

## **AVTOMATIZACIJA STREGE Z AGV (Automatic Guided Vehicle)**

Janez SLUGA, Domen RAJŠELJ  
TPV trženje in proizvodnja opreme vozil d.d., Novo mesto

### **POVZETEK**

*Obstati v avtomobilski industriji kot aktiven udeleženeec je velik izziv. Dnevno je treba iskati nove inovativne rešitve, s čimer postaja konkurenčnejši. Pomemben, vendar v praksi premalo izkoriščen, korak proti izboljšanju konkurenčnosti je postopna avtomatizacija strege. Principi in rešitve avtomatizacije strege morajo biti prilagojeni posameznim primerom in zadostiti morajo pogojem okolja. Naša inovativna rešitev avtomatizacije strege je izvedena kombinacija z računalniško vodenim AGV in zobatim pogonom. Sistem deluje popolnoma avtonomno in samodejno brez sodelovanja človeka. Je popolnoma avtomatizirana strega v proizvodnji.*

### **KRATICE**

AGV	– Automatic Guided Vehicle
24/7	– 24 ur, 7 dni
CNS	– centralni nadzorni sistem
KTL	– kataforezno potopno lakiranje
IBK	– Industrie Bau Kasten
ROI	– Return On Investment
MOD	– main d'uvre directe (neposredni delavec)
FMS	– fleksibilni proizvodni sistemi

### **1. UVOD**

V podjetju TPV d.d. smo pridobili projekt proizvodnje komponent dvižnih mehanizmov sedežev. Gre za velikoserijsko in visoko avtomatizirano proizvodnjo ter proizvodnjo svetovnih količin za širok izbor vozil. Pri postavitvi celotnega proizvodnega procesa smo sledili »lean« filozofiji in proizvodne linije tudi tako projektirali. Pred logistično stroko je bil postavljen izziv, kako čim bolj produktivno in ekonomsko učinkovito zasnovati interno logistiko, predvsem na področju od izhoda izdelkov s proizvodne linije ter pri prehodu teh na naslednjo operacijo površinske zaščite (elektropotopnega lakiranja KTL).

Prvotno je bilo načrtovano, da delavec na izhodu s proizvodne linije zlaga (obeša) izdelke na posebna obešala na vozičkih. Ko je to polno, ga drugi delavec ročno prepelje cca 30–40 m na mesto pred vstopom na operacijo lakiranja. Pri povratku pa na delovno mesto pripelje nov, prazen voziček z obešali z mesta razlaganja cca 150 m. Ker gre za visokoproduktivne procese, je

obseg teh logističnih aktivnosti zelo velik. Oddaljevanje delavca od mesta proizvodnje časovno zaradi takta linije in njegovih nalog ne dopušča zapuščanja delovnega mesta.

Z zasnovano projekta smo želeli poiskati najoptimalnejšo, ekonomsko ugodno, sodobno, ergonomsko in multiaplikativno rešitev, kjer bo omenjena logistična operacija izvajana zanesljivo in ponovljivo v režimu dela 24/7. Želeli smo, da sta razvoj in študija osredinjena v smer multifunkcionalnosti rešitve, enostavnosti prilagajanja ob spremembah in možnosti nadgradnje tudi na druge procese strege in transporta v tovarni.

Sledili smo naslednjim izzivom in ciljem.

Izzivi:

- visokoserijska in visokoavtomatizirana proizvodnja 24/7,
- velik pretok materiala in embalaže,
- pomanjkanje prostora za manipulacijo,
- več tipov proizvodov in embalaže – možnosti napak,
- zanesljivo posluževanje brez čakanja in zastojev,
- človeški vplivi ...

Cilji:

- učinkovita ekonomsko sprejemljiva rešitev,
- uporaba sodobne tehnologije, metod,
- zanesljivost delovanja, razširitev na druge potrebe v logistiki,
- prilagodljiv proizvodni sistem ...

