

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andrej Laharnar

**Razvoj uporabniškega vmesnika  
oddelčnega proizvodnega  
informatijskega sistema za vodje izmen**

Diplomska naloga  
na visokošolskem strokovnem študiju

Mentor: prof. dr. Miha Mraz

Ljubljana, 2009



Št. naloge: 00470/2009

Datum: 01.09.2009

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ANDREJ LAHARNAR**

Naslov: **RAZVOJ UPORABNIŠKEGA VMESNIKA ODDIČNEGA  
PROIZVODNEGA INFORMACIJSKEGA SISTEMA ZA VODJE IZMEN  
IMPLEMENTATION OF USER INTERFACE AS A SUPPORTING PART  
OF THE INDUSTRIAL INFORMATION SYSTEM USED BY SHIFT-  
LEADER**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija

Tematika naloge:

Kandidat naj v svojem delu predstavi konkretni oddelčni informacijski sistem z vsemi sestavnimi deli.

V nadaljevanju naj kandidat opiše pomen informatizacije oddelka in predstavi svoj doprinos, ki temelji na zasnovi in izdelavi programske opreme, ki jo za interakcijo z IS uporablja izmenovodja. Predstavi naj uporabljene tehnologije in razvojna okolja.

Mentor:

prof. dr. Miha Mraz



Dekan:

prof. dr. Franc Solina



# Zahvala

Zahvaljujem se podjetju Kolektor Sinabit d.o.o., ki mi je omogočil nastanek tega dela, pridobivanja praktičnih znanj in strokovnega razvoja pri delu. Še posebej bi izpostavil vodjo projekta (g.Maksa Tuto), ki mi je bil z znanjem in idejami v veliko pomoč.

Hvala prof.dr.Mihu Mrazu za pomoč, strokovne nasvete in usmeritve pri nastajanju diplomskega dela.

Hvala tudi vsem domačim, ki so mi vedno stali ob strani.



# Kazalo

Seznam slik	vii
Seznam tabel	ix
Seznam kratic	x
<b>1 Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Informacijski sistem v proizvodnih okoljih</b>	<b>3</b>
2.1 Informacijski sistem v proizvodnem podjetju . . . . .	3
2.1.1 Okolje uporabe MES sistemov . . . . .	3
2.1.2 Vodenje proizvodnih procesov . . . . .	4
2.1.3 Proizvodnja izdelka in tipi izdelkov . . . . .	5
2.1.4 Delitev proizvodnje glede na obseg . . . . .	6
2.1.5 Delitev proizvodnje na osnovi prostorske razporeditve strojev in naprav . . . . .	6
2.2 Hierarhija sistemov v proizvodnem podjetju . . . . .	7
2.2.1 ERP sistemi . . . . .	10
2.2.2 MES sistemi . . . . .	11
2.2.3 SCADA sistemi . . . . .	12
2.2.4 Krmilniki . . . . .	13
2.3 Zajemanje podatkov v proizvodnji . . . . .	14
2.3.1 Načini zajemanja . . . . .	14
2.3.2 Tehnologije zajemanja podatkov . . . . .	16
2.4 Izmenjava podatkov med sistemi . . . . .	18
2.4.1 Komunikacija med kontrolnim in proizvodnim informa- cijskim sistemom . . . . .	19
2.4.2 Komunikacija med proizvodnim in poslovnim informaci- jskim sistemom . . . . .	19

<b>3</b>	<b>Uporabljene tehnologije</b>	<b>22</b>
3.1	Podatkovna baza . . . . .	22
3.2	Razvojno okolje . . . . .	23
3.3	Računalniško omrežje . . . . .	24
3.4	Podatkovni strežniki . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Programska oprema za spremljanje proizvodnje</b>	<b>26</b>
4.1	Kratek opis procesa . . . . .	28
4.2	Sistem zbiranja podatkov . . . . .	30
4.3	Osnovni pojmi za razumevanje sistema . . . . .	32
4.4	Uporabniški vmesnik za vodje izmen . . . . .	33
4.4.1	Primeri uporabe . . . . .	35
4.4.2	Prijava v sistem . . . . .	36
4.4.3	Serije . . . . .	36
4.4.4	Pregledi kosov in materialov . . . . .	43
4.4.5	Analiza časov izdelave . . . . .	47
4.4.6	Stanje na linijah po postajah . . . . .	48
4.4.7	Prikazovalnik . . . . .	49
4.4.8	Problemi in izboljšave . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Zaključek</b>	<b>52</b>
	<b>Literatura</b>	<b>53</b>

# Slike

2.1	Hierarhija sistemov v proizvodnem podjetju. . . . .	8
2.2	Proces povezanosti sistemov. . . . .	9
2.3	Prikaz razvoja ERP sistemov po letih. . . . .	10
2.4	Značilnosti posameznih nivojev informatizacije. . . . .	12
2.5	Primer krmilnikov različnih proizvajalcev. . . . .	14
2.6	Slika črtne kode in čitalca črtnih kod. . . . .	16
2.7	Slika RDIF industrijskega čitalca. . . . .	18
3.1	Razvojno orodje Borland Delphi 7 . . . . .	23
3.2	Shema povezav v ethernet omrežju. . . . .	24
4.1	Shema proizvodne linije A. . . . .	27
4.2	Oddelčni proizvodni informacijski sistem. . . . .	29
4.3	Tloris izdelovalnega postopka. . . . .	29
4.4	Shematska razdelitev podatkov. . . . .	30
4.5	Tabela vstopajočih identov. . . . .	31
4.6	Vnos materiala in izmenjava podatkov PLC. . . . .	32
4.7	Diagram primerov uporabe. . . . .	35
4.8	Avtorizacija ob zagonu programa. . . . .	36
4.9	Diagram poteka vnosa serij. . . . .	39
4.10	Glavna maska za pregled serij. . . . .	40
4.11	Vnosna maska za vnos serije. . . . .	41
4.12	Vnosna maska za razvrščanje serij. . . . .	42
4.13	Diagram poteka prikaza meritev. . . . .	44
4.14	Meritve. . . . .	45
4.15	Meritve in možnosti filtriranja. . . . .	46
4.16	Analiza časov izdelave. . . . .	47
4.17	Shema načrta postavitev postaj. . . . .	48
4.18	Prikaz stanja po postajah. . . . .	49
4.19	Primer izpisa na prikazovalniku. . . . .	50

4.20 MySQL tabela za prikaz tekstov. . . . .	50
4.21 Prikaz nastavitvev za prikazovalnik. . . . .	50

# Tabele

4.1	Tabela kamor se vpisujejo serije. . . . .	37
-----	---	----

# Seznam uporabljenih kratic in simbolov

- API: Application Programming Interface,
- BAAN: Enterprise Resource Planning Software,
- DCOM: Distributed Component Object Model,
- ERP: Enterprise Resource Planning,
- GNU: General Public License,
- IS: Information Systems,
- MES: Manufacturing Execution System,
- MESA: Manufacturing Execution System Association,
- MYSQL: My Structured Query Language,
- ODBC: Open Database Connectivity (standardized database access method under Microsoft Windows),
- OLE: Object Linking and Embedding,
- OPC: Object Linking and Embedding for Process Control,
- RDBMS: Relational DataBase Management System,
- RFC: Remote Function Call (interface for data exchange between two systems),
- RFID: Radio Frequency Identification,
- SAP: Systems Applications and Products for Data Processing,

- SAP GUI SAP: Graphical User Interface,
- SAP-HR SAP: Personnel management,
- SAP-QM SAP: Quality Management,
- SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition,
- SQL: Structured Query Language (query language for relational databases),
- TCP/IP: Network protocol for both intranet and internet,
- WLAN: Wireless LAN (network based on radio waves),
- XI: Exchange Infrastructure.

# Povzetek

MES (angl. *manufacturing execution system*) predstavlja sistem za upravljanje proizvodnje. Koncept ni nov, saj že desetletja poteka razvoj sistemov, namenjenih povezovanju proizvodnega in poslovnega okolja. Temu namenu služijo MES sistemi, ki predstavljajo integracijo teh dveh okolij. MES sistemi zagotavljajo potrebne informacije, ki omogočajo optimizacijo proizvodnih aktivnosti. Optimizacija lahko poteka na več področjih od izdaje proizvodnega naloga do njegove realizacije. S podrobnejšo analizo proizvodnih podatkov pa si lahko pomagamo tudi pri korekciji parametrov tehnoloških postopkov. V svoji diplomski nalogi bom predstavil rešitev enega takih sistemov razvitega pri podjetju Kolektor Sinabit d.o.o. Sistem v osnovni omogoča tako neposredno zajemanje podatkov iz strojev, kot tudi celotno kontrolo nad shranjevanjem, izvajanjem in pregledom podatkov. Delovanje strojev nadzirajo krmilniki. Vsi taki krmilniki morajo neprestano komunicirati z nadzornim računalnikom - pošiljajo mu podatke o stanju na stroju. V krmilnem računalniku se izvaja program, ki zbrane podatke pošilja in jih shranjuje za nadaljnjo uporabo v eno od obstoječih podatkovnih baz.

V diplomski nalogi je opisana izdelava grafičnega vmesnika narejena z razvojnim orodjem Delphi7. Vmesnik omogoča vodji proizvodnje pregled meritev, pregled uporabljenih materialov, nadzor nad delovnimi nalogi in lansiranjem serij. Na tak način lahko zagotovimo sledenje oz. spremljanje proizvodnje, kar omogoča avtomatizirana linija Delphy. Najpomembnejši del sistema je vsekakor podatkovna baza (MySQL) t.i. "nadzornik proizvodnje", kjer se shranjujejo vsi podatki meritev in parametrov.

## Ključne besede:

Informacijski sistem, Proizvodnja, MES, SQL, Delphi



# Abstract

MES (Manufacturing Execution System) is a system for managing production. The concept is not new, because for decades the development of systems takes place in integration of manufacturing and business environment. For this purpose the MES systems are representing the integration of these two environments. MES systems provide the necessary information to enable the optimization of production activities. Optimization can take place in several areas from issuance of a production tasks to its realization. With detailed analysis of production data, we can also help in correcting the parameters of technological processes. In this diploma thesis I presented the solution of one such system developed at the company Kolektor Sinabit d.o.o. System in the primary can directly capture data from machines, as well as full control over storage, implementation and review of the data. Functioning of the machinery is controlled by controllers. All such controllers must constantly communicate with the "control computer" - sending state information of the machine. On some "controlling computer" a.k.a. terminal is implemented computer program, which sends the data collected and store it for subsequent use in an existing database.

In diploma thesis is described making graphical interface created with development tool Delphi7. The interface allows the production manager review measurements, review the materials, control over work tasks and launching new series. In this way, we provide a tracking or production monitoring, which allows automated line "Delphy". The most important part of the system is indeed a database (MySQL) a.k.a "production supervisor", where is stored all the data of measurements and parameters.

