

VPLIV AVTOMATIZACIJE PROCESA NAMESTITVE LEPILNEGA TRAKU NA UČINKOVITOST PROIZVODNJE

Lan Terseglav, Žiga Gosar, Janez Kušar, Tomaž Berlec

Izvelek:

V mnogih proizvodnih podjetjih, zlasti pri dobaviteljnih avtomobilske industrije, se srečujejo z visokimi zahtevami za produkte z nizko dodano vrednostjo. Zaradi tega postaja vse bolj pomembno zniževanje stroškov z optimizacijo proizvodnih procesov.

Eden takih procesov je nameščanje lepilnega traku na polimerne izdelke, ki ga v obravnavanem podjetju trenutno v celoti izvajajo ročno. Namen te raziskave je bil izdelati koncept robotske celice kot predlog za izboljšavo procesa ter primerjati stanji pred avtomatizacijo in po njej, predvsem s stroškovnega vidika, pa tudi z ostalimi kazalniki. Z analizo toka vrednosti je bilo ugotovljeno, da se pri izboljššanem procesu pretočni čas proizvodnje močno zmanjša, prav tako zasedenost proizvodnega prostora. Dokazano je bilo, da je z implementacijo robotske celice v proces še vedno mogoče dosegati kupčeve zahteve tako po obsegu kot tudi kakovosti. Poleg tega je za delovanje robotiziranega procesa potreben en sam delavec, ki bi skrbel za periferijo naprave. Ob tem je potrebno poudariti še to, da se z uporabo robotov izniči negativen učinek starega procesa (npr. vdihavanje hlapljivega topila) na človekovo zdravje, z natančnejšim doziranjem minimalne potrebne količine topila pa se zmanjša še vpliv na okolje. Robotska celica tako sledi smernicam industrije 4.0, ki je vse bolj prisotna v našem okolju. Predelava procesa zahteva začetni vložek, za katerega pa je bilo v sklopu raziskave izračunano, da naj bi se povrnil v dobrem letu.

Ključne besede:

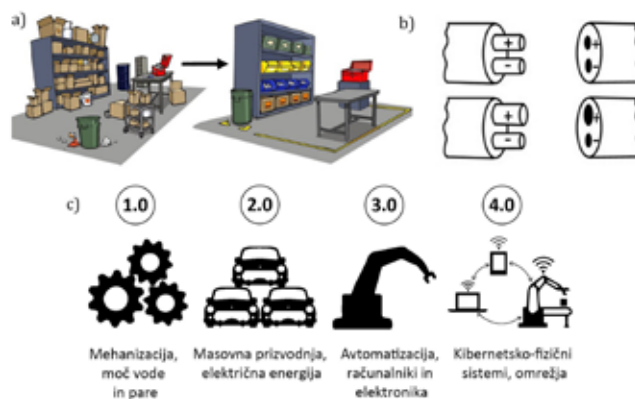
proizvodni proces, namestitev lepilnega traku, izboljšava procesa, robotska celica, vitke metode

1 Uvod

V sodobnem času je na svetovnem trgu mogoče opaziti vse večjo konkurenčnost proizvodnih podjetij. Zahteve končnih kupcev postajajo predvsem v avtomobilski industriji iz dneva v dan večje. Višajo se predvsem zahteve po kakovosti, proizvodni stroški pa se morajo zaradi trenda uvedbe vitkih procesov znižati. Podjetja morajo zagotavljati visokokakovostne produkte v velikih obsegih za nizko ceno, zato je nizka tudi njihova dodana vrednost. Predvsem zaradi dražje delovne sile se je Evropi in ZDA vedno težje zoperstavljati, npr. Kitajski in Indiji, zato smo prisiljeni k vitkemu razmišljanju in razvoju inovativnih pristopov k proizvodnim procesom. [1] K temu usmerjajo tudi svetovno uveljavljene metode, npr. 5S, ki narekuje korake za ureditev delovnega mesta, in metodologija Poka-Yoke, ki omogoča uvedbo pristopa brez napak, s katero zagotovimo kakovost in zmanjšamo izmet. Ob postavitvi novih

procesov pa je potrebno upoštevati še smernice, ki jih narekuje industrija 4.0. Glavni cilji te strategije so namreč fokusirani v ustvarjanje pametnih izdelkov, postopkov in procesov ter pametnih tovarn. [2]