## 2. KRATEK OPIS PRINCIPA DELOVANJA AGV

Za razumevanje delovanja avtomatizirane strege z AGV je treba razumeti osnove fleksibilnih proizvodnih sistemov (FMS). FMS je sredstvo za izdelavo proizvoda. FMS je bolj filozofija kot oprijemljiva točka. FMS ideja je, kako za proizvodnjo izdelkov bolje in učinkoviteje uporabljati stroje. Namesto ljudi opravljajo ponavljajoče naloge 24 ur na dan stroji. Pogosto en ali več AGV v FMS povezuje več delovnih celic oziroma procesov.

Avtomatizirano vodeno vozilo (AGV) povečuje učinkovitost in zmanjšuje stroške, tako da pomaga avtomatizirati proizvodni obrat ali skladišče. AGV je izumil Berrett Electronics leta 1953. AGV lahko vleče ali nosi objekte. Prikolice se lahko uporabljajo za premikanje surovin ali končnih izdelkov. AGV lahko prikolice-vozički čakajo na postaji. Predmeti se lahko daje na vrsto motoriziranih valjev (transporterjev). Nekateri AGV uporabljajo vilice za dvigovanje predmetov. AGV delujejo v skoraj vseh industrijah, na primer v proizvodnji celuloze, papirnicah, kovinski, časopisni in splošni proizvodnji in tudi za prevoz snovi, kot so hrana, perilo in zdravila v bolnišnicah.

V večini tovarn uporabljajo za vodenje AGV (nekateri poimenovani Automatic Guided Cart ali AGC) magnetni trak. AGV je opremljen z ustreznim senzorjem za sledenje trase. Ena glavnih prednosti magnetnega traku je, da ga je mogoče enostavno odstraniti ali prestaviti. Prav tako ni stroškov za rezanje tlakov proizvodnih površin ali skladišč. Poleg tega je to "pasivni" sistem, ki ne zahteva priklopov na električno omrežje. Magnetni trak ima še eno prednost, to je dvojna polarnost, ki jo prepozna AGV kot spremembe stanja (sprememba hitrosti, smeri, vklop/izklop/avtomatsko delovanje itn). Za ta namen lahko uporabimo tudi "kontrolne oznake" z majhnimi kosi poleg magnetnega traku (transporterji). Logika usmerjanja AGV temelji na spremembah polarnosti in zaporedju oznak poleg vodilnega magnetnega traku. Magnetni trak se položi na površini tal ali vgradi v 10 mm globokem kanalu.

Za zagotavljanje varnosti se uporabljata dva sistema insicer senzor za preprečevanje trčenja in senzor za nadzorovanje območja. Kombinacija obeh pomaga preprečiti trčenja v vsaki situaciji. Za normalno delovanje je območje nadzora uporabljeno za preprečevanje trčenja in za varno ustavitev ob izpadu sistema.

## 3. PREDLAGANA OZIROMA UPORABLJENA REŠITEV

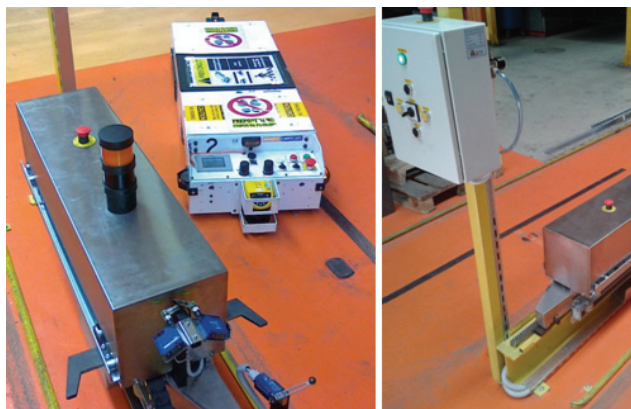
Iz opisa izzivov in podanih zahtev je razvidno, da smo morali, če smo želeli iz logističnega procesa manipulacije polizdelkov izključiti človeka, iskati rešitev s t.i. AGV (Automatic Guided Vehicle). Glede na zelo omejen prostor, ki je na omenjeni lokaciji na voljo za manipulacijo materiala, je bil naslednji kriterij okretnost AGV in zmožnost, da zapelje pod transportni voziček in se zapenja/odpenja od spodaj (Tunnel). Dodatno postavljeni kriteriji pri izbiri AGV pa so bili še prilagodljivost, modularnost ter povezljivost s centralnim nadzornim sistemom (CNS). Glede na te kriterije smo izbrali SmartCart 100TT, proizvajalca Daifuku Webb (slika 1), katerega zastopnik je podjetje IKU d.o.o.