## Key words:

Information System, Manufacturing, MES, SQL, Delphi



# Poglavje 1

## Uvod

Informacijsko komunikacijska tehnologija hitro spreminja svet okoli nas. Pojavljajo se številni novi poslovni modeli, katerih udejanjenje omogoča prav informacijska tehnologija. Po drugi strani pa prav ti novi modeli postavljajo čedalje večje zahteve tako za podatke same, kot tudi za upravljanje z njimi. Težišče ekonomskih aktivnosti se iz proizvodnje materialnih dobrin seli v obdelavo informacij - zato se pojavljajo povsem nove zahteve [1].

Informacije je potrebno proizvajati, prenašati in pomniti, poleg tega se informacije zelo razlikujejo od stvarnih dobrin. Vpliv informacijsko komunikacijske tehnologije je viden na vseh področjih našega življenja. Spreminja se način interakcije med državljanji in državno upravo, spreminja se način opravljanja bančnih in zavarovalniških storitev in navsezadnje se spreminja način poslovanja in delovanja podjetij. Informacijska tehnologija lahko pospeši sam poslovni proces, izboljša komunikacijo med zaposlenimi in zagotovi bolj točne podatke, ki se nato uporabijo v sistemih za podporo odločanju. Kljub temu, da informacijska tehnologija odpravlja nekatera delovna mesta, uvaža številna nova na področju storitvenih dejavnosti, kot so tehnološke, finančne in informacijske. Podjetjem so na voljo številni informacijski sistemi, ki v medsebojni povezavi omogočajo popolno avtomatizacijo poslovnega procesa.

V drugem poglavju mojega diplomskega dela sem se v začetku osredotočil na tipične funkcije podjetja, kasneje pa so opisani različni tipi proizvodnje in predstavitve hierarhije modela sistemov v proizvodnem podjetju. Hierarhija se sestoji iz štirih nivojev in sicer iz nivoja odločanja, nivoja izvajanja, nivoja nadzora in nivoja vodenja. V nivoju odločanja so v uporabi informacijski sistemi, ki nudijo pomoč pri planiranju uporabe proizvodnih virov in stroškov. Sistemi izvajalnega nivoja skrbijo za potek dela v skladu s plani, nivo nadzora in vodenja pa ima nalogo zagotavljanja informacij o dejanskem stanju in

poteku proizvodnega procesa. Povezanost vseh štirih nivojev je očitna. Ker so sodobna proizvodna podjetja kompleksne organizacije, ki se med seboj tudi precej razlikujejo, je z enim informacijskim sistemom težko ali celo nemogoče pokriti vse informacijske potrebe. Ti informacijski sistemi delujejo prepleteno, zato je kakovost informacij tistih sistemov, ki delujejo na najvišjih nivojih in nudijo podporo odločanju, odvisna od vseh nižjih slojev [2]. Zbiranje podatkov za potrebe spremljanja proizvodnje je vključeno neposredno v proizvodni proces. Izvedeno mora biti tako, da ga čim manj obremenjuje. Na poti podatka, od njegovega nastanka do izročitve informacijskemu sistemu, je mogoče uporabiti različne tehnologije. Proizvodni podatki ob zajemu pogosto nimajo še nobene vrednosti za sam poslovni informacijski sistem (ERP). Z njihovim zbiranjem, obdelavo in kombiniranjem pa postanejo pomemben vir informacij o stanju in dogajanju v proizvodnji.

V tretjem poglavju sem predstavil tehnologijo, ki je bila bi reševanju naloge uporabljena. Tehnologija zajema vse sklope, ki omogočajo, da aplikacija služi svojemu namenu, se pravi od same postavitve baze na strežniku, do prenosa podatkov v sistem.

V četrtem poglavju sem opisal funkcionalnosti uporabniškega vmesnika za vodjo izmen. To je namenska aplikacija, ki je nameščena v proizvodnji na enem od računalnikov vodij izmen. Napisana je bila na osnovi predvidenih specifikacij, ki pa so se kasneje, ko se je proces uvajanja začel, tudi spreminjala. Dodajale so se nove funkcionalnosti, ki v začetni fazi niso bile predvidene.

## Poglavje 2

# Informacijski sistem v proizvodnih okoljih

### 2.1 Informacijski sistem v proizvodnem podjetju

Pojmovno lahko "sistem" definiramo kot katerokoli skupino komponent (funkcij, ljudi, aktivnosti, dogodkov,...), ki so v medsebojni interakciji oz. relaciji za doseganje predhodno definiranih ciljev [2].

Informacijski sistem (IS) je urejen in organiziran sistem, ki uporabnike oskrbuje z vsemi potrebnimi informacijami za odločanje. Osnovne aktivnosti informacijskega sistema so zbiranje, shranjevanje, obdelava in posredovanje rezultatov končnim uporabnikom. IS v proizvodnem podjetju je največkrat sestavljen iz več sistemov. Ti sistemi so opisani v nadaljevanju.

#### 2.1.1 Okolje uporabe MES sistemov

Proizvodnjo lahko specificiramo kot predelavo surovin naravnih bogastev ali iz teh surovin izdelanih polizdelkov v materialne dobrine, ki zadovoljujejo človekove potrebe. Proizvodnja je proces prisvajanja, predelave in oblikovanja predmetov [3]. V odvisnosti od stopnje avtomatizacije postopka dela jo opravlja "človek", da si zagotovi materialne možnosti za življenje. Osnovna naloga proizvodnje je, da s pomočjo sredstev za delo na osnovi informacij (kot so risbe, delovni načrti, nalogi,...) surovi material spreminja v izdelek.

Med proizvodnjo štejemo tudi spreminjanje ene vrste energije v drugo in predelovanje različnih informacij.

Proizvode ločujemo na naslednje vrste:

- materialni proizvodi,
- energetske proizvodi (električna energija) in
- informacijski proizvodi (razne meritve, parametri, ...).

V splošnem katerokoli vrsto proizvodnje imenujemo proizvodni proces.

Proizvodni proces definiramo kot skupek med seboj povezanih delovnih opravil - operacij, ki se opravljajo na posameznih delovnih mestih, da bi se predmet ali predmeti dela preoblikovali tako, da zadostijo potrebam naročnika oz. kupca. Delovno mesto je definirano kot delovna povezava delavca in sredstva dela na določenem mestu. Obdelava je način preoblikovanja predmeta na istem delovnem mestu. Če pa je delovno mesto sestavljeno, pa je na njem možnih več različnih obdelav. Obdelovanec je predmet dela, ki ga moramo opraviti, da bi preoblikovali na določeni obdelavi določen predmet dela.

### 2.1.2 Vodenje proizvodnih procesov

Za uspešno vodenje proizvodnih procesov oziroma proizvodnje morajo biti proizvodni procesi organizirani kot urejeni, vodljivi sistemi. Urejen in vodljiv sistem mora vsebovati vse potrebne elemente sistema, ki so sledeči:

- proizvodni proces z vhom in izhodom,
- kontrola,
- analiza in
- vodenje.

S kontrolo proizvodnega procesa kontroliramo izhod iz proizvodnega procesa, s tem da ugotavljamo odstopanja dejanskih vrednosti od planiranih in če ta odstopanja so, jih lahko tudi izmerimo.

Z analizo v sistemu proizvodnega procesa ugotavljamo vzroke za odstopanja, ki smo jih ugotovili s kontrolo proizvodnega procesa.

Z vodenjem na osnovi izhoda iz analize vzrokov odstopanj dejanskih vrednosti od planiranih popravljamo vhod v proizvodni proces. Da bi to omogočili, se morajo z vodenjem uvajati v sistem nove informacije.

### 2.1.3 Proizvodnja izdelka in tipi izdelkov

Izdelek je rezultat proizvodnega procesa, spremenjen oziroma preoblikovan predmet dela, kakršen zadovoljuje zahteve kupca. Izdelovanje izdelka združuje proizvodnjo, nabavo in kontrolo. Ne glede na tip proizvodnje izdelka (procesna, kosovna ali šaržna), je pri tem značilno vsem:

- nabava materiala oz. surovine iz katerega bo izdelek,
- deli izdelka oz. polizdelki se izdelujejo na posameznih strojih,
- določen vzorec izdelkov je potrebno pregledati, ali je narejen v skladu s konstrukcijsko dokumentacijo in
- zaščititi blagovno znamko oz. patent.

Pri procesni proizvodnji poteka proces zvezno, to pomeni, da se vhodne surovine največkrat preoblikujejo v obliki kemijskega procesa. V ta proces vstopajo surovine zvezno oz. neprestano, na drugi strani pa snov izstopa v obliki končnih oz. stranskih produktov. Tipični predstavniki procesne proizvodnje so proizvajalci v prehrabeni industriji (določena živila, pijače, drugo), ter podjetja, ki se ukvarjajo s predelavo naftnih derivatov in podobni.

Za kosovno proizvodnjo so značilne predvsem faze oz. operacije pri izdelavi izdelka v nastajanju. V vsaki od teh faz oz. stopenj, se polizdelki sestavljajo ali preoblikujejo (stružijo, stiskajo, vrtajo in podobno). Ko gre za primer avtomatizirane linije v proizvodnji, si operacije sledijo vzdolž tekočega traku. Hitrost posameznih operacij na montažni liniji mora biti usklajena, sicer prihaja do zastojev ali neizkoriščenosti posameznih orodij. Kadar se v proizvodnem obratu izdeluje več izdelkov, igra pomembno vlogo tudi razmestitev posameznih strojev, saj vrstni red izvajanja operacij ni nujno enak za vse izdelke. Pri povečanju učinkovitosti kosovne proizvodnje se velika pozornost posveča tudi razvrščanju operacij. Precej časa je mogoče prihraniti prav na račun optimalne razvrstitve operacij, saj le-ta zmanjša čase nastavljanja strojev in orodij [3].

V šaržni proizvodnji sta združena oba omenjena pristopa. Združevanje je potrebno, kadar se končni izdelki izdelujejo po kosovnem principu, nekateri njihovi sestavni deli pa se izdelujejo po procesnem principu.

### 2.1.4 Delitev proizvodnje glede na obseg

Tudi glede na obseg ločimo tri tipe proizvodnje [4]:

- posamična proizvodnja,
- serijska proizvodnja in
- množična proizvodnja.

Kot pove že ime, gre pri posamični proizvodnji za proizvajanje enega izdelka ali zelo majhne količine enakih izdelkov. Izdelki se praviloma ne ponavljajo. Izdelava poteka ročno ali na splošnih strojih. Primer take proizvodnje so orodjarne. Pri serijski proizvodnji, ki se po obsegu uvršča med posamično in masovno, se izdelujejo množice enakih izdelkov - serije. Čas priprave strojev, glede na enoto izdelka, je manjši kakor pri posamični proizvodnji, zato je tudi učinkovitost večja. V primeru množične proizvodnje pa se stalno izdeluje en ali več izdelkov. Pri taki proizvodnji je mogoče dosegati največjo stopnjo avtomatizacije. Stroji opravljajo iste operacije dolgo časa. V tem primeru niso potrebne predelave strojev in linij za druge izdelke. Stroji so lahko tudi namenski in specializirani za izdelavo točno določenega izdelka.

