tehnik, ki jih roboti že nadomeščajo. Pridobili bi tudi širše znanje na računalniških, elektrotehniških in strojnih znanjih, hkrati pa dobivali občutek za delo v timu, kar so ključni elementi za dvig kompetenc.



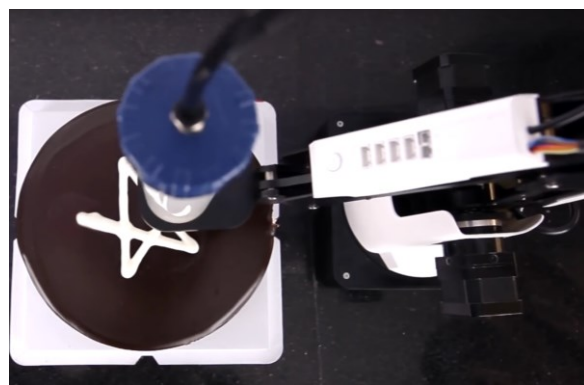
Slika 2-2: 4-osni izobraževalni robot DOBOT MAGICIAN s tekočim trakom [6]



Slika 2-3: Učenje robotske roke trajektorije pisanja [7]



Slika 2-4: Lasersko graviranje z robotsko roko [7]



Slika 2-5: 3D tiskanje z robotsko roko [7]



## 2.3 Lego EV3

Lego Mindstorms EV3 je komplet, ki vsebuje programsko in strojno opremo za razvoj in programiranje različnih robotov. Glavni del vsakega kompleta je Lego Mindstorms programabilna enota (programabilni logični krmilnik), ki lahko izvaja različne vrste programov. Enota upravlja številne senzorje in motorje, ki imajo posebne funkcije. Omogoča gradnjo in programiranje robotov, ki hodijo, govorijo in razmišljajo, ter predstavlja zabaven način programiranja v programskem jeziku Python. Sklop EV3 predstavlja nadgradnjo vsebin iz sklopa WeDo. Uporaba je zato primerna predvsem za srednješolce in študente ter omogoča učenje naprednejših konceptov robotike in tekstovnega programiranja. Poudarek je na učenju in razvoju inženirskega pristopa pri reševanju izzivov: definiranje težave, načrtovanje, izvedba, optimizacija in dobra komunikacija znotraj ekipe. Pomembno znanje iz programiranja, ki ga bodo udeleženci pridobili, je poznavanje, kaj so vhodi, izhodi, dogodki, zanke, funkcije in pogoji. Vsebina obsega naslednja modula, ki vključujeta več izzivov in se stopnjujeta po težavnosti: Sestavljanje in programiranje enostavnih strojev; Spoznavanje konceptov programiranja z raziskovanjem realnih problemov, povezanih s temo avtonomnih avtomobilov [24].



Slika 2-6 Lego EV3 [25]



## 2.4 Industrijski 6-osni in scara roboti

Kompleksnost proizvodov in s tem delovnih mest povečuje povpraševanje po razbremenitvi delavca in robotizaciji delovnih mest, ki ljudem postajajo ergonomsko nesprejemljiva. Zato se že mladi, katerih srednješolska izobrazba znanj robotike ni pokrila, navsezgodaj srečujejo z roboti na delovnem mestu.

V tem sklopu bi spoznavali industrijske robote, ki veljajo za klasike vseh avtomatiziranih industrijskih obratov. Sklop bi bil namenjen tako mladim, ki se še izobražujejo, kot odraslim, ki se šele spoznavajo z industrijskim robotom na delovnem mestu. Sklop predstavlja nadgradnjo znanja in preklon razmišljanja s šolskih robotov (DOBOT in EV3) na prakso in praktične primere iz industrije. Ta zavzema: poznavanje linearnih in rotacijskih premikov robota; kako se med seboj razlikujejo 4-, 5-, 6-, 7- in več osni roboti; razlikovanje tipov robota na antropomorfne oz. serijske, scara, delta, translacijske robote (npr. 3D printerji); ozaveščanje, kdaj se robotizacija povrne; upravljanje z robotom prek programabilne konzole; spoznavanje osnovnih elementov robotskega sistema; poznavanje predpriprave robotskega programa (koordinatni sistemi, TCP, načini gibanja robota ...); programiranje robota v virtualnem okolju (RoboDK, RobotStudio, RoboGuide, MotoSim ...); poznavanje načinov delovanja (avtomatsko, ročni način z omejeno/visoko hitrostjo); uporabo drugih senzornih naprav pri robotskem programiranju ter manjši obseg tematike, ki jo zajema današnja industrija od 3.0 do 5.0 (ERP, MES, PLK ...).