Slika 1: AGV s transportnim vozičkom

Dodatni izziv pri izvedbi rešitve pa je bila še manipulacija dveh vrst transportnih vozičkov, kjer se v vsaki vrsti lahko nahaja do 15 vozičkov. Ti vozički vstopajo na začetek vrste tako, da jih pripelje AGV, in izstopajo na koncu vrste, kjer s pomočjo robota naložimo obešala na linijo KTL.

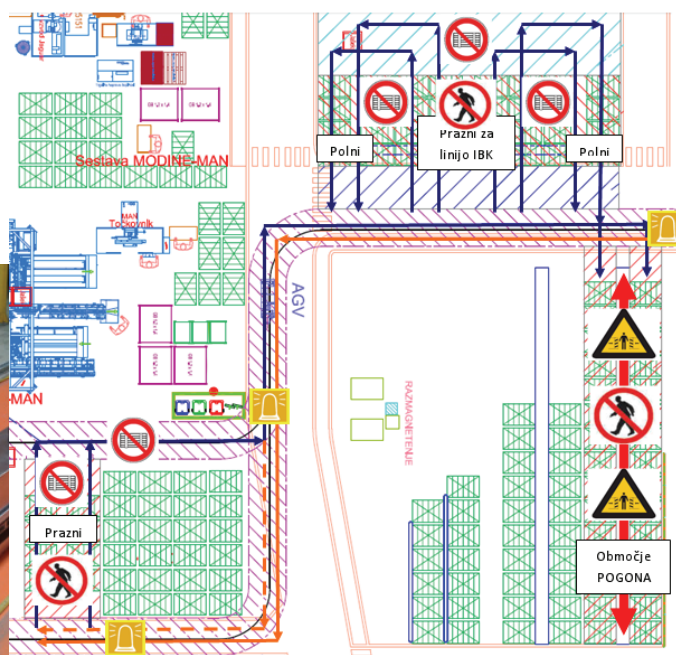
Vmesno vertikalno manipulacijo izvajata dodaten pogon na 15-metrski zobati letvi (slika 2). Dodaten pogon je potreben, ker je vlečna sila AGV omejena na 900 kg, kot že rečeno, pa je pri polni vrsti treba premakniti tudi 15 transportnih vozičkov hkrati ( $15 \times 240 \text{ kg} = 3.600 \text{ kg}$ ).



**Slika 2:** Pogon na zobati letvi

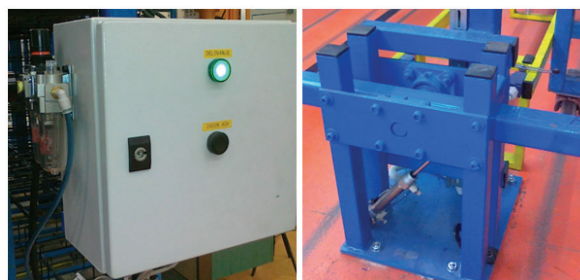
Za popolno avtomatiziran sistem smo transportne vozičke s pomočjo talnih vodil uredili v vrste (praznih, polnih) vozičkov, ki jih polnijo/praznijo delavci na pakiranju in na liniji IBK.