### 2.1.5 Delitev proizvodnje na osnovi prostorske razporeditve strojev in naprav

Značilni načini razporeda delovnih mest so [4]:

- **delavniška proizvodnja** - procesi ali postopki na opremi (npr. na strojih) so razporejeni tako, da se istovrstni stroji nahajajo v istem prostoru - delavnici. V vsakem od njih se izvaja ena tehnološka operacija. Značilen je diskreten transport obdelovancev iz ene delavnice v drugo delavnico (npr. dvigala). Čas prehoda med operacijami je velik, čas izvajanja tehnoloških operacij ni usklajen. Največja prednost je v prožnosti in prilagodljivosti proizvodnje.
- **tekoča proizvodnja** - je podana z neprekinjenim, enakomernim in istovrstnim zaporedjem izvajanja operacij pri proizvodnji vsakega izdelka. Obdelovanec v proizvodni tok preide v obdelavo preko vseh kosov razporejene opreme oz. tako kot si sledijo tehnološke operacije. Zaporedje operacij je časovno popolnoma usklajeno, materialni tok pa ni nikoli prekinjen, ustvarja se t.i. proizvodjalni ritem (takt).

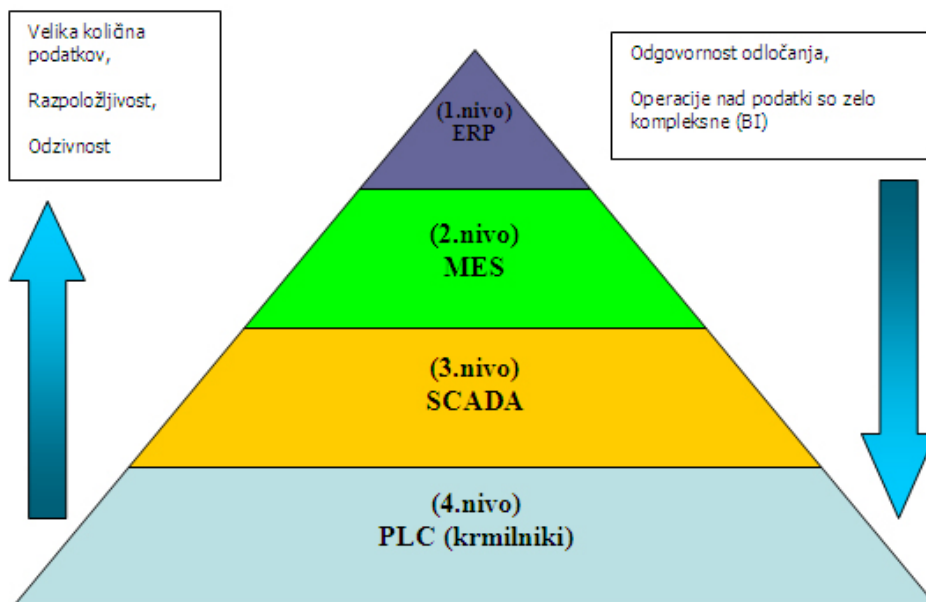
- **linijska proizvodnja** - razpored delovnih mest in strojev je podoben kot pri tekoči proizvodnji. Materialni tok je sicer prekinjen, vendar je čas prehoda med operacijami zanemarljiv. Pomanjkljivost je ravno v manjši ravni zaposlitve opreme in s tem delovnih mest.
- **celična proizvodnja** - gre za prostorsko povezavo strojev oz. delovnih mest, ki se delno razlikujejo glede na vrsto in funkcijo, ob tem pa so namenjeni za izvajanje logično povezanih tehnoloških postopkov in operacij oz. za proizvodnjo nekega polizdelka ali sestavnega dela. Uporablja se diskreten transport (npr. viličarji), za transport obdelovancev od enega do drugega delovnega mesta.

## 2.2 Hierarhija sistemov v proizvodnem podjetju

Hierarhijo delimo na več nivojev in sicer:

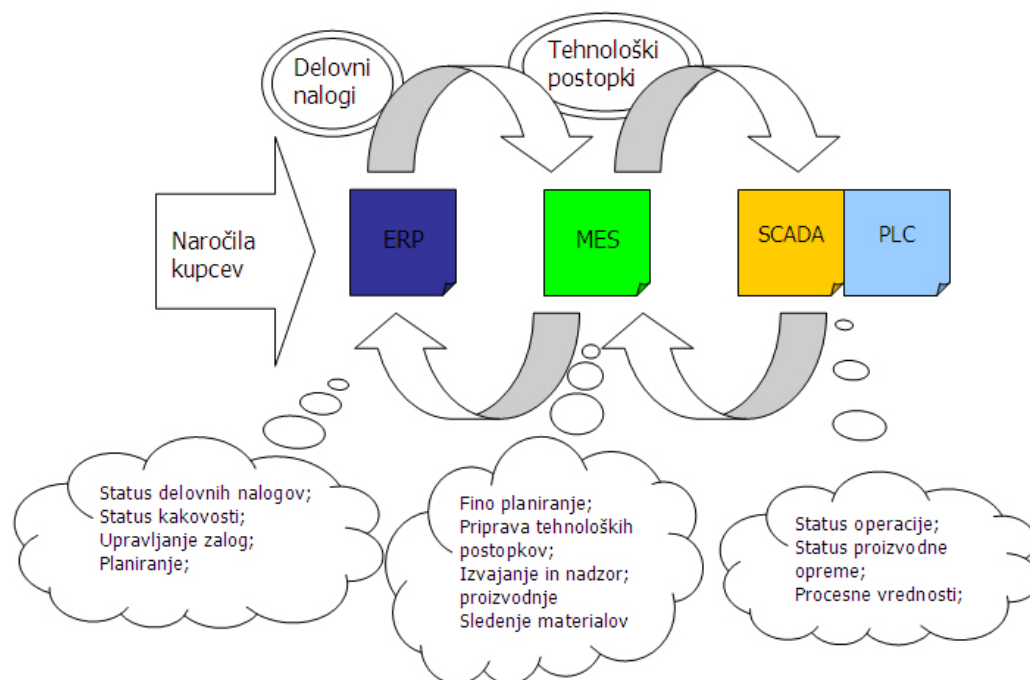
1. nivo odločanja (planiranja),
2. nivo izvajanja,
3. nivo nadzora in
4. nivo vodenja.

Na prvem nivoju se izvršujejo logistične, komercialne ter ostale funkcije, ki so neposredno povezane z upravljanjem podjetja (npr. dolgoročno planiranje, prodaja, nabava,...), vendar te aktivnosti niso neposredno povezane s samo proizvodnjo dela. Na drugem nivoju so aktivnosti (npr. fino planiranje, sledenje, vodenje kakovosti ...), ki zagotavljajo spremljanje proizvodnega procesa, ki se izvaja na spodnjih nivojih. Na tretjem in četrtem nivoju pa gre v bistvu za nivo avtomatike. Z uporabo PLC-jev, t.i. krmilnikov za avtomatsko vodenje procesov, lahko višjemu nivoju oz. nadzornemu nivoju posredujemo podatke, ki nas zanimajo oz. so pomembni za delovanje proizvodnje.



Slika 2.1: Hierarhija sistemov v proizvodnem podjetju.

Za spodnje nivoje (Slika 2.1) je značilna velika količina proizvedenih podatkov. Sensorji in ostala strojna oprema lahko zajema podatke vse do nivoja mikrosekund, v nekaterih primerih pa celo manj. Kljub velikanski količini proizvedenih podatkov pa z njimi ne delamo zahtevnejših procesiranj. Tu je pomembna predvsem hitra odzivnost, ki je potrebna, za pravilno vodenje procesa. Bolj ko se bližamo vrhu piramide, manj je pomembna hitra odzivnost in tem bolj narašča kompleksnost operacij nad podatki. Količina podatkov se proti vrhu piramide manjša oz. agregira. Tako na primer na vrhu, kjer pridejo podatki do vodstva podjetja, le tega ne zanimajo razne meritve in rezultati specifičnega procesa, temveč le podatek, kot je na primer skupna količina proizvedenih izdelkov, skupna poraba, rast prodaje, itd.



Slika 2.2: Proces povezanosti sistemov.

Sistem ERP na osnovi naročil kupcev izdelava delovne naloge, ki jih posreduje sistemu MES. Ta je nato odgovoren za njihovo izvršitev. Sistem ERP s samo proizvodnjo nima ničesar več. Informacije o stanju oziroma napredku naročila mu zagotavlja sistem MES, ki je tako za sistem ERP nekakšno okno s pogledom v proizvodni proces (Slika 2.2).

### 2.2.1 ERP sistemi

Glavne značilnosti sistema ERP so planiranje, nabava, proizvodnja, upravljanje z zalogami, vzdrževanje, finance, prodaja, distribucija in upravljanje s kadri. Če na kratko povzamemo gre za integriran informacijski sistem, ki služi vsem vidikom poslovanja.

1960	BOMP (sestavnica)	+ planiranje proizvodnje	-> MRP
1965	MRP (vsi materiali)	+ finance, delo v proizvodnji	-> MRP II, CIM ...
1975	MRP II (proizvodni viri)	+ vsi notranji viri podjetja	-> ERP
1990	ERP (vsi notranji viri)	+ kupci in dobavitelji	-> ERP II; ERP+SCM+CRM+EC (+PLM)
2000	ERP+SCM+CRM+EP	+ virtualnost, omrežja ...	-> ERP III rešitve ?

Slika 2.3: Prikaz razvoja ERP sistemov po letih.

ERP sistem opredelimo kot celovito povezan in na poslovnem modelu organizacije temelječ sistem, ki ob uporabi sodobne informacijske tehnologije vsem poslovnim procesom, tako same organizacije kot tudi z njo povezanim poslovnim partnerjem, zagotavlja optimalne možnosti načrtovanja, razporejanja virov in izvajanja poslovnih procesov ter ustvarjanja dodane vrednosti.

Eno pomembnih orodij so tudi t.i. "planske table". Planska tabla je glavno orodje za razporejanje delovnih nalogov in aktivnosti na način, da se doseže oprijemljiv plan in da se doseže roke vseh datumov potreb iz napovedi ali prodajnih nalogov na najboljši možni način. Na planski tabli določimo končne in neskončne resurse. Pri končnih resursih sistem upošteva razpoložljivost kapacitet in jih razporedi le v primeru, ko ima na voljo dovolj kapacitet. Pri neskončnih resursih pa sistem ne upošteva razpoložljivosti kapacitet. Operacije so prekrite v istem časovnem intervalu. Pregledi na planski tabli zagotavljajo planerju podatke o različnih vrstah neskladij, ki se pojavljajo v proizvodnem planu, npr. pokritost z dobavnicami, zasedenost vira, ali pa je razpoložljivost vhodnih materialov kasnejša od datuma potreb določenih zahtev. Opozorilni pregled se lahko uporablja tudi za informacijo o izkoriščenosti vira [5].

V slovenskih proizvodnih podjetjih največkrat naletimo na uporabo poslovnega sistema BAAN ali v sedanjem času bolj popularnega SAP. Kot pri večini takih sistemov lahko tudi tukaj govorimo o prednostih in slabostih enega ali drugega.

