

Pregled proizvodnih informacijskih sistemov in primer implementacije SCADA sistema

(Review of industrial information systems and implementation of the SCADA system)

Jan Bratina

Računalništvo in informatika

Univerza na Primorskem

Fakulteta za matematiko naravoslovje in informacijske tehnologije

Koper, Slovenija

89162027@student.upr.si

junij, 2019

Povzetek — V trenutnem razvoju industrije igrajo veliko vlogo prav proizvodni informacijski sistemi, katere bomo predstavili v tem članku. Namen tega članka je predstavitev proizvodnih informacijskih sistemov ter razumevanje njihovih vlog. Predvsem je pomembno razumevanje pretoka podatkov med sistemi, zato je predstavljena tudi implementacija SCADA sistema na določeno proizvodno linijo. Pri predstavitvi te implementacije največ pozornosti posvetimo prav pretoku informacij med PLC krmilniki ter SCADA sistemom in kasnejšemu prenosu teh informacij na višji nivo, kjer jih obdela MES sistem. Ampak SCADA sistem ne obsega samo komunikacije s PLC krmilniki, zato so predstavljene tudi funkcionalne in nefunkcionalne zahteve za implementacijo SCADA sistema. Nato je predstavljen še uporabniški vmesnik ter natančen potek komunikacije SCADA sistema s PLC krmilnikom.

Ključne besede — ERP, MES, SCADA, informacijski sistem

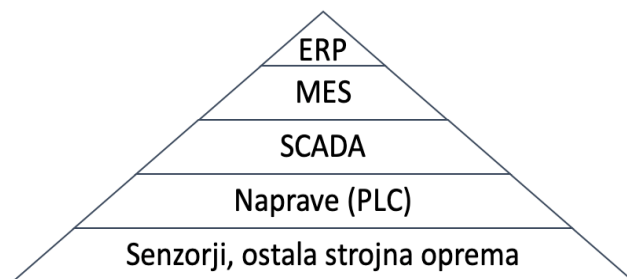
Keywords — ERP, MES, SCADA, information system

I. UVOD

Avtomatizacija ter digitalne naprave so dobile svoje mesto na proizvodnih linijah že v tretji industrijski revoluciji med letoma 1950 in 1970. Znana je tudi pod imenom digitalna revolucija in je tesno povezana s razvojem informacijske in komunikacijske tehnologije [1]. V današnjem času so povezane in pametne naprave našle svoje mesto tudi v proizvodnji. Take pametne naprave pa so lahko same sebi namen, če ne obstajajo informacijski sistemi, ki s temi napravami upravljajo ter iz njih pridobivajo vse potrebne podatke. Tu je največji problem prav upravljanje naprav, zato so se razvili tako imenovani SCADA (angl. Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi, ki nam omogočajo nadzorovanje in upravljanje naprav ter zbiranje podatkov iz teh naprav. Sistem SCADA zbrane podatke zabeleži v podatkovno bazo, do katere lahko nato dostopajo ostali informacijski sistemi, kot na primer sistem za upravljanje proizvodnje MES (angl. Manufacturing Execution System). Ta sistem nato skrbi za prikazovanje ter analizo zbranih podatkov. Sistem MES tudi priskrbi vhodne podatke sistemu SCADA, kot na primer podatke o delovnem nalogu, podatke o navodilih za delo itn. Te informacijske sisteme nadzira sistem za planiranje virov podjetja ERP (angl. Enterprise Resource Planning). Ta sistem je tesno vpleten v poslovni svet in tudi tesno povezan z

ostalimi informacijskimi sistemi, kot na primer logistični informacijski sistem, sistem za upravljanje življenjskega cikla izdelka itd.

Namen tega članka je predstaviti informacijske sisteme, ki so v uporabi v proizvodnem okolju. Ključno je, da so vsi ti informacijski sistemi povezani v neko skupno celoto. Predstavili bomo tudi razloge za uvedbo ter implementacijo SCADA sistema na določeno proizvodno linijo.



Slika 1: Hierarhija informacijskih sistemov ter povezane strojne opreme v proizvodnji [2].