Ena izmed možnih rešitev za optimizacijo proizvodne linije je njena avtomatizacija. Z roboti se je namreč mogoče izogniti delu stroškov, ki jih predstavlja delovna sila. Poleg tega pa robotizacija prinaša še veliko drugih prednosti, kot so pohitritev



Slika 1 : (a) Delovno okolje pred implementacijo 5S metode in po njej [3], (b) primer sistema Poka-Yoke [4], (c) značilnosti štirih industrijskih revolucij [5]

Lan Terseglav, dr. Žiga Gosar, oba Elvez, d. o. o, Ljubljana; izr. prof. dr. Janez Kušar, univ. dipl. inž., doc. dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

procesa, izboljšanje kakovosti oz. zmanjšanje izmeta, boljša urejenost delovnega območja, opravljanje človeku nevarnih ali zdravju škodljivih operacij in še veliko bi jih lahko našeli. Avtomatizacija pa kljub navedenim prednostim ni vedno ekonomsko upravičena, kar je pred uvedbo potrebno preveriti.

2 Analiza obstoječega stanja

2.1 Analiza toka vrednosti materiala in informacij

Glavni in najpomembnejši cilj raziskave je bil izdelava čim bolj natančne analize toka vrednosti materiala VSM (angl. Value Stream Mapping) za obstoječi proces, ki bi omogočila pregled stanja in predvsem primerjavo z avtomatiziranim procesom.

Najprej smo izmerili čase izdelave za posamezne operacije procesa, s katerimi smo si pomagali pri izdelavi VSM-diagrama in pri ostalih kazalnikih. Pomemben element VSM-ja pa je še podatek o taktu kupca. Ta znaša 250.000 parov levih in desnih kosov izdelka na leto, v nadaljevanju pa smo upoštevali še 2 % izmeta, ki trenutno nastaja med procesom izdelave, zato smo uporabili vrednosti 255.000 parov letno kot kupčevo zahtevo. Ker proces lepljenja nalepk poteka v treh izmenah, delavci v vsaki izmeni pa imajo na voljo še polurni odmor za malico, smo uporabili 22,5 ur kot razpoložljiv čas v enem dnevu. V poštev smo vzeli 42 delovnih tednov v letu in 5 delovnih dni tedensko in z enačbo 1 izračunali takt kupca:

$$TK = \frac{\text{razpoložljiv delovni čas}}{\text{potreba kupca}} = \frac{42t \cdot 5d \cdot 22,5h \cdot 60min \cdot 60s}{255.000par} = 66,7^s/par \quad (1)$$