Slika 2-7: 6-osni industrijski robot Fanuc [8]



Slika 2-8: 6-osni industrijski robot ABB [9]

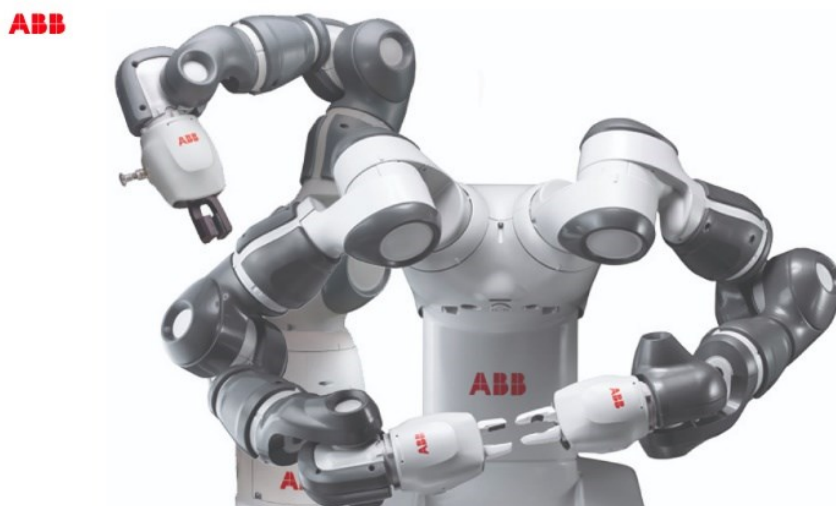


*Slika 2-9: 4-osni scara robot EPSON [10]*

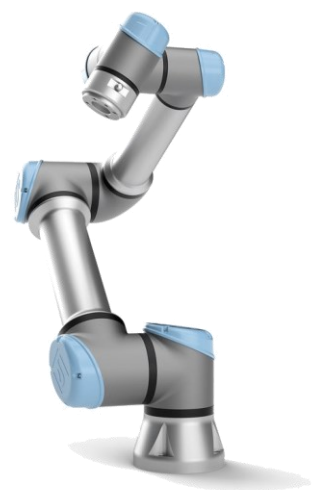
## 2.5 Kolaborativni oz. sodelujoči roboti

Kolaborativni oz. sodelujoči roboti so nastali iz potreb po večji varnosti v proizvodnji pa tudi, da omogočajo neposreden stik in sodelovanje robot-človek znotraj označenega delovnega prostora brez potrebe po varnostni kletki ali ograji [11]. Poleg tega pa mora vstop v delovno območje robota v avtomatskem načinu delovanja sprožiti zaščitno zaustavitev vse opreme, ki predstavlja nevarnost.

Omenjeni sklop bi bil namenjen tako mladim, ki se še izobražujejo in imajo znanja o industrijskih robotih, kot odraslim, ki se z industrijskimi in s kolaborativnimi roboti srečujejo na delovnem mestu ali jih želijo uvesti v svoj delovni proces. Sklop predstavlja nadgradnjo znanja o industrijskih robotih, prednosti/slabosti kolaborativnih robotov pred industrijskimi ter razumevanje varnostnih protokolov, ki so pri kolaborativnih robotih še bolj poudarjeni. V sklopu udeleženci spoznajo, da imajo kolaborativni roboti omejeno hitrost delovanja ter so ob interakciji z okolico zelo občutljivi. Hkrati sklop zajema še: Poznavanje zasnove sodelujoče aplikacije; Poznavanje programiranja oz. vodenje robota (programabilna konzola, vodenje vrha robota z roko, vodenje posameznih osi robota z roko); Poznavanje štirih operacij, predvidenih med sodelovanjem robota in človeka (varnostni nadzorovani izklop, vodenje z roko, nadzorovane hitrosti in varnostne razdalje, omejitve moči in sile); Poznavanje omejevanja robotovega gibanja (programsko in/ali z dodatnimi senzorji); Spoznavanje, kako zasnovati robotski sistem s kolaborativnim robotom, da se odstrani ali ustrezno zmanjša tveganja; Poznavanje zahtev za sodelovanje robot-človek in delovnega prostora; Poznavanje nadzora hitrosti in varnostne razdalje, omejitve sile in moči (omemba tabele z biomehanskimi omejitvami dotikov); Poznavanje 5 strategij v primeru zaznanega trka (od tega, da robot ne reagira, do uporabe zunanje sile za vodenje); Primeri dobrih praks.