II. PREGLED PROIZVODNIH INFORMACIJSKIH SISTEMOV

Sledi pregled najpogostejših informacijskih sistemov, ki jih najdemo v proizvodnem okolju. Najprej bomo predstavili sistem ERP, ki je glavni informacijski sistem v podjetjih in mora biti tesno povezan z nižje nivojskimi informacijskimi sistemi, kot sta MES in SCADA, katera bosta tudi predstavljena v tem poglavju. Hierarhijo proizvodnih informacijskih sistemov od pripadajoče strojne opreme na najnižjem nivoju do sistema za planiranje proizvodnje na najvišjem nivoju vidimo na sliki 1.

A. ERP

Sistem za planiranje virov podjetja ERP je najnaprednejši ter posledično tudi najkompleksnejši informacijski sistem v podjetju. Kot nam že samo ime pove, ta sistem upravlja z vsemi viri podjetja. Metodologija sistemov ERP temelji na načrtovanju materialnih zahtev, produkcijskem urniku za izračunavanje ter naročanje potrebnih količin materiala in za izdajanje delovnih nalogov. Sistem ERP si zato lahko

predstavljamo kot hrbtenico informacijskih sistemov v podjetju, ki omogoča načrtovanje in izvajanje transakcij, planiranje in izdajanje delovnih nalogov ter povezovanje poslovnih in proizvodnih procesov [3].

Sodobni ERP sistemi so sestavljeni iz več modulov, katere si podjetje izbere glede na svoje potrebe. Ti moduli lahko delujejo samostojno, vendar se morajo izhodni podatki nato srečati v skupni podatkovni bazi. Primeri takih modulov so na primer upravljanje odnosov s kupci CRM (angl. Customer Resource Management), upravljanje nabavnih verig SCM (angl. Supply Chain Management), upravljanje s človeškimi viri HRM (angl. Human Resource Management, sistem za upravljanje proizvodnje MES itd.

Glavne prednosti ERP sistemov so tako modularnost, pomoč pri upravljanju podjetja, pomoč pri sprejemanju odločitev, zmanjševanje papirnega poslovanja ter neodvisnost. Vpeljava ERP sistema v podjetje pa ima tudi nekatere slabosti, kot so veliki stroški vpeljave, izobraževanja in usposabljanja uporabnikov in vzdrževanja sistema. Težavna je tudi implementacija in prilagajanje takega sistema potrebam podjetja. Kot vidimo ima vpeljava takega sistema v podjetja kar nekaj slabosti, ki so predvsem povezane s stroški. Ampak te stroške nato ERP sistem upraviči predvsem z učinkovitostjo izmenjave informacij med različnimi informacijskimi sistemi ter s točnostjo podatkov.

B. MES

Sistem za upravljanje proizvodnje MES omogoča ERP sistemu vpogled v sam proizvodni proces. Sistem MES tako predstavlja premostitev poslovnega in proizvodnega okolja. V začetku razvoja MES sistemov so bili le-ti namenjeni samo upravljanju operacij. Nato se je funkcionalnost razširila tudi na druga področja, kot so logistika, kakovost, vzdrževanje itd. Moderni MES sistemi tako skrbijo za pravočasno dobavo materiala na proizvodne linije, za upravljanje dokumentov izdelka ter navodil za delovanje strojne opreme, upravljanju podatkov, ki jih zajame sistem SCADA itd. Sistem MES temelji na standardih, ki jih določa krovna organizacija MESA (angl. Manufacturing Enterprise Solutions Association). Posledično je zaradi standardizacije implementacija MES sistema cenejša in krajša. [4]

Glavne funkcionalnosti MES sistema so [5]:

- Zbiranje in obdelovanje podatkov – sistem pridobiva podatke tako iz nižje, kot tudi iz višje nivojskih sistemov,
- Upravljanje s kakovostjo izdelkov – zagotavlja pregled in analizo kakovosti izdelkov na proizvodni liniji v realnem času,
- Analiziranje zmogljivosti – zagotavlja spremljanje zmogljivosti proizvodnje linije v realnem času,
- Upravljanje z dokumentacijo – zagotavlja prenos pravilne dokumentacije na proizvodno linijo,
- Popolna sledljivost izdelkov – za vsak izdelek se lahko v realnem času preveri na katerih operacijah je bil obdelovan.