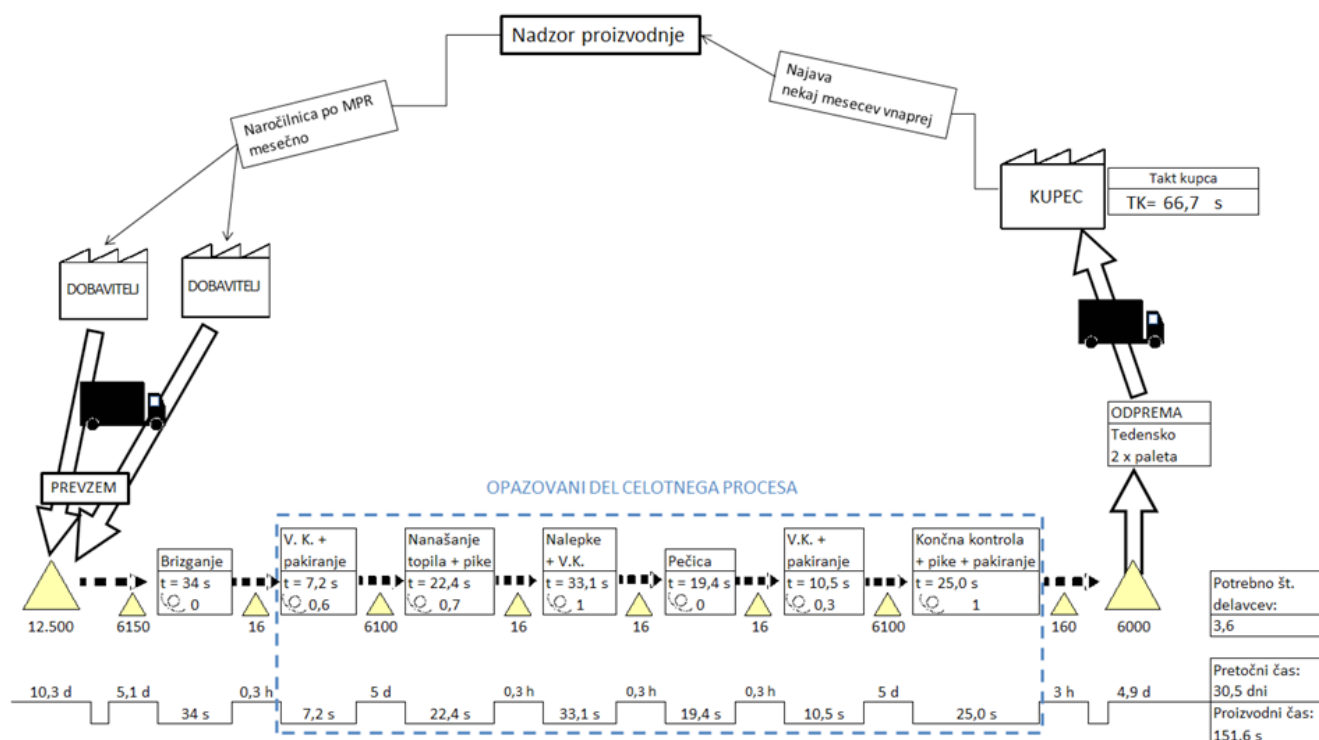
S to vrednostjo in ostalimi informacijami o prodaji, nabavi in logistiki, ki smo jih pridobili od posameznih oddelkov, smo izpolnili oz. izdelali VSM-diagram celotnega procesa, ki je prikazan na *sliki 2*.

Na diagramu je prikazan celoten cikel materiala. V zgornjem delu je prikazan tok informacij: od kupčeve najave prodajnemu oddelku do nabave, ki posreduje naročilnice dobaviteljem, kjer prične teči materialni tok. Od prevzema surovega materiala do odpreme končanih izdelkov lahko spremljamo čase operacij in količine vmesnih zalog, prevedene v čas glede na takt kupca. Glavni pokazatelji v diagramu so pretočni čas, ki v našem primeru znaša 30,5 dni, in proizvodni čas, ki traja 151,6 s, sami smo shemi dodali še potrebno število delavcev za obratovanje procesa. S *slike 2* vidimo, da v obstoječem procesu sodelujejo štirje delavci, trije so polno zasedeni, četrty pa opravlja še druga dela.

3 Avtomatizacija procesa

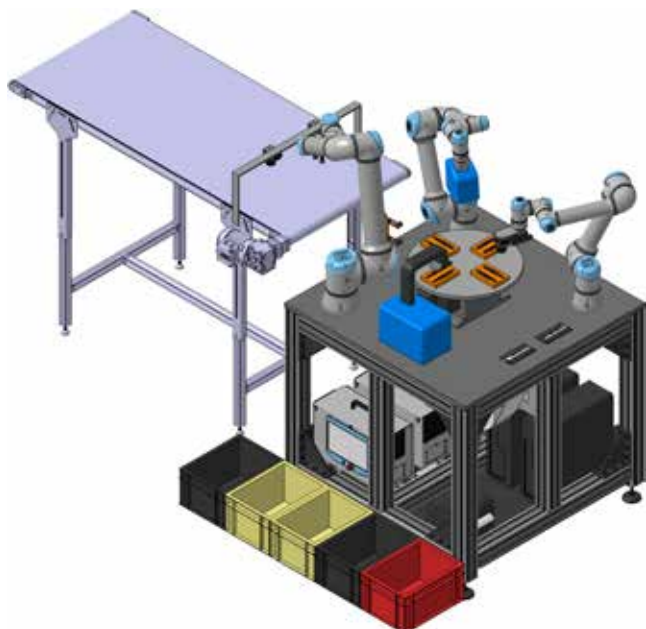
3.1 Robotska celica

Odločili smo se za koncipiranje robotske celice s kolaborativnimi roboti in rotirajočo mizo kot najboljšo avtomatsko rešitev. Robni pogoji so bile dimenzije