## 2.2.2 MES sistemi

### Začetki MES sistemov

Korenine koncepta MES - sistema za zbiranje podatkov segajo v zgodnja 80' leta. Takrat se je začelo uvajanje sistemov za zbiranje podatkov pri poslovnih funkcijah, kot so načrtovanje proizvodnje (proizvajalna funkcija), osebja (kadrovska funkcija) in zagotavljanje kakovosti. Prednosti izvajanja MES vključujejo povečevanje proizvodnje, zniževanje stroškov, izboljšave kakovosti, sledenje izdelku in zbiranje podatkov. Na začetku so MES implementacije pripeljale do zmanjševanja porabe energije in odpadkov, vendar je bil konvencionalni MES poudarek predvsem na vodenju proizvodnje.

### Sestavni deli MES sistema

Po specifikacijah MESA [6], MES sistem zajema:

- razporejanje in status virov: ravnanje z viri (stroji, orodja, delovna sila, materiali, dokumentacija, ...), ki morajo biti na voljo za izvajanje proizvodnih operacij,
- fino planiranje operacij: zagotavljanje zaporedja izvajanja proizvodnih operacij glede na dane zahteve,
- razpošiljanje (pol)izdelkov, zagotavljanje pretoka proizvodnih enot,
- nadzor dokumentacije, nadzor in vzdrževanje podatkov, ki spremljajo proizvodno enoto (navodila za delo, recepti, skice, kosovnice, ...),
- zajem in zbiranje podatkov, povezava za pridobivanje proizvodnih podatkov; upravljanje delovne sile, stanje osebja,
- upravljanje kakovosti, analiza meritev v realnem času za zagotavljanje ustrezne kakovosti,
- upravljanje procesov, nadziranje proizvodnega procesa z možnostjo podpore odločanja operaterjem,
- upravljanje vzdrževanja, beleženje in usmerjanje aktivnosti za vzdrževanje strojev in orodij z namenom zagotavljanja čim večje razpoložljivosti letih,
- sledenje in genealogija proizvodov, zagotavlja podatke o delih, materialih, pogojih izdelave, alarmih in popravljenih posameznih izdelkov in
- analiza učinkovitosti ter zagotavljanje točnih podatkov o uspešnosti proizvodnega procesa.

Nivo	Glavne funkcionalnosti	Informacijska podpora	Tipični podatki	Obdelava informacij	Časovno obdobje
1	ERP: grobo planiranje, oskrba in logistika	Podatkovne baze, aplikacije, vmesniki	Podatki na nivoju podjetja (prodaja, nabava, finance, zaposleni)	Možnosti planiranja in dodeljevanja virov za doseg ciljev podjetja	Meseci in tedni
2	MES: optimizacija in vodenje na nivoju proizvodnje	Podatkovne baze, aplikacije, vmesniki	Podatki na nivoju proizvodnje (stanje proizvodnega procesa, zaloge, učinkovitost)	Možnosti izvajanja in optimiziranja proizvodnih operacij v celotni tovarni	Dnevi in ure
3	SCADA	SCADA sistemi ali PC-ji	Podatki na nivoju proizvodne opreme (proizvedena količina, zastoji)	Možnosti upravljanja posamezne naprave ali linije	Minute in sekunde
4	Krmilniki	PLC, DCS sistemi	Nastavitvene točke, procesne vrednosti, alarmi	Možnosti kontroliranja proizvodnega procesa na proizvodni opremi	Manj kot sekunda

Slika 2.4: Značilnosti posameznih nivojev informatizacije.

### 2.2.3 SCADA sistemi

#### Nastanek SCADA sistemov

Mejniki, ki so zaznamovali razvoj SCADA sistemov so:

- okoli leta 1960 se pojavijo prve potrebe po daljinskem nadzoru industrijskih procesov,
- okoli leta 1965 pridejo v uporabo digitalni računalniki (zaradi vse večje kompleksnosti centralnih enot),
- okoli leta 1970 se pojavi kratica SCADA,
- okoli leta 1975 so za vzpostavljanje komunikacijskih poti začele prevladovati radijske zveze in
- do leta 1980 tehnologija SCADA dozori.

Ena pglavitnih funkcij SCADA sistemov je zajem in prenos podatkov med nadzornim računalnikom in krmilnim sistemom. Tudi pri teh tehnologijah, kot pri drugih, je zaznati velik vpliv osebnih računalnikov. Posledica uporabe PC računalnikov so hitra rast sistemov SCADA, izboljševanje uporabniških vmesnikov, izdelovanje poročil, uporaba protokola RS232 kot standarda - vendar

ga v današnjem času že prehitava Ethernet komunikacija, zaradi majhne cene računalnikov pa je odpadla tudi potreba po centralizaciji sistemov. Za sisteme SCADA je značilno dogodkovno vodeno delovanje, kar pomeni, da se odzivajo na spremembe stanj vhodnih podatkov.

Ti sistemi delujejo na nivoju nadzora, oz. posredno na nivoju vodenja. Uporabljajo se za zajemanje različnih vrednosti in parametrov na več mestih, katere pridobijo na nižjem nivoju. S tem je omogočeno prikazovanje v realnem času.

### Osnovni pojmi SCADA sistemov

To je tehnologija, ki uporabniku omogoča zbiranje podatkov iz več, lahko tudi oddaljenih mest in pošiljanje omejenih nadzornih ukazov na ta mesta. Poudarek je na dvosmerni komunikaciji. Ker je sam princip uporabe podoben v različnih aplikacijah, obstaja na trgu kar nekaj proizvajalcev sistemov SCADA. Uporabnikom takih sistemov so na voljo grafična orodja, s katerimi si pripravijo grafične modele nadzorovanih procesov. Taki modeli lahko v resničnem času prikazujejo razna stanja, zvezne in diskretne vrednosti, števec in alarme. Procese je mogoče tudi krmiliti. S sistemi SCADA je mogoče enostavno nadzorovati procese, ko so bodisi zelo oddaljeni ali pa tako obsežni, da neposredno nadzorovanje ni mogoče. Elementi v sistemih SCADA so dveh tipov: centralna nadzorna enota in oddaljene enote. Običajen sistem je sestavljen iz ene centralne enote in ene ali več oddaljenih. Oddaljene enote skrbijo za povezavo med različnimi senzorji, stikali in merilci na eni strani, ter centralno enoto na drugi. Za povezovanje so v uporabi običajni komunikacijski mediji. Komunikacije med enotami je običajno malo, tako da za prenos podatkov zadostujejo tudi najenostavnejše tehnologije. Čeprav bi za centralno enoto enostavnih sistemov zadostovalo le nekaj stikal in kontrolnih lučk, to vlogo v zadnjem času vedno prevzema računalniški sistem. Če se podatki iz nadzorovanega sistema uporabljajo še kje drugje, za prenos poskrbi centralna nadzorna enota.

#### 2.2.4 Krmilniki

Spodnji nivo je najosnovnejši in hkrati najbolj pomemben del, ki nam zagotavlja pomembne podatke o proizvodnji izdelka. V kolikor se tukaj pojavi napaka pri obdelavi podatkov, se ta prenese na vse ostale nivoje, kar pomeni, da dobimo napačno sliko kaj se dogaja v proizvodnji in s tem lahko izvedemo napačne korake na odločitvenem nivoju. Podatki, ki se prenašajo, so razne meritve (npr. temperature, sile, ...). Do teh meritev pa pridemo s pomočjo

raznih merilnih sistemov, kot so npr. senzorji. Meritve izvajamo na samem dogajanju tehnološke operacije dela. Ker so praviloma pogoji dela na kraju izvajanja precej neprijazni, je potrebno izbrati ustrezne merilne naprave, ki lahko botrujejo tem okoliščinam. S tem zagotovimo, da meritve ne bodo odstopale od dejanskih. Signali merilnih sistemov so pripeljani na naprave za krmiljenje (vodenje) procesa. Programirljivi logični krmilniki (PLC) na podlagi vhodnih signalov s pomočjo logičnih (Boolovih) operacij, časovnikov ter števnikov, generirajo izhodne signale, ki vodijo proces (Slika 2.5).



Slika 2.5: Primer krmilnikov različnih proizvajalcev.

## 2.3 Zajemanje podatkov v proizvodnji

### 2.3.1 Načini zajemanja

Podatki iz proizvodnje predstavljajo tako posredno kot neposredno velik del informacij, katerih pomen je v veliki meri eden najpomembnejših za nadaljnjo obravnavo pri ostalih informacijskih sistemih. Pri tem je ključno to, da zajemanje temelji na realnih podatkih. Pomembna je točnost in ažurnost vhodnih podatkov, v nasprotnem primeru lahko pride do napačnih interpretacij in s tem povezano napačno delovanje sistema in ostalih anomalij [7]. Ključno pravilo se glasi, da je najbolje zajeti podatke ob času in na kraju nastanka.

V osnovi poznamo tri načine zajemanja podatkov:

- preko računalnikov (ročno vnašanje),
- registracija različnih dogodkov (terminali) in
- avtomatsko beleženje (neposredno zajemanje iz strojev).

Če govorimo o ročnem vnašanju, gre tukaj za najenostavnejšo obliko, ko delavec po končanem delu (izmeni) izpolni delovni list, ki ga mora izročiti svoji vodji izmene, ta pa ročno vnese podatke preko računalnika v informacijski sistem.

Možnosti načinov zajemanja je veliko in se sama implementacija razlikuje od podjetja do podjetja. Bistvo tega načina je, da je vnos dogodkov za delavce čim hitrejši in čimbolj enostaven. Največkrat se uporabljajo namenski terminali oz. računalniki s čitalcem črtne kode ali brez. Uporaba mora biti dovolj enostavna, tako da je pristop dovolj intuitiven in ni potrebno brati posebnih navodil. V začetni fazi uvajanja informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje je potrebno posebej uvesti izobraževanje delavskega kadra, da v nadaljevanju ne bi prihajalo do kakšnih nejasnosti in napak.

Pri *avtomatskem beleženju* pa gre za princip zajemanja podatkov neposredno iz delovnega sredstva (stroja). Pri tem načinu se vsi podatki pridobivajo samodejno, brez posredovanja operaterjev. Najpomembnejšo vlogo pri tem odigrajo krmilniki (PLC)<sup>1</sup>, katerih namen je krmiljenje raznih mehanskih komponent<sup>2</sup>, ki beležijo podatke o različnih časih, alarmih in številu izdelanih kosov. Za povezovanje krmilnikov uporabljamo namenska industrijska vodila<sup>3</sup>, vendar se je v zadnjem času izredno uveljavil tudi kot standard omrežje Ethernet. Ta je s pomočjo TCP/IP<sup>4</sup> protokola in pošiljanjem UDP<sup>5</sup> paketov postal eden najbolj priljubljenih, tako po hitrosti kot zanesljivosti. Vsi taki krmilniki morajo neprestano komunicirati z nadzornim računalnikom - pošiljajo mu podatke o stanju stroja. Pri tem se mora v krmilnem računalniku izvajati določen "namenski program"<sup>6</sup>, ki zajete podatke preoblikuje in shrani v določeno podatkovno bazo za nadaljno obdelavo.