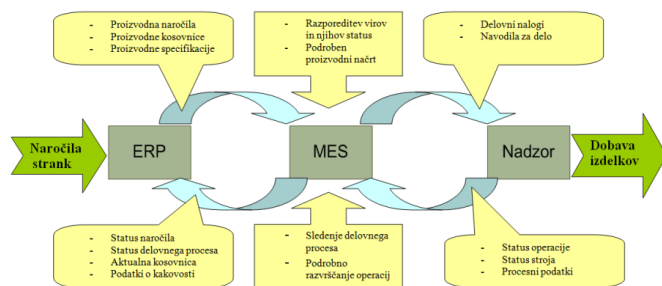
C. SCADA

Sistemi SCADA so na nadzornem nivoju proizvodne linije. Navadno so implementirani na nekem strežniku (PC-ju), ki je fizično del proizvodne linije. Sistem SCADA je podrejeni sistem sistema MES, ki skrbi za spremljanje, nadzor in vodenje proizvodne linije. Sistem SCADA glede na vhodne podatke, ki jih priskrbi sistem MES skrbi, da je izdelek izdelan na vseh predvidenih operacijah na proizvodni linije, skrbi za zbiranje procesnih parametrov posamezne operacije, skrbi za opremljenost delovnega mesta s pravilnim materialom itd.

Prednosti SCADA sistema so zbiranje procesnih podatkov o izdelkih, popolna sledljivost izdelkom na proizvodni liniji, sporočanje o nepredvidenih dogodkih na proizvodni liniji, prenos navodil za delovanje stroja iz višje nivojskih sistemov na PLC krmilnike itd. Primer implementacije SCADA sistema sledi v nadaljevanju članka.

III. PRETOK INFORMACIJ MED PROIZVODNIMI INFORMACIJSKIMI SISTEMI

Tok podatkov med proizvodnimi informacijskimi sistemi poteka na naslednji način. Podjetje prejme naročilo stranke, ki se ga nato obdela v ERP sistemu. V tem sistemu se nato planira proizvodnja, pripravi zaloge materiala za izdelavo naročenega izdelka ter izdela delovne naloge. Podatki o delovnem nalogu se nato prenesejo v sistem MES, ki nadzoruje proizvodnjo izdelka ter pripravi podatke iz delovnega naloga za prenos v sistem SCADA. Ta sistem nato upravlja z napravami in iz njih pridobiva podatke ter jih nato zabeleži v podatkovno bazo. Sistem MES nato zbrane podatke obdela, izdela poročila ter zbrane podatke (na primer o porabljenem materialu) pošlje nazaj v ERP sistem. Sistem ERP nato knjiži porabljen material ter podatke o končanih izdelkih pripravi za obdelavo v ostalih informacijskih sistemih [6]. Pretok podatkov med informacijskimi sistemi vidimo tudi na sliki 2.



Slika 2: Pretok podatkov med informacijskimi sistemi [4].

Sistem ERP skrbi za veliko več informacij, kot je predstavljeno v tem osnovnem toku podatkov. Uporaba podatkov iz sistema ERP je smiselna tudi s stališča upravljanja ter vzdrževanja ključnih podatkov o proizvodnji in o izdelku s strani odgovornih oseb. Na ta način imamo zagotovilo, da bodo vhodni podatki v MES sistem vedno pravilni. Sistem ERP tudi omogoča upravljanje z dokumentacijo izdelka, ki se jo kasneje lahko prikazuje na zaslonih na proizvodni liniji. V preteklosti se je dokumentacija za vsak izdelek ter za vsako delovno mesto tiskalo na papir. Ta dokumentacija se je lahko zamešala ali pa

izdelka, zagotavljanje višje kvalitete izdelkov in beleženje dogodkov na liniji.

The diagram illustrates the architecture of a SCADA system. At the top, a cloud labeled "višji sistemi vodenja" (higher-level control systems) is connected to a central yellow box labeled "nadzorna postaja PC SCADA" (SCADA control station). To the right of the central box is a stick figure labeled "operator", connected by a double-headed arrow, indicating human-machine interaction. Below the central box, a horizontal line represents the communication bus, which connects to three orange boxes labeled "PLC" (Programmable Logic Controller). Each PLC is further connected to a vertical line that branches into three smaller pink boxes, representing I/O modules. Each of these pink boxes is connected to a set of five red dots, representing the physical field devices or sensors/actuators.

Slika 3: Arhitektura SCADA sistema [7].

V. ZAHTEVE ZA IMPLEMENTACIJO SCADA SISTEMA

Sistem SCADA smo razvili v enem izmed podjetij in ga implementirali na novo proizvodno linijo. Predstavljene zahteve za SCADA sistem so torej vezane na potrebe določenega podjetja. Arhitektura sistema mora biti univerzalna, kar pomeni, da lahko tak SCADA sistem implementiramo na katerokoli proizvodno linijo. Najprej bomo predstavili funkcionalne zahteve SCADA sistema in nato še nefunkcionalne zahteve.