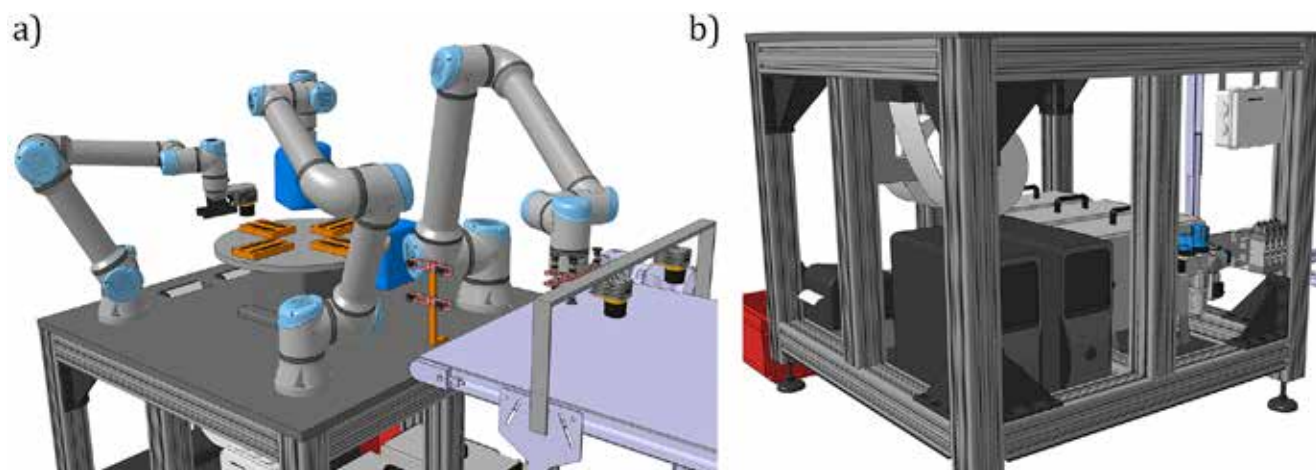
Slika 2 : VSM-diagram obstoječega procesa

palette, ki predstavlja osnovno enoto v proizvodnji oz. 1200 mm x 1200 mm, da bo celico moč namestiti ob stroj, ki proizvaja polizdelke. Druga zahteva je bila, da čas cikla celice (čas ene operacije – postaje rotirajoče mize) ne presega časa procesnega cikla brizgalnega stroja, ki znaša 34 s. V tem času stroj proizvede en par (levi in desni kos) polizdelkov.



Slika 3 : Koncept robotske celice

Končni videz robotske celice je prikazan na slikah 3 in 4. Sestavlja jo spodnji del konstrukcije (slika 4 (b)), kamor spadajo ogrodje, dozirnik trakov ter ostala potrebna strojna oprema, in zgornji del (slika 4 (a)), na katerem so roboti in ostali mehanski sistemi, ki neposredno sodelujejo v procesu nameščanja trakov na izdelke.



Slika 4 : (a) Zgornji in (b) spodnji del robotske celice

Namen izdelave takega koncepta je bil predvsem, da se robotska celica vizualizira in preveri, ali je njena izdelava sploh mogoča in smiselna ter odkrijejo morebitne težave v zasnovi.

3.1.1 Proces delovanja robotske celice

Koncept omogoča izvedbo ene operacije na paru v 34 s ali manj, kolikor znaša čas cikla brizga. Zaradi tega so potrebni trije roboti in 4 stopnje procesa:

Še pred vstopom kosov v omenjeni proces, jih bosta dve kameri, nameščeni na tekočem traku, posneli in s tem določili njuno natančno lokacijo in orientacijo, da ju bo nato robot prijel s sesalnimi prijemali.