---

<sup>1</sup>Programabilni krmilnik - Programable Logical Controller.

<sup>2</sup>Krmilniki na stroju odpirajo in zapirajo hidravlične in pnevmatske ventile, vključujejo in izključujejo motorje, grelce in podobno, hkrati pa preko različnih senzorjev pridobivajo povratno informacijo o trenutnem stanju stroja.

<sup>3</sup>Nestandardna oz. standardna industrijska vodila, nekatera so se uveljavila nekatera ne, npr. (RS 485, Modbus, Interbus, Profibus, ...).

<sup>4</sup>Sporočila preko protokola TCP se zaradi vzpostavljene povezave med odjemalcem in servisom prenašajo zanesljivo v obe smeri, so brez napak in prispejo v pravem vrstnem redu.

<sup>5</sup>Nepovezovalni protokol za prenašanje paketov. Nepovezovalni pomeni, da odjemalec in strežnik ne vzpostavita povezave, ampak strežnik pošilja pakete odjemalcu in ne preverja, če je odjemalec pakete dobil.

<sup>6</sup>Sprogramirana je komunikacija s krmilnikom.

## 2.3.2 Tehnologije zajemanja podatkov

### Črtna koda

Sistem črtne kode je eden najbolj razširjenih sistemov za označevanje izdelkov. V proizvodnji so ti izdelki razni papiri, in sicer od spremnih in delovnih listov do druge dokumentacije. Črtna koda je postala tako popularna predvsem, ker jo lahko natisnemo skoraj z vsakim tiskalnikom, kar pomeni da so stroški izdelave relativno nizki. Možnosti uporabe so velike, od tiska na papir, nalepke, plastiko in celo na kovinske dele. Branje črtne kode se izvaja s posebnim čitalcem (Slika 2.6). Glede na način uporabe ločimo ročne in samostojne čitalnike. Ročni se uporabljajo v takih aplikacijah, kjer so lahko v pomoč operaterju pri vnosu raznih podatkov. Priklopimo jih kar na isti priključek kot tipkovnico, ker je način najenostavnejši, vendar so tudi druge možnosti priklopa. Nekatere čitalnike vgrajujejo tudi v prenosne terminale, ki so preko radijske zveze povezani z informacijskim sistemom. Samostojni čitalniki pa se fiksno pritrdijo in beležijo črtne kode na predmetih, ki tako ali drugače potujejo mimo njih. Med seboj se različni čitalniki ločijo še po tem, na kakšni razdalji so še sposobni razbrati črtno kodo in s kakšno hitrostjo se lahko predmet z oznako premika mimo čitalnika. Če se za odčitavanje kode uporablja laserski žarek, se s tem označi mesto odčitavanja in je zato uporaba lažja.



Slika 2.6: Slika črtne kode in čitalca črtnih kod.

Za označevanje črtnih kod se uporablja več standardov, ki se razlikujejo med seboj po naboru podprtih simbolov<sup>7</sup> ter po redundanci zapisa<sup>8</sup>. Črtna koda vsebuje le šifro, po kateri najdemo ostale podatke. Vsak od standardov določa parametre, kot je kontrastno razmerje med temnimi in svetlimi stolpci, dimenzije, najmanjšo dovoljeno oddaljenost od ostalih potiskanih delov, itd.

## RFID

Podobno kakor pri sistemih črtne kode se tudi v tem primeru uporabljajo posebne oznake in čitalniki. Na predmetu ali v telesu je majhno elektronsko vezje, ki ga imenujemo RFID oddajnik ali oznaka (Slika 2.7). Ta je sestavljen iz integriranega vezja (čipa), ki hrani in procesira podatke, ter izvaja modulacijo in demodulacijo signalov. Drugi del oddajnika je antena, ki sprejema in oddaja radijske signale. Signale RFID oddajnikov sprejema RFID čitalec, kar nam omogoča identifikacijo predmetov oziroma bitij. RFID identifikacijska tehnologija naj bi postopoma izpodrinila črtno kodo. Od sistemov črtnih kod se ločijo po tem, da prepoznavanje oziroma branje oznake poteka s pomočjo radijskih valov.

RFID sistemi se ločijo glede na napajanje (aktivni in pasivni) in na način prenosa informacije (induktivni in elektromagnetni) [5]:

- Aktivni oddajniki poleg antene in čipa potrebujejo tudi baterijo za napajanje. Slabosti takega načina so predvsem cenovne narave, prednosti pa so zanesljivo delovanje, doomet in moč oddajanja.
- Pasivni vsebujejo elektronsko vezje brez lastnega napajanja. Pasivna oznaka kot vir energije uporabi radijski signal, ki ga oddaja čitalnik. Slabosti so nezanesljivo delovanje - več napak, krajši doomet, prednost pa v cenovni ugodnosti.
- Induktivni prenos informacije se izvede s pomočjo dveh tuljav. Ko tok prve tuljave doseže drugo, se pri tem inducira napetost. Indukcija deluje v manjšem polju, zato lahko kot slabost štejeemo oddaljenost, ki ne sme presegati deset centimetrov.
- Elektromagnetni prenos uporablja za pretok informacije elektromagnetne valove. Čitalec oddaja EM valove, ki dosežejo oddajnik in se od njega odbijejo. Pri tem lahko tak odboj izkoristimo za prenos informacije od oddajnika do čitalca.

---

<sup>7</sup>Npr. črtna koda z naborom "Interleaved 2 of 5" dovoljujejo samo številčne oznake, črtna koda z naborom "Code 3 of 9" pa poleg številčk in celotne abecede podpira še druge znake.

<sup>8</sup>Pri delno poškodovanih črtnih kodah lahko s pomočjo večje redundance dosežemo pravilno prepoznavanje oznake.



Slika 2.7: Slika RDIF industrijskega čitalca.

V primerjavi s sistemi črtne kode imajo sistemi RFID tako prednosti kot slabosti. Med prednosti poleg že omenjene večje razdalje in neodpornosti na ovire spada še hitrejša in lažja identificiranje in nekoliko večja količina podatkov, ki jo te oznake lahko shranijo. Med slabosti pa spadajo večja cena oznak in večja občutljivost na visoko temperaturo.

Take RFID sisteme lahko srečamo povsod, na smučiščih, trgovinah, skladiščih, itd. Uporabljamo jih tudi na avtomatiziranih proizvodnih linijah, na nosilnih vozičkih, kjer na vsaki operaciji identificirajo obdelovani (pol)izdelek. V takem primeru je mogoče shranjevanje različnih parametrov in meritev izvajanja posameznih operaciji.

## 2.4 Izmenjava podatkov med sistemi

Med vsakim nivojem teče dvosmerna komunikacija, tako navzdol kot navzgor. Bistvo vsega je zagotavljanje podatkov za poslovni informacijski sistem. Vir informacij iz katerega črpamo pa je proizvodni informacijski sistem. Pretok podatkov med tema dvema sistemoma mora biti konstanten. Seveda se začne zajem podatkov na najnižji ravni in sicer na kontrolnem informacijskem sistemu. Ravno tako mora na tem nivoju delovati dvosmerna komunikacija

do proizvodnega informacijskega sistema. Podatki se tako prenašajo iz enega nivoja do drugega.

### **2.4.1 Komunikacija med kontrolnim in proizvodnim informacijskim sistemom**

Vrsta komunikacije je odvisna od proizvajalca krmilniških enot. Na tržišču največkrat naletimo na Moeller in Siemens krmilnike. Komunikacijo je mogoče implementirati preko določenih knjižnic, kot je npr. za Siemens krmilnike knjižnica Prodrive MPI preko Profibus vodila. V ta namen moramo napisati poseben program, ki nam bo omogočal izmenjavo podatkov med krmilniško enoto in našo aplikacijo. Seveda se poslužujemo takega načina le v primerih, ko je potreba po komunikaciji med sistemoma precej specifična, oz. si jo lahko prilagodimo do te mere, da je pisana na kožo našim potrebam.

V drugačnem primeru pa lahko uporabimo kar OPC strežnik. To je vmesnik za izmenjavo podatkov med kontrolnim in proizvodnim IS. Implementiran je bil s strani združbe podjetji, ki delujejo v industrijski avtomatizaciji. Ustanovljena je bila tudi organizacija OPC "foundation", ki skrbi za razvoj in razširjanje informacij novih specifikacij. Specifikacija OPC temelji na tehnologijah OLE in DCOM. Namenjena je spajanju programov višjega nivoja in programov (ali strojne opreme), ki se nahajajo na nižjih nivojih - upravljanje procesiranja. Specifikacija OPC je transparentna glede na tip in izvor podatkov, kar da strukturi podatkov, ki jo predpisuje, značilno obliko. Strežnik OPC črpa podatke iz naprav za upravljanje (kot so PLC-ji) in jih po potrebi posreduje programski opremi (kot je SCADA in ostali programi) prek vmesnikov, ki so s specifikacijo določeni. Implementacije specifikacije OPC se uporabljajo pri procesih, ki zahtevajo hitro in zanesljivo posredovanje konsistentnih podatkov [5].

S standardizacijo Ethernet protokola pa se po novem uporablja kar IP komunikacijo, tako TCP oz. UDP pošiljanje.

### **2.4.2 Komunikacija med proizvodnim in poslovnim informacijskim sistemom**

Ker proizvodni sistem deluje ločeno od glavnega vira podatkov, uporablja svojo operativno bazo podatkov. V nekaterih primerih so proizvodni obrati ločeni od matičnega podjetja in povezava do glavnega informacijskega sistema ni ves čas prisotna. V takih primerih je potrebno specificirati način prenašanja podatkov. Največkrat se tukaj uporabi možnost uporabe urnika, kar pomeni, da

se natančno definira časovne intervale, kdaj se bodo podatki prenašali v obe smeri.

Splošni načini, ki se največkrat uporabljajo pri izmenjavah podatkov [7] so

- vmesne datoteke (tekstovne datoteke),
- vmesne tabele (povezovanje baz podatkov),
- RFC (Remote Function Call) in
- spletni servisi (Web services).

Integrirani načini pri SAP sistemih so

- IDOC (Intermediate DOCument) in
- XI (Exchange Infrastructure).

Vmesne datoteke so ena najbolj preprostih rešitev. Težave se pojavijo pri sledenju, če pride pri prenosih do napak. Za pravilno komunikacijo je potrebno najprej definirati protokol, ter pravilno sinhronizirati procesa med zapisovanjem enega sistema v datoteko in branjem drugega sistema iz datoteke.

Vmesne tabele so podobno kot vmesne datoteke precej enostavna rešitev. Pri opisu tega načina smo omenili, da takšen neposredni dostop ni najbolj priporočljiv, saj nam v primeru nadgradenj ali spremembe podatkovne baze ne zagotavlja pravilnega delovanja. V večini primerov je zahtevana prilagoditev posameznih aplikacij (najpogosteje SQL poizvedb).