Slika 2-10: Kolaborativna robota ABB YuMi – enojna in dvojna robotska roka [12]



Slika 2-11: Kolaborativni robot Universal Robots UR5e [13]

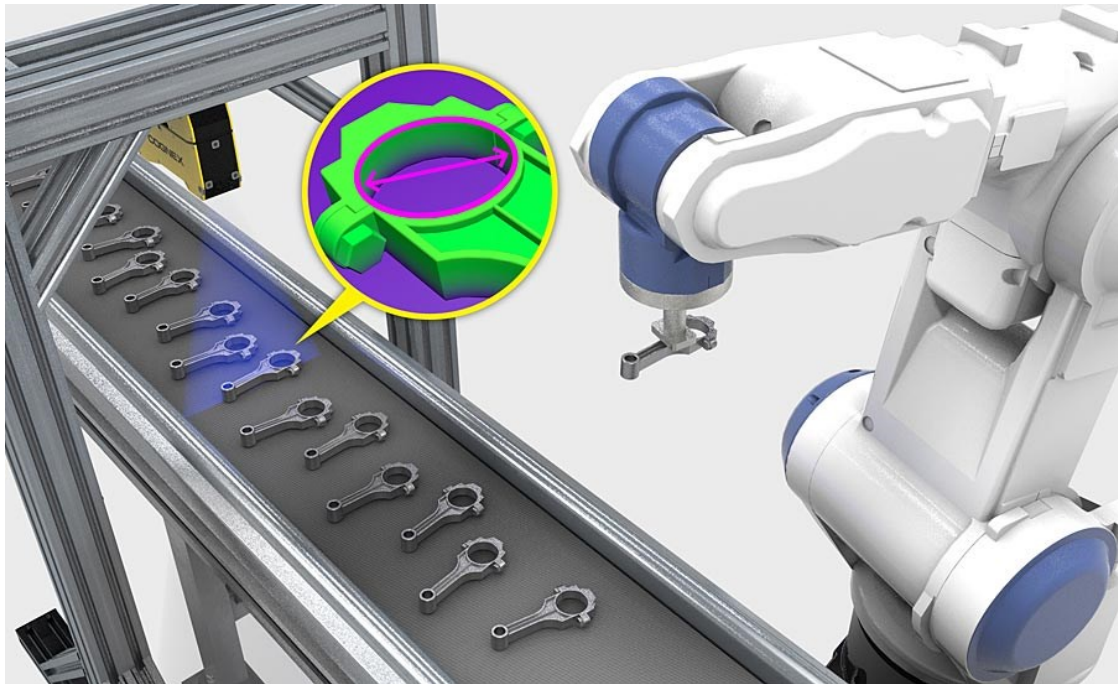
## 2.6 Robot vision – robotski vid

Robotski vid se pretežno ukvarja s tehnologijami, z napravami in postopki za vizualno zaznavanje z modernimi slikovnimi tehnikami, obdelavo digitalnih slik, robotskim merjenjem in s kalibracijo, z razpoznavanjem objektov, navigacijo in vizualnim nadzorom kakovosti, ki se pojavlja v različnih industrijskih in neindustrijskih panogah z različnimi potrebami. Te panoge pa se med delovnim procesom srečujejo z različnimi posebnostmi, zato so tudi rešitve robotskega vida temu primerne.

Omenjeni sklop bi bil namenjen tako mladim, ki se še izobražujejo, z ali brez predznanja o robotskem vidu kot odraslim, ki se srečujejo z roboti in s kamerami na delovnem mestu ali želijo izboljšati/uvesti robotski vid v svoj delovni proces ali se želijo preprosto seznaniti s to tehnologijo. Sklop zajema: Poznavanje razlik med 2D in 3D kamerami za robotski vid; Poznavanje uporabe različnih osvetlitev; Poznavanje aplikacij, v katerih se robotski vid uporablja (pick&place, bin pick, kontrola kakovosti, navigacija ...); Poznavanje in uporaba integriranih algoritmov (ostrenje/glajenje slike, razpoznavanje vzorcev ali geometrije, histogrami, merjenje razpoznanih oblik, nevronska mreža in deep learning ...); Poznavanje vodenja robota s kamero; Priprava delovnega okolja za integracijo kamere; Poznavanje zasnove robotske aplikacije z 2D/3D kamero; Primeri dobrih praks.