V prvem koraku (rotirajoča miza na poziciji 1) bo robot 1 z gumijastimi priseski najprej prijel končani levi in desni kos iz njunih ležišč na rotacijski mizi in ju prenesel do istih kamer, ki bodo obenem služile tudi za pregled granirane površine s strojnim vidom in bodo določile, ali končani kos ustreza dekorativnim zahtevam. Po pregledu se bo dvojno prijemalo na robotu obrnilo za 180° in s prijemali na drugi strani prijel nova polizdelka s traku za ohlajanje, ki ju bo robot s pomočjo drugega prijemala najprej preprijel, nato pa odložil v prazno ležišče na rotacijski mizi, končana izdelka pa bo položil na njuni mesti v embalažni enoti ali v izmetni zaboj, če ne bi ustrezala predpisanim dekorativnim kriterijem. Rotacijski pladenj se bo obrnil za četrtno kroga in pripeljal montažno gnezdo do naslednjega koraka, na prvo pozicijo pa se bo pripeljalo novo ležišče z zaključenimi kosi.

Druga stopnja (pozicija 2) je namenjena pripravi površine. Na tem mestu bo drug robot z za to namenjeno opremo za nanašanje topila pod tlakom hitro, učinkovito in natančno premazal mrežaste površine in jih s tem pripravil na naslednji korak (pozicija 3), kjer bo potekalo lepljenje nalepke.

To je tudi eden izmed najbolj zahtevnih in delikatnih procesov. V tem koraku se bo elektromotor na dozirniku nalepk zavrtel in s tem z dveh navitij odlepil po eno rumeno in eno zeleno nalepko. Ti se bosta priselali na namensko prijemalo, s katerim ju bo robot 3 prijel in obe hkrati pritisnil z določeno silo in časom na površino na kosih. Za določanje natančne lokacije in orientiranosti nalepk in tudi za njuno kontrolo bo skrbela kamera s strojnimi vidom, nameščena ob prijemalo na robotski roki. Miza se bo zatem ponovno zavrtela in gnezdo s kosi privedla do naslednje stopnje (pozicija 4).

Tu bo nameščen sušilnik, ki bo v času operacije z vročim zrakom posušil stik in s tem zagotovil adhezijo med nalepko in polimerno površino.

Zadnji obrat bo končana izdelka dostavil na prvo pozicijo, od koder se bo cikel ponovil.

3.2 Analiza toka vrednosti materiala in informacij za avtomatizirani proces

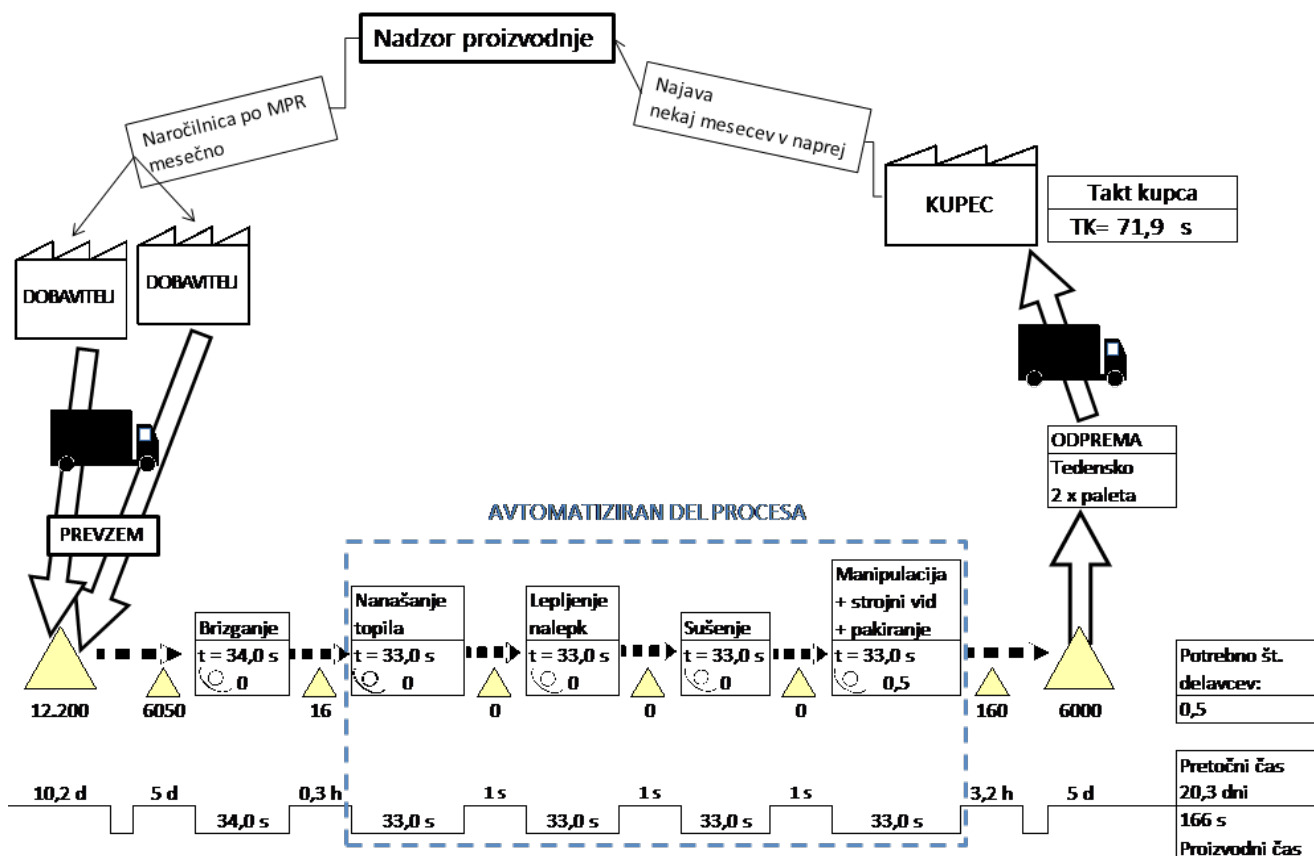
Za primerjavo obstoječega stanja in nove rešitve smo izdelali še analizo toka vrednosti za avtomatizirani proces, ki je do tega trenutka lahko le teoretična.