RFC je postopek za izmenjavo podatkov med klientom in strežnikom. Z uporabo teh funkcij, je možno spisati določen program za komunikacijo med ERP sistemom (npr. SAP) in določeno podatkovno zbirko. V SAP sistemu je tako omogočeno tako branje kot pisanje (povratna informacija iz proizvodnega sistema). V primeru nadgradnje SAP sistema ni problemov, ker ostanejo RFC klici enaki. Glede na tekstovni način je veliko lažje diagnosticiranje.

Web Service je tako kot RFC način precej elegantna rešitev. Potrebno je napisati določen servis na strani poslovnega sistema. Slabost je v tem, da pri prehodu na novo različico obstaja možnost, da je potrebno spletne servise popraviti.

IDOC nam omogoča izmenjavo s pomočjo naprednih XML datotek. Podpora je sicer integrirana v sam poslovni sistem, vendar je uporaba precej težja, ker

je potrebno uporabiti dodatno zanje o samem delovanju vmesnika in rešitvah.

XI (Exchange Infrastructure) je rešitev, integrirana že v samem poslovnem sistemu. Gre za plačljiv dodatek, katerega se poslužujejo podjetja, ki imajo zelo veliko prenosov in povezav z zunanjimi sistemi.

# Poglavje 3

## Uporabljene tehnologije

### 3.1 Podatkovna baza

Za podatkovno bazo bi lahko dejali, da gre za nadzornika proizvodnje, kajti vsi podatki, ki se zabeležijo v bazo, so odraz dela v sami proizvodnji. Sama narava spremljanja proizvodnje zahteva zajemanje podatkov na več mestih. Ta mesta se lahko nahajajo znotraj enega oddelka, lahko pa se nahajajo tudi v oddaljenih obratih. V obeh primerih obstaja potreba po skupnem hranjenju podatkov in posledično po sistemu za upravljanje baz podatkov (RDBMS). Shranjevanje podatkov iz strojev in naprav zahteva konstantno obremenitev podatkovnega strežnika. V časovni enoti se pojavlja veliko število manjših transakcij. Ker nekateri proizvodni procesi zahtevajo stalno prisotnost nadzornega sistema, mora biti tudi podatkovni strežnik razpoložljiv 24 ur vse dni v tednu. V primeru izpada je potrebno zagotoviti nadomestni strežnik.

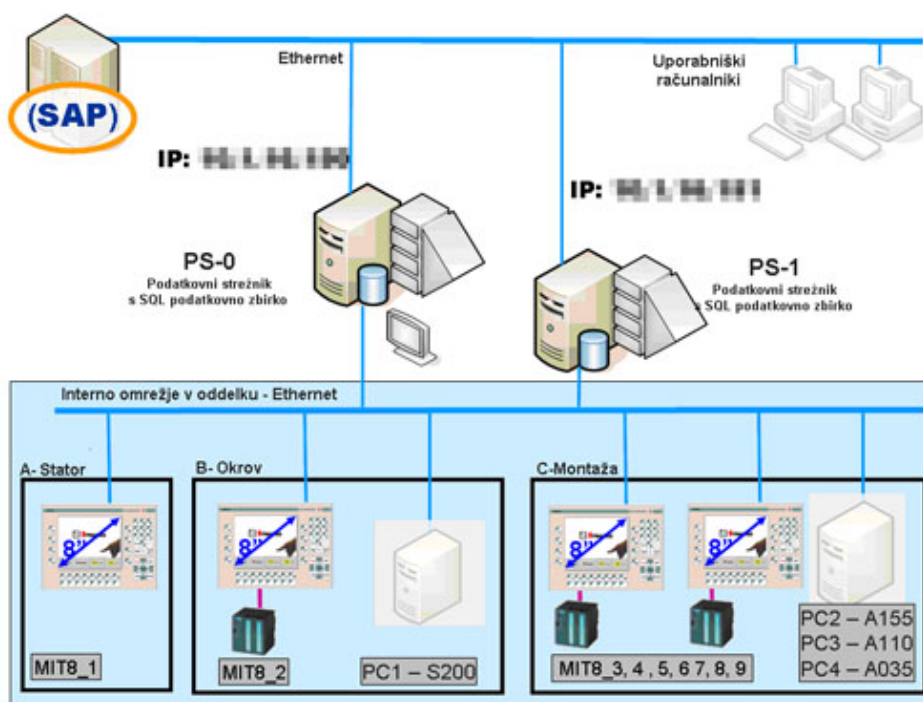
V našem primeru uporabljamo podatkovno bazo MySQL. Sama baza je dovolj zanesljiva in zmogljiva. Baza je brezplačna in je na voljo pod GNU licenco. Sicer obstaja tudi komercialna oblika, vendar ostanejo funkcionalnosti baze enake, kot pri brezplačni različici. Za razliko od brezplačne različice z MySQLpro verzijo nudijo podporo pri dodatnih vprašanjih. MySQL deluje na različnih platformah sistemov, podpirajo jo pa tudi vsi glavni programski jeziki. Z uporabo API vmesnika vključujejo knjižnice za dostop do podatkovnih baz. Poleg tega je možen vmesnik ODBC imenovan MyODBC, ki omogoča tudi ostalim aplikacijam, ki podpirajo ODBC vmesnik, vzpostaviti povezavo z MySQL podatkovno bazo. Za poizvedovanje se uporabljajo standardni SQL stavki.

Administracija podatkovne baze je precej preprosto opravilo. Lahko se upravlja t.i. "command-line" vrstico z uporabo ukazov kot sta npr. mysql in



### 3.3 Računalniško omrežje

Strojna oprema za informacijsko podporo spremljanja dogajanja v proizvodnem oddelku je sestavljena iz dveh enakih strežnikov, ki opravljata vsak svoje naloge. V primeru, da eden odpove drugi prevzame vse naloge. Podatkovna strežnika imata po dve mrežni kartici (1GByte) tako, da je ena namenjena povezavi v tovarniško omrežje z že znanimi IP naslovi. Druga pa je povezana na stikalo, na katerega so povezani vse ostale naprave - v zaprtem lokalnem omrežju (Slika 3.2).



Slika 3.2: Shema povezav v ethernet omrežju.

### 3.4 Podatkovni strežniki

Podatkovna baza primarno deluje na podatkovnem strežniku. Ta ima za zagotavljanje varnosti diskovno polje RAID1 (mirror). Priklučen je na UPS napravo, ki v primeru daljšega izpada napetosti poskrbi za pravilno ustavitev strežnika. To pa ne odpravlja drugih tveganj, kot so okvare na disku in preostali strojni opremi (na primer okvara napajalnika, matične plošče, mrežne

kartice ...). Da bi bila ta tveganja manjša in da bi se hitreje vzpostavile razmere za normalno delovanje sistema, je postavljena še replikacija podatkovne baze na sekundarni strežnik [8].

Podatkovni strežnik PS-0 ima naslednje lastnosti:

- Ima nameščeno glavno bazo MySQL,
- Vsi terminali pišejo v to bazo.

Podatkovni strežnik PS-1 ima naslednje lastnosti:

- Ima kopijo bazo MySQL, ki se preslikava v realnem času,
- Uporabniki opazujejo podatke iz te baze,
- Izvajajo se vsi pomožni programi (komunikacija z PC računalniki na liniji za pridobivanje podatkov, komunikacija z SAP, klient za prenosni terminal za branje črtne kode, ...).

V primeru izpada katerega od podatkovnih strežnikov je potrebno z izvedbo pripravljenih skript ali paketnih datotek preiti na delovanje na enem podatkovnem strežniku in kasneje ponovno na oba podatkovna strežnika (Slika 3.2).

## Poglavje 4

# Programska oprema za spremljanje proizvodnje

Osnova pričujoče diplomske naloge je bila postavitvev MES sistema (Synapro) za avtomatsko spremljanje proizvodnje v oddelku Delphy za izdelavo motorjev EPS. Podjetje se ukvarja z izdelavo komponent in sistemov za avtomobilsko industrijo. Glede na to, da je na trgu vedno več konkurence, je pri tem zelo pomembna kakovost izdelkov, nabavni roki in na koncu sama cena.

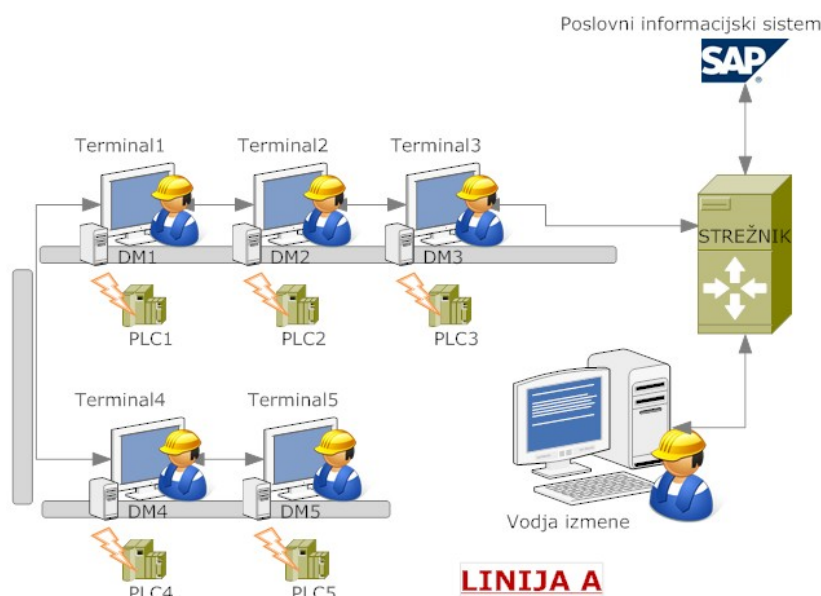
Za vsako podjetje so strateški cilji povečevanje proizvodnje in s tem dobička, posredno pa je treba zagotoviti ustrezne razmere v proizvodnji sami. Zagotoviti je potrebno ustrezno obratovalno zmogljivost in zanesljivost delovnih sredstev, uporabo ustreznih materialov in sestavnih delov ter s tem zagotoviti konkurenčno kakovost izdelka na trgu. V veliki meri k temu prispeva tudi postavitvev proizvodnega informacijskega sistema v tem obratu.

Sam informacijski sistem je funkcionalno sestavljen iz več delov:

1. iz terminalov za registracijo materialov,
2. programske opreme za izmenjavo podatkov z linije in
3. programske opreme za spremljanje izdelkov.

Vsi trije deli aplikacije za delovanje uporabljajo dostop do podatkovnega sistema strežnika. Vsak sklop vsebuje namenski uporabniški vmesnik preko katerega pregledujemo podatke in spreminjamo nastavitve.

V nadaljevanju bom opisal tretji sklop, t.i. programsko opremo za spremljanje izdelkov, ki je bistvo uporabniškega vmesnika za vodje izmen. Ta tretji sklop je bila moja zadolžitev pri tem projektu. V ostale sklope bom posegel samo do te meje, da bo opis razumljiv kot celota.



Slika 4.1: Shema proizvodne linije A.