Kompleksnost celotnega sistema prikazuje tloris poti AGV (slika 3), kjer oranžna črta prikazuje pot AGV, ko se prazen voziček vrača na začetek novega cikla. Modra črta prikazuje dele poti, kjer AGV dejansko opravlja manipulacijo transportnih vozičkov. Nov cikel se začne tako, da v levi ali desni vrsti, glede na ukaz iz CNS, pripne prazen transportni voziček in ga, zopet glede na ukaz iz CNS, odpelje v eno izmed štirih vrst s praznimi vozički na izhodu linije IBK. Sledi odpenjanje, obrat za  $180^\circ$  ter pripenjanje polnega transportnega vozička. Poln voziček nato odpelje na začetek vrste, kjer končno manipulacijo do linije KTL opravi pogon na zobati letvi. Zaradi preglednosti omenimo samo še pomen prekinjene oranžne črte (slika 3), ki prikazuje pot AGV, ko se z avtomatske polnilne postaje vrača na začetek novega cikla. Opisani manevri AGV so popolnoma avtomatizirani, zato ni potrebna prisotnost operaterja.



**Slika 3:** Tloris manipulacije vozičkov

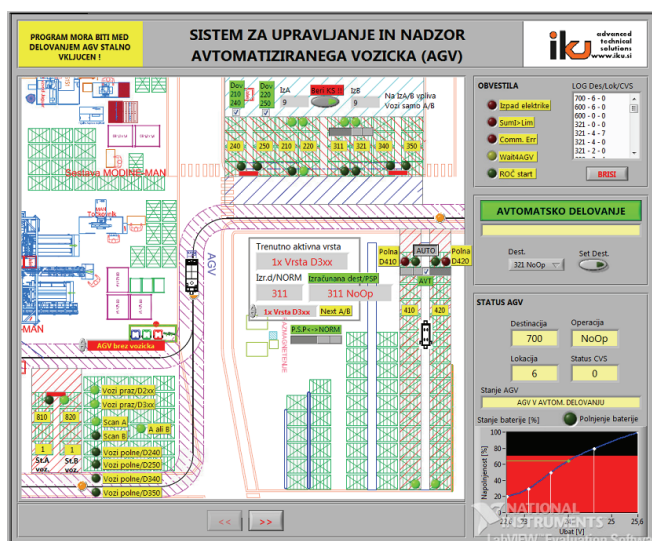
Opisana manipulacija ne bi bila možna brez elektro-pnevmatskih sklopov (slika 4), ki nam po eni strani zagotavljajo informacijo o stanju vrst transportnih vozičkov (ocena prazna/polna vrsta s pomočjo končnih stikal), po drugi strani pa predstavljajo aktivni del mehanizma za pravilno pozicijo transportnih vozičkov, ki omogoča avtomatsko pripenjanje.



**Slika 4:** Elektro-pnevmatski sklop

Centralni nadzorni sistem (CNS) je aplikacija, napisana posebej za ta specifičen logistični proces. Povezuje periferijo (tri elektro-pnevmatske sklope, pogon, avtomatsko polnilno postajo ter dodatno signalizacijo) in s pomočjo vgrajene logike v realnem času upravlja z AGV.





Slika 5: Centralni nadzorni sistem

CNS hkrati nadzira tudi stanje baterije in po potrebi vklopi polnilno postajo. CNS je zastavljen tako, da v glavnem meniju (slika 5) vizualizira vse pogoje, ki so pomembni za delovanje sistema.

#### 4. NOVOST REŠITVE

Opisana rešitev popolnoma avtomatiziranega (robotiziranega) sistema z AGV je prilagojena specifični logističnega procesa v delu proizvodnje, kjer obratuje avtonomno, brez operaterja, in ravno to prinese podjetju pravo dodano vrednost.

Inovativnost opisane rešitve je interdisciplinarne narave. Z nadgradnjo, sicer standardnega AGV, smo morali rešiti kar nekaj izzivov, med katerimi izpostavljamo:

- predelavo obstoječih transportnih vozil (več kot 400) na način, da zagotovimo zanesljivo avtomatsko zapenjanje ter omogočimo, da lahko AGV naredi obrat za 90° z zapetim transportnim vozilom, pri čemer zadnja fiksna kolesa ostanejo praktično na istem mestu;
- manipulacija vrste do 15 transportnih vozil po sistemu FIFO. Zaradi skupne teže transportnih vozil (skupaj do 3.600 kg) rešitev z AGV ni izvedljiva, možnih je namreč več scenarijev:
  - istočasno na enem koncu vstopajo transportni vozila (s pomočjo AGV) in na drugi strani prvi izstopajo iz vrste

(potreben premik večjega števila vozil hkrati);

- transportni vozila samo vstopajo v vrsto (polnjenje s pomočjo AGV);
- transportni vozila samo izstopajo iz vrste (praznjenje).