A. Funkcionalne zahteve

- Glavni cilj implementacije SCADA sistema je, da imamo v podjetju prisoten enoten sistem, ki je tesno povezan z obstoječimi informacijskimi sistemi na višjih nivojih. Podpirati mora različne zahteve dobaviteljev strojne opreme ter kupcev. Preostali cilji implementacije SCADA sistema so zmanjšati operativne stroške linije, zmanjšati stroške, ki nastanejo v primeru reklamacij in nudenje popolne podpore proizvodnji. Rezultat sistema pa je popolna sledljivost izdelkom na liniji, nižji časi preurejanja proizvodne linije ob prihodu novega tipa

tega sistema, saj je zelo pomembno, da vemo iz katere šarže je bil material vstavljen v izdelek. To je predvsem uporabno v primeru reklamacij. Ko prispe izdelek z novo kodo na delovno mesto je potrebno delovno mesto pripraviti z novim, ustreznim materialom. Predpisan material za delovno mesto dobimo preko delovnega naloga, ki je razpisan na ERP sistemu,

- **Komunikacija s PLC krmilnikom** – glavna zahteva SCADA sistema je komunikacija s PLC krmilnikom na delovnem mestu. Sistem SCADA skrbi, da je izdelek izdelan na vseh predvidenih delovnih mestih, ki so si sledila v pravilnem zaporedju. Za vsak izdelek se v podatkovno bazo zabeleži na katerem delovnem mestu je že bil obdelan in na katero delovno mesto je namenjen. Sistem SCADA sporoči PLC krmilniku za vsako delovno mesto ali ima izdelek dovoljenje za delo na trenutnem delovnem mestu ali ne. Po koncu operacije na delovnem mestu PLC krmilnik sporoči procesne podatke o operaciji, ki jih nato SCADA sistem shrani v podatkovno bazo.

B. Nefunkcionalne zahteve

- **Odzivnost** – sistem je umeščen v proizvodnjo linijo, ki ima nizek čas cikla, torej komunikacija med sistemom in PLC krmilnikom ne sme bistveno podaljševati časa cikla. Pričakuje se, da se bo cikel zaradi te komunikacije malenkostno podaljšal, vendar pa ta vrednost ne sme presegati dve sekundi na delovno mesto. Kar se sistema SCADA tiče je to čas od takrat, ko PLC krmilnik poda zahtevo, do takrat, ko sistem krmilniku odgovori na podano zahtevo. Torej je bistveno, da komunikacijo med PLC krmilnikom ter našim sistemom zmanjšamo kolikor je to možno. Preveriti bo treba kako število delovnih mest na proizvodni liniji vpliva na delovanje sistema, oziroma če se zaradi dodajanja novih delovnih mest odzivni čas sistema bistveno poveča,
- **Stabilnost** – zagotoviti moramo tako stabilnost programske, kot tudi stabilnost strojne opreme, saj lahko napake v sistemu privedejo do velikih izgub za proizvodnjo. Stabilnost programske opreme lahko do neke mere preverimo z intenzivnim testiranjem pred rednim delovanjem proizvodnje linije. Pričakuje pa se, da se bodo pojavile še kakšne težave med poizkusnim zagonom, saj bo takrat sistem najbolj realno obremenjen. Stabilnost strojne opreme je težje preveriti, saj to zahteva svoj čas. Je pa pomembno, da imamo pripravljeno rešitev v primeru odpovedi ključne strojne opreme,
- **Zanesljivost** – podatki, ki se jih beleži na posameznem delovnem mestu morajo biti zanesljivo shranjeni v bazi podatkov. Podatki o posameznem izdelku so vezani na serijsko številko izdelka, torej moramo zagotoviti, da so pravi podatki vezani na pravo serijsko številko izdelka. Ti podatki morajo biti nato v realnem času varnostno kopirani na glavni strežnik ERP sistema. Tako imamo, tudi če pride do izpada sistema na

proizvodni liniji vedno podatke shranjene še na drugem strežniku. Zagotoviti je potrebno tudi redno varnostno kopiranje celotnega sistema, v primeru, da katera od strojnih komponent odpove.