Potreba kupca na letnem nivoju ostaja enaka, torej 250.000 parov, zaradi robotizacije procesa pa lahko pričakujemo, da se bo izmet zmanjšal na 1%. V nadaljevanju smo zato za kupčevo potrebo uporabili vrednost 252.500 parov/leto. Poleg tega ima robotska celica 24-urni delavnik (vzdrževalna dela potekajo med vikendi). Te nove podatke smo vstavili v enačbo 2 in izračunali takt kupca za proizvodni proces z robotsko celico.

$$TK = \frac{42t \cdot 5d \cdot 24h \cdot 60min \cdot 60s}{252.500par} = 71,9^s/par \quad (2)$$

S temi podatki smo izdelali VSM-diagram (slika 5) še za nov (avtomatizirani) proces:

VSM-diagram je v zgornjem delu, kjer je prikazan tok informacij, ostal nespremenjen, saj smo se osredotočili izključno na proces lepljenja nalepke. Spremembe pri tem bodo najbolj določljive, če ostali pogoji ostanejo enaki. Pri avtomatiziranem procesu se nekoliko spremeni že takt kupca, še bolj pa pretčni in proizvodni čas, ki zdaj znašata 20,3 dni in 166 s. Število potrebnih delavcev zaradi avtomatizacije močno pade, in sicer na 0,5, kar pomeni, da en delavec lahko upravlja s periferijo robotske celice in je pri tem samo 50-odstotno zaseden.