Na sliki 4.1 lahko vidimo shematski prikaz proizvodne linije A. Skozi celotno linijo (tekoči trak), so na določenih točkah postavljene postaje z oznakami od S10 pa do S160. Na sliki 4.1 sem postaje označil kot DM1-DM5, kar je določeno kot delovno mesto. Vsaka izmed postaje ima svojo tehnološko operacijo, kar pomeni, da se na njej izvaja določeno delo (npr. vijačenje). Postajo bi lahko definirali tudi kot delovno mesto (DM) in sicer zato, ker je ob vsaki postaji prisoten tudi eden delavec. Ta s svojo prisotnostjo oz. določenim delom pripomore, da se celoten postopek dela v tem času (izmeni) ne ustavi. V primeru, da do tega vseeno pride, to poimenujemo kot zastojo.

Vsaka postaja je opremljena tudi s svojim terminalom. V našem primeru so montirani posebni terminali, ki so bolj vzdržljivi in kompaktni od navadnih PC računalnikov. Opremljeni so z ekranom občutljivim na dotik, tako da je interakcija med delavcem in terminalom čimbolj prijazna in neposredna. V takih primerih odpade vsakršna potreba po uporabi tipkovnice oz. miške, saj lahko uporabnik (delavec) enostavno z uporabo prsta doseže enak učinek. Zraven vsakega terminala so priklopljeni tudi ročni čitalci črtno kodo. Delavec ob vsaki menjavi delovnega materiala zabeleži to spremembo tako, da s pomočjo čitalca odčita črtno kodo. Ta se prikaže na terminalskem oknu in s potrditvijo (pritiskom na ekranu) to tudi shranimo v podatkovno bazo.

Seveda je uporaba industrijskih terminalov stvar dogovora, oz. je precej

odvisna od delovnega okolja. V drugim primerih si poslužujemo kar navadne PC računalnike, ki pa ne sodijo na samo delovno mesto, saj niso namenjeni takemu delu.

Na vsakem terminalskem delu se izvaja določena programska oprema. Na ekranu je uporabnikom vidna zaslonska maska za registracijo materiala, v ozadju pa se izvaja programska oprema za branje podatkov iz krmilniških enot. Vsi programi imajo vzpostavljeno povezavo do centralnega računalnika (strežnika), kamor se podatki shranjujejo.

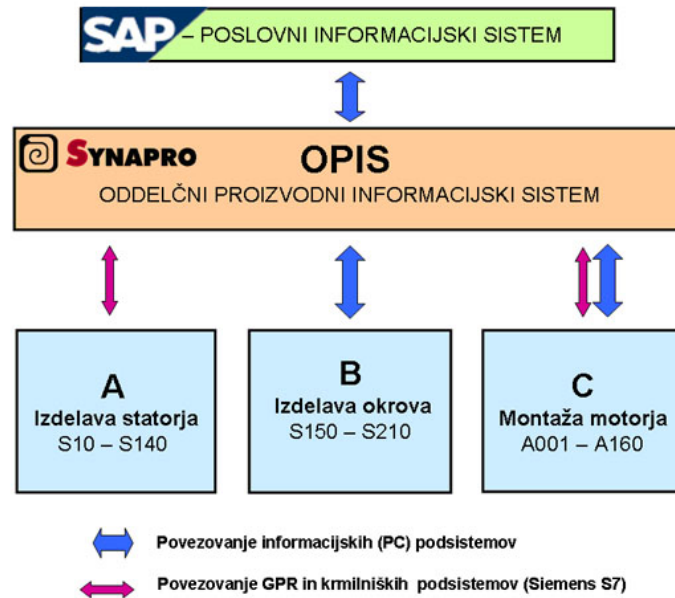
V proizvodnji je na posebnem mestu postavljen tudi PC računalnik, ki ga uporablja vodja izmene. Na tem računalniku je naložena programska oprema, ki omogoča določanje lansiranja seriji, pregledov in stanja proizvodnje linije. Ta grafični vmesnik je v nadaljevanju dela podrobneje opisan.

## 4.1 Kratek opis procesa

Če želimo zagotoviti, da je za vsak izdelan končni izdelek poznano iz katerih šarž (vhodnih) identov ali materialov je bil izdelan, potem mora biti (v vsakem trenutku) poznano za vsak izdelek v procesu izdelave iz katerih šarž identov in materialov je sestavljen. Skratka, tako kot se izdelek izdeluje, tako se morajo zbirati podatki o njegovi izdelavi. Celotno izdelavo bo spremljal t.i. oddelčni proizvodni informacijski sistem (Slika 4.2).

Zagotoviti je potrebno:

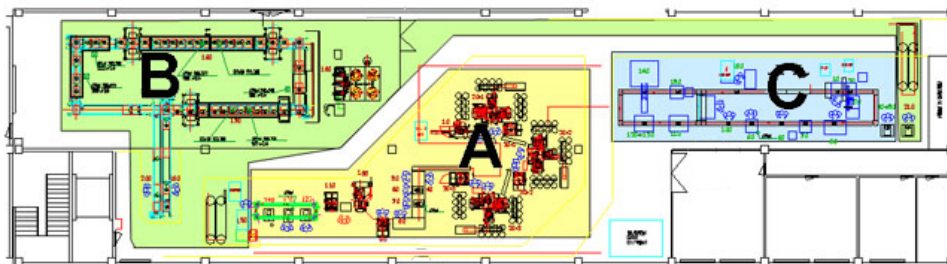
- za vsak končni izdelek je potrebno vedeti iz katerih sestavnih delov in materialov je izdelan,
- za vsako šaržo vhodnega material je potrebno vedeti, v katere končne izdelke je bila vgrajena,
- linija mora vedno delovati s sistemom za sledenje materiala,
- razpoložljivost računalniške opreme mora biti maksimalna,
- za vsak izdelan kos se shranijo tudi izbrani tehnološki parametri,
- za vsak izdelan kos bo zabeleženo, kdo je izdelal posamezno operacijo,
- stalno se beleži stanje posameznih strojev in razlogi za zastoje in
- arhiviranje podatkov.



Slika 4.2: Oddelčni proizvodni informacijski sistem.

Celoten proizvodni sistem razdelimo v tri relativno neodvisne sklope:

- Linija A - Izdelava statorja
- Linija B - Izdelava okrova
- Linija C - Montaža motorja

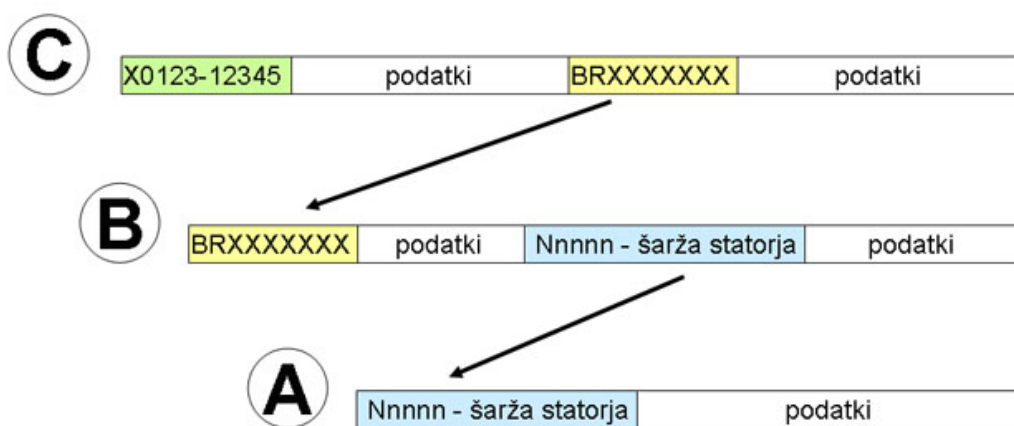


Slika 4.3: Tloris izdelovalnega postopka.

## 4.2 Sistem zbiranja podatkov

Za vsak sklop obstaja poseben delovni nalog (Slika 4.4):

- Linija A - Izdelava statorja - na nivoju šarže,
- Linija B - Izdelava okrova - na nivoju serijske številke,
- Linija C - Montaža motorja - na nivoju serijske številke.



Slika 4.4: Shematska razdelitev podatkov.

Podatki za Linijo A:

- Podatki o vgrajenem materialu na podlagi vnosov preko terminala,
- Glavni ključ - šarža statorja v okviru DN.

Podatki za Linijo B:

- Podatki o vgrajenem materialu na podlagi vnosov preko terminala,
- Glavni ključ - serijska št. okrova.

Podatki za Linijo C:

- Podatki o vgrajenem materialu na podlagi vnosov preko terminala,
- Glavni ključ - serijska št.

Na sliki 4.5 lahko vidimo tabelo vstopajočih identov. Za vsako posamezno linijo se beležijo nazivi materialov in ustrezna številka materiala. Za vsak posamezen del lahko razberemo, iz katerih delov je sestavljen. Za zamenjavo materialov je potrebno nov material registrirati na določenem terminalu s pomočjo ročnega čitalca črtnih kod.

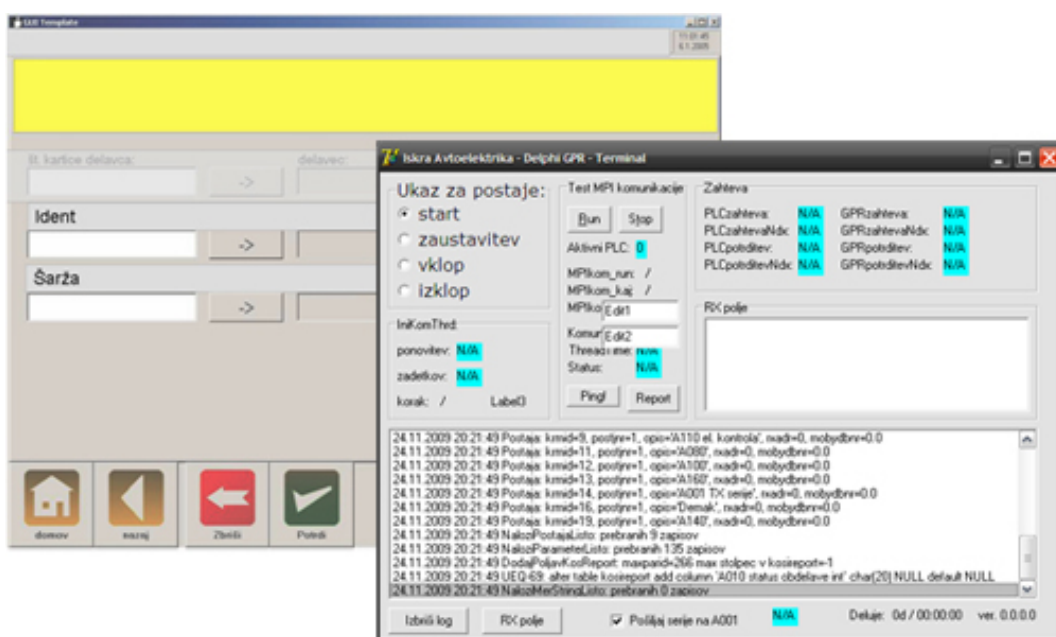
TABELA VSTOPAJOČIH IDENTOV				izdelek #1	izdelek #2	izdelek #3
Zap. št.	Linija	Vstopa <b>pastaja</b>	Naziv : STATOR	<b>16.350.231</b> BASE	<b>16.350.233</b> HEAVY	<b>16.350.343</b> DS
1	A	S005	Palet statorski	16350223	16350234	16350234
2	A	S005	Izolacija utora	323095182	323095183	323095183
3	A	S010-1	Zica lakirana, barva1	600146048	600146048	600146048
4	A	S010-2	Zica lakirana, barva2	600147048	600147048	600147048
5	A	S010-3	Zica lakirana, barva3	600148048	600148048	600148048
6	A	S010	Zagozda utora	323095154	323095154	323095154
7	A	S020-1	Zica lakirana, barva1	600146048	600146048	600146048
8	A	S020-2	Zica lakirana, barva2	600147048	600147048	600147048
9	A	S020-3	Zica lakirana, barva3	600148048	600148048	600148048
10	A	S020	Zagozda utora	323095154	323095154	323095154
11	A	S030-1	Zica lakirana, barva1	600146048	600146048	600146048
12	A	S030-2	Zica lakirana, barva2	600147048	600147048	600147048
13	A	S030-3	Zica lakirana, barva3	600148048	600148048	600148048
14	A	S030	Zagozda utora	323095154	323095154	323095154
15	A	S060	Spojka za krimpaje	655000060	655000060	655000060
16	A	S080	Izolirna cevka	335020076	335020076	15404314
17	A	S100	Poliestrski vrvice	335000006	335000006	335000006
18	A	S120	Spojka za krimpaje	655000060	655000060	655000060
<b>uporabljeni materiali</b>						
Zap. št.	Linija	Vstopa na	Naziv : OKROV SESTAV	<b>16.282.477</b> BASE	<b>16.282.478</b> HEAVY	<b>16.282.558</b> DS
1	B	S150	Okrov	15.283.654	15.283.657	15.283.657
2	B	S150	Stator	16350231	16350234	16350343
3	B	S180	Zalivna masa	860000655	860000655	860000655
4	B	S180	Katalizator	860000659	860000659	860000659
5	B	S180	Topilo DBE	820000590	820000590	820000590
Zap. št.	Linija	Vstopa na	Naziv : MOTOR EPS	<b>11.213.105</b> BASE	<b>11.213.111</b> HEAVY	<b>11.213.138</b> DS
1	C	A010	Ležaj	400524167	400524167	400524167
2	C	A010	PLP	15133934	15133934	15133934