VI. IMPLEMENTACIJA SCADA SISTEMA

V nadaljevanju bo predstavljena implementacija SCADA sistema na enem delovnem mestu. Najprej si bomo pogledali uporabniški vmesnik sistema. Uporabniški vmesnik SCADA sistema je ključnega pomena, saj mora biti enostaven za uporabo in obenem uporabniku ne sme odvrčati pozornosti.

A. Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik mora biti pregleden in intuitiven za uporabo. Izgled uporabniškega vmesnika SCADA sistema vidimo na sliki 4. Na vrhu zaslona je orodna vrstica z gumbi, ki uporabnika usmerjajo do različnih pogledov aplikacije. Privzet pogled je pogled na informacije o glavni sekvenci programa. Levo zgoraj je dnevnik zadnjih dogodkov, ki jih aplikacija sporoča. Ta dnevnik služi za pridobivanje hitrih informacij o stanju aplikacije ter o stanju trenutnega izdelka. Pod dnevnikom dogodkov se nahajajo informacije o stanju na PLC krmilniku, ki so sočasno tudi informacije o izdelku, ki se trenutno izdeluje na tem delovnem mestu. Desno zgoraj imamo tabelo, ki vsebuje vse informacije o materialu, ki je uporabljen oziroma zahtevan na trenutnem delovnem mestu. Pod to tabelo so prikazane informacije o receptih za trenutno delovno mesto. Najprej so tu informacije o tem, če obstaja globalen recept in nato še informacije o receptih, ki so bili pridobljeni lokalno iz PLC krmilnika. Tu sta prisotna dva gumba, in sicer "Pridobi recepte", ki preko poizvedbe v lokalni bazi pridobi shranjene recepte ter gumb "Prenesi recept na PLC", ki prenese izbrani recept na PLC krmilnik. Del za izbiranje receptov je tudi edini del, ki od uporabnika zahteva interakcijo z aplikacijo. Vse ostalo se zgodi avtomatsko s komunikacijo s PLC krmilnikom ter s podatkovno bazo.

Delovno mesto		Dejanja		Dokumentacija		Zgodovina delovnega mesta																																											
Dnevnik dogodkov <table border="1"> <thead> <tr> <th>Datum</th> <th>Dogodek</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> Materiali na delovnem mestu <table border="1"> <thead> <tr> <th>Št. materiala</th> <th>Opis materiala</th> <th>Šarža</th> <th>SSCC</th> <th>Količina</th> <th>Enota</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>								Datum	Dogodek											Št. materiala	Opis materiala	Šarža	SSCC	Količina	Enota																								
Datum	Dogodek																																																
Št. materiala	Opis materiala	Šarža	SSCC	Količina	Enota																																												
Informacije o izdelku PLC seja PLC ukaz Številka palete Serijska številka Številka materiala Številka naloga Ime recepta				Globalni recepti Opis recepta: Št. spremembe:																																													
Izbira lokalnega recepta Pridobi recepte Prenesi recept na PLC <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Delovno mesto</th> <th>Ime recepta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				ID	Delovno mesto	Ime recepta																																											
ID	Delovno mesto	Ime recepta																																															

Slika 4: Uporabniški vmesnik SCADA sistema na enem delovnem mestu.

Pogled za pregled dokumentacije je razdeljen na levi strani na predogled izbranega dokumenta, ki si ga lahko uporabnik po želji poveča ali pomanjša. Na desni strani imamo možnost izbire dokumenta za pregled. Privzeto se odpre dokumentacija za trenutno delovno mesto obstaja pa tudi možnost pregleda dokumentacije za vsa ostala delovna mesta na proizvodnji liniji.

Prikazana dokumentacija je vedno vezana na tip izdelka, ki se trenutno izdeluje na delovnem mestu.

Pogled za zgodovino delovnega mesta ja razdeljen na dva dela. Na levi strani je tabela, ki vsebuje informacije o zadnjih dvajsetih izdelkih, ki so bili izdelani na tem delovnem mestu. S pritiskom na vrstico izbranega izdelka se na desni strani odpre tabela z vsemi procesnimi parametri, ki jih je sistem zabeležil za izbrani izdelek na trenutnem delovnem mestu.