Slika 2 : VSM-diagram obstoječega procesa

Tabela 1 : Primerjava glavnih kazalnikov obstoječega in avtomatiziranega stanja

	Obstoječe stanje	Avtomatizirani proces	Komentar
Organiziranost DM in čistoča	Dobro	Bolje	Nered, ki nastaja pri izvajanju ročnih operacij, bi bil v primeru vgradnje celice odstranjen.
Varnost in zdravje na DM	Slabo	Dobro	Slabe pogoje (ergonomija delovnega mesta, vdihavanje hlapih) lahko najlažje obidemo z uporabo robotov.
Tloris, zasedenost prostora	Sprejemljivo [34 m ²]	Odlično, [16 m ²]	S postavitvijo robotske celice bi se sprostilo ogromno prostora (50 %), saj bi z zdajšnjih dveh lokacij celoten proces preselili v eno celico in njeno bližnjo okolico.
Kakovost, izmet	Dobra, izmet ≈ 2 %	Boljša izmet ≈ 1 %	Trenutno izmet ne zapušča proizvodnje, vendar to zahteva visok davek v časih za kontrolo izdelkov. Z metodami Poka-Yoke in robotizacijo procesa bi te čase lahko skrajšali, proizvajali pa bi tudi manj izmeta.
Št. potrebnih zaposlenih	3,6	0,5	Z avtomatiziranim procesom bi močno padla potreba po delavcih (85 %), ki bi se lahko prekvalificirali za druga opravila. S tem bi se stroški precej znižali.
Pretočni čas	30,5 dni	20,3 dni	Ocenili smo, da bi se v primeru avtomatizacije pretočni čas zmanjšal za več kot 30 %.
Proizvodni čas	151,6 s	166 s	Proizvodni čas se v primeru robotizacije sicer nekoliko podaljša, vendar pa to ne predstavlja težave, saj se je močno zmanjšal pretočni čas, poleg tega pa v tem primeru potrebujemo 3 zaposlene manj.
Operacije, ki dodajajo vrednosti	77,6 %	88,2 %	Izračunali smo, da bi se z robotiziranim izvajanjem procesov za približno 5 % povečal delež operacij, ki dodajajo vrednost, v celoti pa bi se izognili nepotrebnim operacijam, ki ne dodajajo vrednosti.
Nepotrebne operacije	9,4 %	0 %	
Vpliv na okolje	Majhen	Še manjši	V tem primeru bi robotska celica lahko zmanjšala vpliv procesa na okolje na dva načina: z zmanjšanjem izmeta bi se proizvajalo manj odpadne plastike, robotski nanos topila pa bi poskrbel za manjše količine te okolju nevarne substance.

4 Rezultati

Z opravljenimi analizami smo pridobili dovolj podatkov, da smo med seboj primerjali obstoječe stanje in stanje v primeru implementacije robotske celice. Nekaj glavnih kazalnikov in njihove primerjave so prikazane v *Tabeli 1*.

4.1 Donosnost naložbe

Ker je vsako investicijo potrebno ekonomsko upravičiti, smo z *enačbo 3* izračunali še donosnost naložbe oz. ROI (angl. Return on Investment). Ocenili smo, da investicija v celico znaša ok. 60.000 €, letni strošek delavca za delodajalca pa 18.000 €. Iz tega sledi:

$$ROI = \frac{\text{začetna investicija} + \text{letni strošek za 0,5 delavca}}{\text{letni strošek 3,6 delavcev}} \quad (3)$$

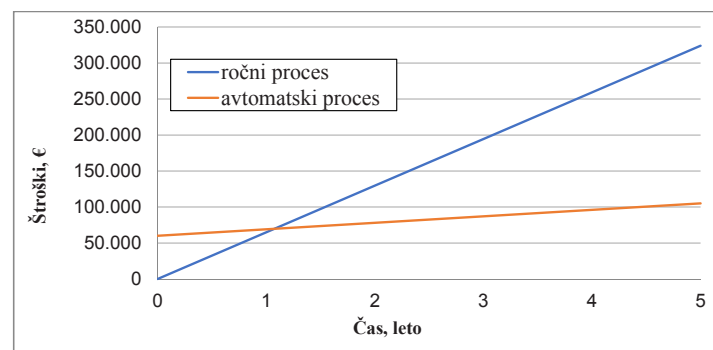
$$= \frac{60.000\text{€} + 0,5 \cdot 18.000\text{€}}{3,6 \cdot 18.000\text{€}} = 1.06\text{leta}$$

Na *sliki 6* je dobro prikazano, da se sicer večji začetni vložek povrne v obdobju 1,06 leta; po petih letih,

kolikor traja projekt, pa bi se prihranki lahko gibali že v rangu 200.000 €.