Slika 2-12: Robotski vid pri aplikaciji bin-picking [14]



Slika 2-13: Robotski vid pri aplikaciji nadzora kakovosti.[15]

## 2.7 Obogatena resničnost AR

Obogatena resničnost je izboljšana, interaktivna različica realnega okolja, ki jo s pomočjo holografske tehnologije dosežemo z digitalnimi vizualnimi elementi, zvoki in drugimi čutnimi dražljaji. AR vključuje tri značilnosti: kombinacijo digitalnega in fizičnega sveta, interakcije v realnem času ter natančno 3D-identifikacijo virtualnih in resničnih predmetov. Obogatena resničnost ponuja boljši način oblikovanja, urejanja in zagotavljanja uporabnih navodil s prekrivanjem digitalne vsebine v realnih delovnih okoljih [17].

V letu 2022 in do leta 2030 bo imela razširjena resničnost vodilno vlogo v večini industrijskih panog, med drugim v vojski, izobraževanju, medicini, proizvodnji, usposabljanju, pomoči na daljavo, navigaciji in igrah. Razširjena resničnost ima potencial, da bo postala temelj novega izobraževalnega sistema ter jo bo mogoče uporabiti tudi v drugih sektorjih. [18]

Pričakuje se, da bo potreba bo kadrih, ki bodo znali upravljati in kreirati okolja za obogateno resničnost, v prihodnosti čedalje večja. Omenjeni sklop bo primeren predvsem za mlade, ki bi jih ustvarjanje in uporaba AR okolij in tehnologij zanimala kot karierna usmeritev, v ta sklop pa bi zajeli tudi starejšo populacijo, za katero se bo pripravilo izobraževanja in usposabljanja na temo rokovanja in uporabe AR tehnologij. Sklop bo obsegal: Prepoznavanje različne vrste izkušenj AR; Orodja in platforme, ki se uporabljajo na področju AR; Kaj daje AR občutek "resničnosti"; Primeri uporabe AR; Kako ustvariti »workflow« v AR; Kako delujejo izkušnje AR; Spoznavanje orodja Unity za ustvarjanje izkušenj AR; Gradnja izkušnje AR z uporabo ARCore;



Slika 2-14 Primeri AR naprav [26]



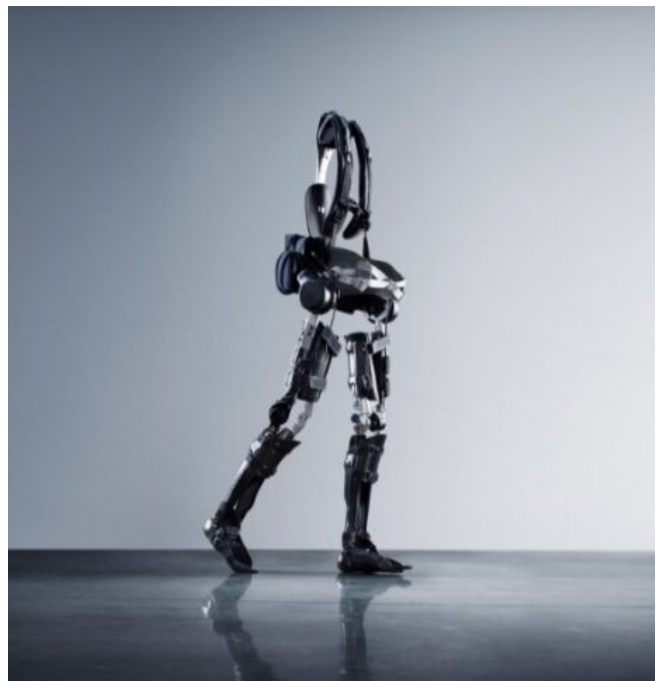
## 2.8 Eksoskeleti v industriji in medicini