Tehtali smo med dvema rešitvama, odločili pa smo se za izdelavo namenskega pogona na zobati letvi. Unikaten je tudi način zapenjanja transportnih vozil:

- organizacija in izvedba vrst transportnih vozil na način, da se omogoči zanesljivo pozicioniranje za avtomatsko zapenjanje in detekcija stanja vrste (polna, prazna ter vmesne faze, ki so posledica manipulacije po FIFO);
- predvideti in izvesti logiko odpenjanja transportnih vozil. Ko AGV pripelje nov vozil, je lahko vrsta prazna ali pa je na kateri koli poziciji v vrsti vsaj en vozil.

Težavo smo rešili z vgradnjo dodatnega optičnega senzorja na AGV. AGV smo nadgradili tudi z elektroniko za merjenje obremenitve AGV, kar nam omogoča izločanje slabih transportnih vozil.

Poseben izziv je bil, kako vse opisane sklope povezati v enovit sistem in hkrati vgraditi potrebno logiko za vodenje AGV (Traffic Management). Proizvajalec AGV sicer ponuja programsko rešitev, vendar smo se odločili za rešitev podjetja IKU, od katerega smo dobili rešitev, pisano na kožo našim potrebam.

Pomemben je tudi varnostni vidik rešitve. AGV namreč uporablja isto transportno pot kot viličaristi in dodatne opozorilne rotirajoče luči opozarjajo na cono, v kateri se trenutno giblje AGV. Osnovni varnostni element AGV je sicer varnostni laserski čitalec, ki ob zaznavi ovire najprej zmanjša hitrost in se tudi ustavi. Ko se oviro umakne, AGV samodejno nadaljuje pot.

## 5. REZULTATI IN INDIKATORJI PROJEKTA

Stanje pred:

- potreba po MOD – 4,5 (povprečna odsotnost delavca 10–12 % časa/leto (dopust, bolniška ...),
- problem konstantne kontinuitete (delavec ima fiziološke potrebe, nihanje aktivnosti skozi delovni čas, razpoložljivost ...),
- zagotavljanje sigurnosti in varnosti manipulacije (nihanje koncentracije delavca),
- zagotavljanje urejenosti in ažurnosti manipulacije (zunanji vplivi na delavca – motnje iz okolja),
- možnost izbire: ročna manipulacija/viličar/vlačilec.

Stanje po:

- MOD ni potreben,
- avtonomno delovanje,
- zagotovljena konstantna kontinuitete (100-odstotna ponovljivost),
- prigradena/integrirana inteligenca (avtomatsko prepoznavanje potreb),
- zagotavljanje sigurnosti in varnosti manipulacije,
- zagotavljanje urejenosti in ažurnosti manipulacije,
- 65-odstotna zasedenost, razširitev še na druga področja strege in oskrbe.

Z razvojem in implementacijo avtomatsko vodenega vozička v interni logistični proces smo naredili velik premik v percepciji internega logističnega toka, dobili smo zanesljiv in ekonomsko konkurenčen proces, ki se prilagaja spremembam in je enostavno nadgradljiv ter razširljiv.

## Preglednica 1: Indikatorji doseženih rezultatov

Indikatorji doseženih rezultatov	
Vložena sredstva oziroma budžet projekta (v EUR)	<b>103.541</b>
Prihranki v denarju (v EUR)	<b>107.309</b>
Prihranki v času (ur/dan)	<b>36</b>
Zmanjšanje porabe energije (kWh)	<b>8.388 kWh/leto</b> (razlika v porabi elektrike) (porabi manj od viličarja ali vlačilca)
ROI	<b>0,04</b>
Doba vračanja v mesecih	<b>12</b>

## 6. MOŽNOST PRENOSA REŠITVE V DRUGA OKOLJA

Rešitve temeljijo na AGV, ki je s svojo fleksibilnostjo, zmogljivostjo ter povezljivostjo eden od pomembnejših gradnikov sistema. Popolno avtomatiziran sistem dosežemo takrat, ko v enovit sistem povežemo s pogoji okolice logiko upravljanja (Traffic Management) AGV in potrebne podsklope sistema, ki zaokrožijo funkcionalnost in prilagodljivost.