5 Zaključek

Z implementacijo predloga avtomatizacije bi se ob podobnem proizvodnem času pretočni čas skrajšal za 10 dni. Zasedenost proizvodnega prostora bi se zmanjšala za okoli 50 %, in sicer z zdajšnjih



Slika 6 : Ocenjeni stroški ročnega in avtomatskega procesa v letih trajanja

32 m² na 16 m², predvidevamo pa, da bi se zmanjšal tudi izmet. Z vsemi temi in drugimi izboljšavami bi dosegli dvig dodane vrednosti izdelkom, predvsem pa bi se izognili negativnim vplivom na zdravje zaposlenih pri nanašanju topil. Zmanjšal bi se tudi vpliv na okolje. Nov proces smo tudi ekonomsko upravičili, ko smo izračunali, da bi se investicija povrnila v letu dni. Na podlagi teh izsledkov smo odgovornim v podjetjih, kjer se soočajo s podobnimi težavami, omogočili pregled nad tovrstnim problemom ter podali smernice za optimizacijo proizvodnje.

Viri

- [1] Terseglav, L.: Izboljšava procesa namestitve lepilnega traku: zaključna naloga, Ljubljana, 2019.
- [2] Herakovič, N.: Nekateri tehnološki izzivi industrije 4.0, Ventil 22/2016/1, str.: 10-16.
- [3] What is 5S? (<https://www.5stoday.com/what-is-5s/>).
- [4] Six Sigma Tools – Poka Yoke (<https://www.processexam.com/six-sigma-tools-poka-yoke>).
- [5] Industry 4.0 and How Smart Sensors Make the Difference (<https://bit.ly/2nLISFo>).

The influence of automation of the adhesive tape installation process on production efficiency

Abstract:

Many manufacturing companies, especially automotive suppliers, face high requirements for low value-added products. As a result, cost reduction with the optimization of production processes is becoming increasingly important.

One such process is the fitting of adhesive tape to polymeric products, which is currently a fully manual process in the company in question. The purpose of this research was to create the concept of a robot cell as a proposal for process improvement and to compare the states before and after automation, especially from a cost perspective, as well as with other indicators. The value flow analysis has shown that, with the improved process, the production flow time is greatly reduced, as is the occupancy of the production space. It has been proven that by implementing a robot cell into the process, it is still possible to meet customer requirements in terms of both volume and quality. In addition, only one worker is required to operate the robotic process. It should also be emphasized that the use of robots eliminates the negative effect of the old process on human health (e.g. inhalation of volatile solvent), and the more accurate dosing of the minimum required amount of solvent reduces the environmental impact. The robot cell thus follows the guidelines of Industry 4.0, which is increasingly present in our region. Changing the process requires an initial investment, which was calculated in the research to return in a year.

Keywords:

production process, adhesive tape installation, process improvement, robot cell, lean methods

MOTOMAN HC10

6-osni-kolaborativni robot

YASKAWA

Motoman HC10 je 6-osni kolaborativni robot z nosilnostjo 10kg in polmer dosega R=1200mm.

HC10 predstavlja novo generacijo robotov, ki so zmogljivi, cenovno dostopni, vsestransko uporabni, preprosti za uporabo in izdelani za integracijo v industrijske procese. Roboti so namenjeni uporabnikom, ki iščejo preprosto in hitro avtomatizacijo nalog, ki jih industrijski roboti opravljajo v bližini ljudi v sodelujočem načinu delovanja.

Varno sobivanje z uporabniki

Varnostni krmilnik FSU: Functional Safety Unit

Tehnologija PFL Power and Force Limiting

Aplikacija EasyTeach – natančno ročno vodeno učenje in programiranje robota

Brez varnostne ograje

- Vgrajena funkcija kontrole sile ob dotiku na vseh šestih robotskih oseh
- Gibljivi deli robota so oblikovani tako, da preprečujejo možnost poškodb
- Varnostni standard – aplikacija za industrijske robote: ISO 10218-1 (5.10.5 Power and Force limiting)
- Varnostne funkcije za krmilnike industrijskih robotov: ISO 13849-1, PLd, CAT3
- Tehnična specifikacija za delovanje kolaborativnih robotov: TS15066

Enostavno programiranje

- Neposredno premikanje robotske roke s pomočjo ročnega vodenja
- Pametni vmesnik (Smart HUB) za programiranje po principu »enostavnega učenja«



AAA[®]
Boniteta odličnosti
2017

A Bionode Solution

Krmiljen z
YRC1000