Izraz »eksoskelet« opisuje nosljive sisteme, ki zagotavljajo določeno fizično interakcijo z osebo, ki jo nosi [20]. Delimo jih na aktivne, ki vključujejo elektromehanske pogone, in pasivne, ki uporabniku zagotavljajo večjo stopnjo ergonomije pri delu. Eksoskeleti v industriji so vrsta razširjene tehnologije, ki je namenjena izboljšanju učinkovitosti človeka pri fizično zahtevnih nalogah, saj podpira dele telesa, kot so roke, spodnji del hrbta, noge in zgornji del telesa. S tem se zmanjšajo energetske potrebe delavcev pri varnem dvigovanju, prenašanju in držanju orodja, škatel in drugih industrijskih sredstev. S to namestitvijo se bistveno zmanjša pogostost kostno-mišičnih obolenj [21]. V medicini pomožni eksoskeleti za spodnje okončine uporabnikom pomagajo pri opravljanju vsakodnevnih dejavnosti, ki jih ne zmorejo več. Uporabniku lahko, na primer, pomagajo pri hoji, če je običajno zaradi poškodbe hrbtenjače, možganske kapi ali starostne okvare ne zmore [22].

Interesna populacija za ta sklop bi zajemala tako mlade kot starejše, študente, delovno aktivne in upokoјence. Manjšo ciljno skupino predstavljajo raziskovalci, ki jih zanima raziskovalna dejavnost na temo eksoskeletov. Glavni poudarek je predvsem na seznanjanju širše javnosti glede možnosti uporabe tehnologije. Osveščanje je ključnega pomena za premagovanje negotovosti in strahu pred uporabo eksoskeletov. Za ta namen se bo razvilo serijo delavnic, ki bodo pokrivale naslednje vsebine in praktične prikaze: Kaj so eksoskeleti?; Kakšne vrste eksoskeletov poznamo?; Kako lahko eksoskeleti pomagajo ljudem?; Uporaba pasivnih eksoskeletov v industriji; Uporaba aktivnih eksoskeletov v medicini in rehabilitaciji; Uporaba aktivnih eksoskeletov za vsakdanje življenje; Primeri dobrih praks.



Slika 2-15 Aktivni eksoskelet Phoenix Suit[22]

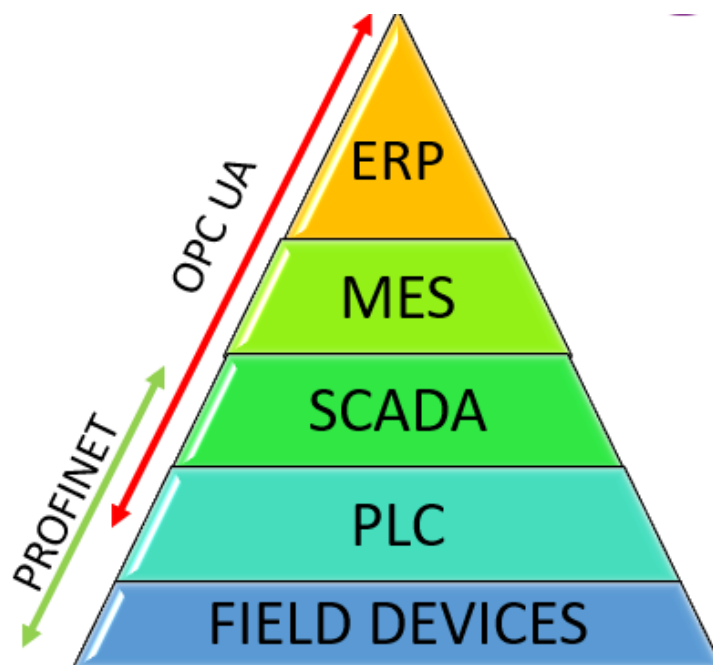


Slika 2-16 Pasivni eksoskelet Comau Mate [21]

## 2.9 Sistemi spremljanja in vodenja proizvodnje – ERP in MES

Sistemi spremljanja in vodenja proizvodnje so nujni za uspešno vpeljavo robotov in ostalih tehnologij industrije 4.0 v proizvodnjo. Celovita programska rešitev ERP (Enterprise resource planning) izhaja iz potrebe po celovitem upravljanju z vsemi viri in njihove uporabe v celotni organizaciji. Glavni cilj ERP je povezovanje vseh oddelkov in enot (tudi, če so med njimi velike geografske razdalje) podjetja oziroma njegovih poslovnih procesov z enim samim računalniškim sistemom, torej s centralno bazo podatkov. Ta mora na enem mestu omogočati integracijo vseh podatkov in pripravo vseh informacij, potrebnih za uspešno odločanje. Glavna naloga MES-sistema je vodenje proizvodnje. Pri tej nalogi ima MES-sistem veliko prednosti, med drugim sledenje izdelku v vseh fazah, izboljšanje kakovosti, povečanje proizvodnje in posledično znižanje stroškov [23].