Sistem je prilagodljiv, zmogljiv in zato tudi prenosljiv v drugačna okolja.

Znotraj sistema je možno delovanje več AGV-jev.

V podjetju že načrtujemo prenos rešitve na druge delovne in logistične intenzivne procese. Prenos rešitve v druga okolja temelji na lastnem znanju, razvoju in inovativnih rešitvah. Načrtujemo nadgradnjo sistema še na področje strege – oskrbe delovnih mest z materiali (dovoz materialov, pakiranih v zabojčke, in avtomatsko odlaganje v piking regale na delovnem mestu ter odvoz prazne embalaže).

## 7. DODATNI Poudarki

Naš sistem temelji na standardni opremi in komponentah, ki jih je možno nabaviti po konkurenčni ceni, ter nestandardnih – namenskih elementih in programskih rešitvah ter opremi, ki je plod lastne inovacije. Sistem je nadgrajen s celostnim znanstvenim pristopom v interni logistiki – manipulacije surovin in materiala ter posebna znanja s področja AIT.

S pogumnimi idejami, multidisciplinarnim pristopom, lastnimi znanji in iskanjem rešitev v domačem okolju je uvedba AGV manipulacije lahko ekonomsko upravičena in ugodna tudi v drugih industrijskih okoljih, kjer to do sedaj ni bila praksa.

Naš dolgoročni cilj je: proizvodni proces brez viličarjev, vlačilcev in oskrbovalcev. Pot do tja pa temelji na lastnem znanju, inovativnih idejah in znanstvenem pristopu.

## 8. PONUDBA IMPLEMENTACIJE STREGE Z AGV

Po uspešni realizaciji projekta se je TPV d.d. povezal s podjetjem IKU d.o.o. in partnersko ponujata storitev avtomatizacijo strege s projektiranjem, inženiringom in implementacijo strege z AGV.

## 9. ZAKLJUČEK

Računalniško nadzorovani in vodeni sistem strege z AGV in zobatim pogonom se je pokazal kot odlična rešitev, ki prinaša koristi na področju urejenosti logistike in ekonomike. Sistem deluje popolnoma avtonomno in samodejno brez posegov človeka. Ne zahteva gradbenih posegov, je fleksibilen in nadgradljiv. V vsakem času ga je možno modificirati in je enostaven. Sistem dovoljuje nadgradnje in lahko sledi času napredka. Sistem je rentabilen in modularen.

Avtomatizacijo strege z AGV, ki smo ga vpeljali v podjetju, bi lahko poimenovali tudi »Robotizirana strega«.

## Literatura

- [1] [http://www.daifukuwebb.com/wp-content/uploads/2013/03/Bul-3136\\_SmartCart\\_AGC\\_Automatic\\_Guided\\_Cart](http://www.daifukuwebb.com/wp-content/uploads/2013/03/Bul-3136_SmartCart_AGC_Automatic_Guided_Cart)
- [2] Jervis B. Webb Company: SC100TT Operation & Maintenance Manual
- [3] Jervis B. Webb Company: CartTools ; Date last saved: 8/9/2012
- [4] IKU, podjetje za razvoj novih rešitev, d.o.o.: Navodilo za dnevno in tedensko preventivno vzdrževanje AGV
- [5] IKU, podjetje za razvoj novih rešitev, d.o.o.: Navodilo za varno delo z AGV in souporabo transpornih poti
- [6] IKU, podjetje za razvoj novih rešitev, d.o.o.: Navodilo za zagon sistema AGV
- [7] Interna gradiva TPV d.d.