B. Komunikacija SCADA sistema s PLC krmilnikom

Ko prispe izdelek na delovno mesto, PLC krmilnik sistemu sporoči serijsko številko izdelka ter ji poda zahtevo za obdelavo izdelka. Nato sistem s poizvedbo v podatkovni bazi preveri ali je izdelek namenjen za to delovno mesto. Če izdelek ni namenjen za to delovno mesto sistem PLC krmilniku odgovori na zahtevo in sekvenca se zaključi. Če pa je izdelek namenjen za trenutno delovno mesto se v naslednjem koraku primerja kodo trenutnega izdelka s kodo izdelka, ki se je prej obdeloval na tem delovnem mestu. Če se ti dve kodi razlikujeta sistem začne s pridobivanjem globalnega recepta. V kolikor pride do napake v prenosu globalnega recepta ali pa globalni recept ne obstaja ima uporabnik možnost prenosa lokalnega recepta. V kolikor pa se kodi izdelka ujemata ni potrebe po ponovnem nalaganju receptov, zato se sekvenca lahko nadaljuje brez prenosa recepta. Pogoji za nadaljevanje na naslednji korak je torej, da ima PLC krmilnik pravilen recept za delovanje. Nato sistem preveri, če je na delovnem mestu prisoten pravilen material. Če material na delovnem mestu ni pravilen sistem od uporabnika zahteva naj optično prebere vse kode pravih materialov. Ko je vsa material na delovnem mestu pravilen in aktiven se sekvenca lahko nadaljuje. Naredi se zapis v podatkovni bazi, da je izdelek prispel na delovno mesto. V naslednjem koraku sistem PLC krmilniku odgovori na zahtevo ter mu pošlje dovoljenje za delo na tem izdelku. Po končani operaciji na izdelku PLC krmilnik poda sistemu zahtevo za shranjevanje procesnih podatkov. Sistem nato shrani procesne podatke v podatkovno bazo ter posodobi prej narejen zapis v podatkovni bazi s kvaliteto izdelka ter naslednjim delovnim mestu. Naslednje delovno mesto se pridobi preko delovnega naloga. Nato sistem PLC krmilniku odgovori na zahtevo in sekvenca se zaključi. Sistem je pripravljen na sprejem novega izdelka.

VII. ZAKLJUČEK

Namen članka je predstaviti informacijske sisteme, ki se uporabljajo v proizvodnem okolju ter njihov namen. Pomembno je predvsem razumevanje kako velik pomen imajo informacijski sistemi v podjetjih in kako so vsi ti informacijski sistemi povezani v skupno celoto. S tem namenom je v članku tudi predstavljen pretok podatkov med različnimi informacijskimi sistemi ter med različnimi nivoji upravljanja podjetja. Predstavljena implementacija SCADA sistema nam odpre še dodaten vpogled v to kako morajo informacijski sistemi biti povezani v celoto. Samostojen SCADA sistem brez vhodnih podatkov iz višje nivojskih informacijskih sistemov nebi imel vseh funkcionalnosti, ki jih sedaj podpira. V nasprotni smeri pa MES sistem brez podatkov, ki jih zbira SCADA sistem nebi obstajal, saj nebi imel podatkov za analiziranje. Predstavljena implementacija SCADA sistema je sicer specifična za določeno podjetje, vendar pa bi tak sistem z manjšimi spremembami vključili v katerokoli podjetje.

Vidimo, da imajo v moderni industriji informacijski sistemi veliko vlogo in posledično tudi veliko prispevajo k samemu razvoju industrije. Na modernih proizvodnih linijah je sedaj možno zbiranje ogromnih količin podatkov, ki lahko kasneje pripomorejo k izboljšanju tako kvalitete izdelka, kot tudi kvalitete same proizvodne linije.

VIRI

- [1] N. Herakovič, "Izzivi industrije 4.0", 2015.
- [2] Advantech, "The Advantech automation system pyramid", 2013. [Elektronski]. Dostopno na: <http://processengineering.co.uk/article/2017704/the-automation-syste>.
- [3] D. Marinović, "Primerjava celovitih programskih rešitev v podjetju Unior, d.d.", 2015
- [4] S. Oman, "Integracija ERP in MES sistema", 2015
- [5] "Information systems support for manufacturing processes", [Elektronski]. Dostopno na: <https://www.inesc-id.pt/ficheiros/publicacoes/1905.pdf>
- [6] C. Albert in C. Fuchs, „Durchblick im Begriffsdschungel der Business-Software“, 2007.
- [7] C. Fendre, "Proizvodni informacijski sistemi"