Sklop je namenjen zaposlenim v podjetjih in študentom. Poznavanje omenjenih sistemov in dobrih praks je za podjetja ključnega pomena pri izbiri ustreznega sistema glede na obrt podjetja. Študentom pridobljene praktične izkušnje na omenjenih sistemih nudijo dobre reference pri iskanju prve zaposlitve. V tem sklopu se obravnavajo naslednje vsebine: Kaj je ERP in MES?; Delovanje in naloge ERP sistema; Delovanje in naloge MES sistema; Sistemi spremljanja in vodenja proizvodnje v širšem kontekstu industrije 4.0; Pasti vpeljave ERP in MES sistemov; Primeri dobrih praks.



Slika 2-17 ERP in MES sistem v piramidi avtomatizacije



### 3 Uporabniki kompetenčnega centra robotike

Kompetenčni center robotike bi koristil več različnim skupinam iz ekosistema industrije 4.0., in sicer:

- Dolgoročno bi kompetenčni center robotike predstavljal zelo velik pozitiven učinek na družbo (predvsem lokalno skupnost), saj bi se zaradi dostopnosti tehnologij povečalo zanimanje za te poklice, posledično pa bi imeli več strokovnjakov na tem področju.
- Končni uporabniki bi bili študenti, dijaki, osnovnošolci, zainteresirani posamezniki in podjetja.
- Omogočil bi prenos teoretičnih in praktičnih znanj s področja industrije 4.0 na zainteresirane posameznike in podjetja ter jim omogočil stik s ključnimi tehnologijami prej omenjenega področja.
- Med uporabniki bi upoštevali tudi izobraževalne ustanove (osnovne in srednje šole, fakultete) z izvajanjem predmetov, tehničnih dni in s podporo pri diplomskih in magistrskih nalogah.
- Velik pozitiven učinek bi predstavljal za ponudnike tehnoloških rešitev kot nov komercialno-prodajni kanal.
- Hkrati pa bi bilo za delovanje kompetenčnega centra robotike treba zaposliti dodatne strokovnjake s tehničnega področja, ki bi obvladovali tudi socialne veščine.

Predvidevamo, da bi se zaradi kompetenčnega centra robotike v prihodnje več otrok odločilo za naravoslovno-tehnične poklice. Dobili bi več visoko usposobljenih strokovnjakov robotike in mehatronike, obstoječim strokovnjakom in kadrom pa bi pomagali nadgraditi njihovo dosedanje znanje.



*Slika 3-1: Prenos teoretičnih in praktičnih znanj s področja industrije 4.0 na zainteresirane posameznike, ki se lahko medsebojno odlično dopolnjujejo. [16]*

## 4 Želeni učinki na uporabnike, trg in trajnost

Vizija kompetenčnega centra robotike so usposobljeni kadri in regionalni razvoj. Bodoče inženirje in strokovnjake želimo pripraviti na realne izzive, da bodo v prihodnje sposobni opravljati dela z visoko dodano vrednostjo, da bodo strmeli k inovativnosti in ustanavljali visokotehnološka podjetja.

Učinki, ki jih želimo doseči znotraj kompetenčnega centra robotike, so:

- Da ima **dolgoročno izjemno velik pozitiven vpliv na delovno okolje človeka**. Avtomatizacija delovnih postopkov, ki ljudem niso prijazni, je ena izmed prednosti industrije 4.0. Cilj avtomatizacije je razbremeniti človeka pri dvigovanju težkih bremen, stalnemu ponavljanju istih gibov, zmanjšati utrujenost zaradi monotonosti dela, zmanjšati stres pri natančnih delih ipd. S povečanjem števila strokovnjakov na področju avtomatizacije in robotike bomo v podjetja dolgoročno dobili več inovativnih rešitev, ki bodo razbremenile ljudi. Posledično to pomeni manj poškodb in bolezni ter večje zadovoljstvo zaposlenih.
- Da **prispeva k razvoju splošnih in tehnično specifičnih kompetenc ter splošnemu dvigu izobrazbene ravni**. Iskalci prve zaposlitve, ki bodo svoje izkušnje lahko nabirali v kompetenčnem centru robotike, bodo za vstop na trg dobro pripravljene. Podjetja bodo lažje pristopila k avtomatizaciji in digitalizaciji svojega poslovanja, saj bo na voljo več usposobljenega kadra. Posledično se lahko nadejamo dviga dodane vrednosti na zaposlenega in s tem višjih dohodkov zaposlenih.
- Da **omogoča prekvalifikacijo vseh tistih, ki v industriji nimajo izkušenj**, a jih ta zaradi lažje zaposlitve zanima. Razumemo, da je lahko postopek uvajanja na delovnih mestih dolgotrajen. V povezavi s podjetji lahko poskrbimo, da delavec pred zaposlitvijo pri nas dobi vsa potrebna predznanja, ki jih lahko potem uporabi na delovnem mestu.

## 5 Zaključek

Z vzpostavitvijo kompetenčnega centra robotike bi povečali vrednost in doprinos v različnih industrijskih panogah na območju Dolenjske in Bele krajine, pri katerih se v zadnjem obdobju občutno povečuje uporaba sodobnih rešitev, ki so posledica vedno večje vpeljave digitalizacije v podjetjih. Delo kompetenčnega centra robotike bi pomagalo pri dvigu kompetenc in vednosti zaposlenih, prispevalo pa bi tudi k večji konkurenčnosti podjetij.

Koristi kompetenčnega centra robotike so navedene v poglavju 1: Namen kompetenčnega centra robotike. Njegova operacionalizacija pa bi potekala na sledeč način:

- izgradnja ter odprtje kompetenčnega centra robotike,
- izvedba tehniških dni v šolah in kompetenčnem centru robotike,
- izvedba poletnih delavnic za mlade (poskušamo pridobiti sofinanciranje občin ter nekaj sofinanciranja staršev),
- izvajanje rednih učnih vsebin v sodelovanju z višjimi ter visokimi šolami,
- podjetjem proti plačilu omogočati testiranje ter razvoj rešitev,
- uvanjanje novih tehnologij glede na izkazan interes udeležencev.



## 6 Literatura in viri

- [1] M. M. Mabkhot, A. M. Al-Ahmari, B. Salah, in H. Alkhalefah, „Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective“, *Machines*, let. 6, št. 2, Art. št. 2, jun. 2018, doi: 10.3390/machines6020023.
- [2] „Kepware“, Inea RBT d.o.o. <https://www.inea-rbt.si/zastopstva/kepware/> (pridobljeno 7. december 2022).
- [3] „Kako je videti pametna tovarna?“, *rtvslo.si*. <https://www.rtvsllo.si/znanost-in-tehnologija/kako-je-videti-pametna-tovarna/490057> (pridobljeno 7. december 2022).
- [4] „Smart Factory - Fraunhofer IML“, Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics. [https://www.Impl.fraunhofer.de/en/fields\\_of\\_activity/enterprise-logistics/productionlogistics/smart-factory0.html](https://www.Impl.fraunhofer.de/en/fields_of_activity/enterprise-logistics/productionlogistics/smart-factory0.html) (pridobljeno 7. december 2022).
- [5] P. Čebren, „Pametna tovarna v Plovdivu je center za izmenjavo znanja v industriji“, *Računalniške novice*, 21. junij 2021. <https://racunalniske-novice.com/pametna-tovarna-schneider-electric/> (pridobljeno 7. december 2022).
- [6] „Slika 4-osni DOBOT MAGICIAN“. DOBOT Slovenija. Pridobljeno: 6. december 2019. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.dobot.si/wp-content/uploads/2019/12/6-1.png>
- [7] Dobot Magician - Bring Industrial Robotic Arm to Daily Life, 3D Printer, Laser Engraver and more!, (15. avgust 2016). Pridobljeno: 12. december 2022. [Na spletu Video]. Dostopno na: [https://www.youtube.com/watch?v=ggT4hz5tM\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=ggT4hz5tM_0)
- [8] „6-osni industrijski robot Fanuc“. <https://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/r1000/generic/400x600/int-ro-pr-r100080f-r-1.jpg> (pridobljeno 8. december 2022).
- [9] „6-osni industrijski robot ABB“. <https://docplayer.es/docs-images/57/40106167/images/24-0.jpg> (pridobljeno 8. december 2022).
- [10] „4-osni scara robot Epson“. [https://mediaserver.goepson.com/lmConvServlet/imconv/c19af65e2af70d29a6008b9c645e2f710e196553/original?use=productpictures&hybrisId=B2C&assetDescr=fg\\_robots-scara\\_ls-robot](https://mediaserver.goepson.com/lmConvServlet/imconv/c19af65e2af70d29a6008b9c645e2f710e196553/original?use=productpictures&hybrisId=B2C&assetDescr=fg_robots-scara_ls-robot) (pridobljeno 8. december 2022).
- [11] A. Zore, „Sodelujoči roboti“, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 2017. Pridobljeno: 12. december 2022. [Na spletu]. Dostopno na: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94398>
- [12] „Sodelujoča robota ABB YuMi (enojna in dvojna roka)“. <http://images.ctfassets.net/gt89rl895hgs/60W6rHqZF2RUMjNagmXUKG/34a948027c58fae0808581e20b5b24d6/sharing-yumi.jpg?w=1200&h=630&q=100&fm=jpg&fit=fill> (pridobljeno 8. december 2022).
- [13] „Sodelujoči robot UR5e“. <https://olympustechnologies.co.uk/wp-content/uploads/2018/08/UR5e.png> (pridobljeno 8. december 2022).
- [14] K. M. P. Editor, „3D Vision Sensor for Robot Arms Launched“, *Metrology and Quality News - Online Magazine*, 5. marec 2021. <https://metrology.news/3d-vision-sensor-for-robot-arms/> (pridobljeno 8. december 2022).
- [15] „How AI and Machine Vision Impact Vision Robotics | Quality Magazine“. <https://www.qualitymag.com/articles/96664-how-ai-and-machine-vision-impact-vision-robotics> (pridobljeno 14. december 2022).
- [16] „PLD | Blog“. <https://www.pldmentoring.com/blog/knowledge-transfer-mentoring> (pridobljeno 14. december 2022).
- [17] „What is augmented reality or AR“. <https://dynamics.microsoft.com/en-us/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/> (pridobljeno 15. december 2022).
- [18] R. Kaviyaraj and M. Uma, "A Survey on Future of Augmented Reality with AI in Education," 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), 2021, pp. 47-52, doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9395838. (pridobljeno 14. december 2022).
- [19] Primeri AR naprav. <https://www.augmented-minds.com/en/augmented-reality/ar-hardware-devices/> (pridobljeno 14. december 2022).

[20] [https://oshwiki.eu/wiki/Uporaba\\_eksoskeletov\\_za\\_prepre%C4%8Dvanje\\_kostnomi%C5%A1%C4%8Dnih\\_obolenj\\_v\\_industiji](https://oshwiki.eu/wiki/Uporaba_eksoskeletov_za_prepre%C4%8Dvanje_kostnomi%C5%A1%C4%8Dnih_obolenj_v_industiji) (pridobljeno 16. december 2022).

[21] [https://www.comau.com/wp-content/uploads/2021/06/Image-page-ReA\\_Mate@2x-825x1024.jpg](https://www.comau.com/wp-content/uploads/2021/06/Image-page-ReA_Mate@2x-825x1024.jpg) (pridobljeno 16. december 2022).

[22] "Phoeneix Suit" <https://www.suitx.com/sites/default/files/md-slider-image/Phoenix%202000%20JPEG.jpg>

[23] TERPIN, Zorko, 2016, Razvoj proizvodnega informacijskega sistema v izbranem podjetju : magistrsko delo [na spletu]. Magistrsko delo. Ljubljana : Univerza v Ljubljani. [Dostopano 16 december 2022]. Pridobljeno s: <http://www.cek.ef.uni-lj.si/magister/terpin5348.pdf>

[24] <https://education.lego.com/en-us/downloads/retiredproducts/mindstorms-ev3/curriculum> (pridobljeno 16. december 2022).

[25] [https://live.staticflickr.com/7670/17501651501\\_6744477f18\\_b.jpg](https://live.staticflickr.com/7670/17501651501_6744477f18_b.jpg) (pridobljeno 16. december 2022).

[26] <https://www.augmented-minds.com/wp-content/uploads/2018/01/Augmented-Reality-AR-devices.jpg> (pridobljeno 16. december 2022).