Slika 4.5: Tabela vstopajočih identov.

### 4.3 Osnovni pojmi za razumevanje sistema

Sam sistem je v osnovi zelo kompleksen. Moja naloga je bila predvsem programiranje na tretjem sklopu in sicer uporabniškem vmesniku za vodje izmen, kjer je možno upravljanje s serijami in pregledovanje podatkov.

Terminali za registracijo materialov so opremljeni z vmesnikom za MPI komunikacijo s krmilniki Siemens in s čitalcem črtno kode.



Slika 4.6: Vnos materiala in izmenjava podatkov PLC.

Na terminalu se izvajajo naslednji programski sklopi:

- komunikacija s krmilniki (v ozadju in zapisovanje v bazo),
- terminalski vmesnik,
- inicializacija terminala,
- vnos materiala (na vseh terminalih),
- upravljanje linije in
- vnos palete (samo na določenih terminalih).

Na vseh terminalih je tudi nameščena programska oprema za izmenjavo podatkov z linije. To je program, ki zna komunicirati s krmilnikom in razne meritve, parametre zapisuje v obstoječo bazo podatkov. Komunikacija med terminali (s Siemens Profibus/MPI kartico) in krmilniki Simatic poteka po protokolu MPI. Za izdelavo programa je uporabljena knjižnica Prodave.

Komunikacija med programom in PLC-jem je sestavljena iz dveh med seboj neodvisnih delov:

- En del poteka v smeri krmilnika na program in zajema pošiljanje podatkov o obdelavi ali zahtevke po nastavitvah v programu.
- Drugi del skrbi za pošiljanje podatkov (nastavitev) v smeri programa na krmilnik.

Podrobneje teh dveh sklopov ne bom opisoval, pomembno je le to, da se razume na kakšen način oz. od kod kasneje bere podatke uporabniški vmesnik za pregledovanje in lansiranje serij.

## 4.4 Uporabniški vmesnik za vodje izmen

Programska oprema je nameščena na več lokacijah v proizvodnji in izven nje zaradi možnosti pregledovanja zbranih podatkov in meritev. Zelo pomembno je, da je nameščena na računalniku vodje proizvodnje, ker je sicer oteženo lansiranje novih serij.

Aplikacija pokriva naslednje funkcionalnosti (Slika 4.7):

- urejanje avtorizacije za dostop do podatkov,
- dodajanje, prekinjanje, nadaljevanje in zaključevanje serij,
- pregledovanje meritev (tako kosov kot materiala),
- analizo časov izdelav,
- stanje na liniji po delovnih postajah in
- nastavitve prikazovalnika.

Princip dostopa do podatkov je, da se aplikacija direktno preko API vmesnika za povezavo na bazo MySQL poveže z določenim uporabniškim imenom in geslom. Ko je povezava uspešno vzpostavljena lahko s pomočjo SQL stavkov

pregledujemo podatkovno bazo.

Razvojno orodje Delphi 7 je že pred leti omogočalo objektno programiranje, ki je v sedanjem času postalo sinonim za programiranje. Brez ustreznih tipov in definicij svojih razredov si je težko predstavljati dobro delujoč program. Seveda so v določenih primerih zelo uporabne tudi že napisane komponente, ki zelo olajšajo samo programiranje, predvsem pri raznih zahtevnih prikazih, npr. grafih, kjer bi bil sam razvoj svoje knjižnice precej zamudno opravilo.

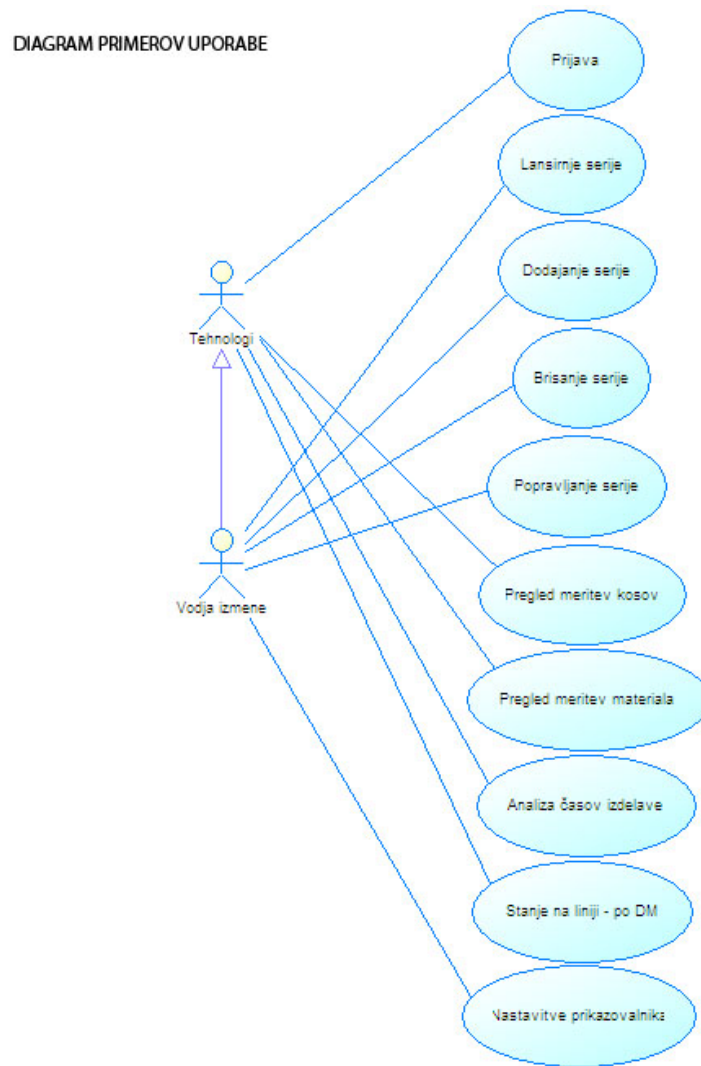
Grafični vmesnik za vodje izmen je strukturiran program sestavljen iz več delov. Vsak del definira svojo funkcijo. Npr. del programske kode za prijavo v glavni program je napisan v knjižnici "avtorizacija". Kasneje se po prevajanju posamezne knjižnice povežejo med seboj tako, da dobimo en končen zagonski program. Velika prednost knjižnice je predvsem njihova ponovna uporabnost. Program je modularno zgrajen, saj ob spremembah ni potrebno popravljati celotnega programa, ampak samo del kode, kjer je to potrebno.

Razvojno orodje ima vgrajeno tudi zelo dober razhroščevalnik, ki zelo olajša iskanje napak. Z razhroščevalnikom se lahko pomikamo po kodi korak za korakom, tako kot si sledi potek programa. Za razliko od drugih programov Java ali Visual Studio .NET, je mogoče manjši problem pri prenosljivosti, ker je potrebno poleg programa dodati še kakšno DLL (Dynamic Linking Library) knjižnico.

Grafični vmesnik je modularno zgrajen, vsak del pa vsebuje kar nekaj vrstic kode. Verjetno, če bi vse skupaj sešteli, bi prišli nekje do številke pet-tisoč. V začetni fazi izdelave programa, ko se je prikaz vršil v realnem času, je to zelo upočasnilo samo delovanje. Hitrost izvajanja je sedaj zadovoljiva, saj se vrši prenos branja direktno iz že generirane tabele.

Za vsak izdelek se zabeleži nekaj čez dvesto meritev. V programu so te meritve vidne po stolpcih. Ob prikazu se najprej izpiše številka izdelka in za tem vse pripadajoče meritve. Hitrost izvajanja prikazov je predvsem odvisna od količine podatkov, ki jih želimo v nekem trenutku prikazati. Zato se je potrebno predvsem časovno opredeliti, ali gre tu za prikaz obdobja enega delovnega dne, ali celotnega tedenskega.

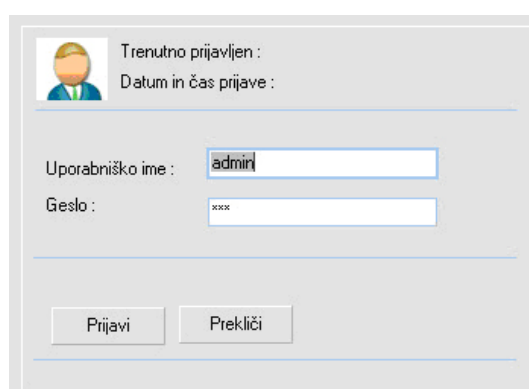
## 4.4.1 Primeri uporabe



Slika 4.7: Diagram primerov uporabe.

### 4.4.2 Prijava v sistem

V program se lahko prijavijo samo za to avtorizirane osebe (Slika 4.8). Uporabniška imena in gesla dodeljuje administrator. Sistem pozna dva tipa uporabnika in sicer navadnega uporabnika in administratorja. Navadni uporabnik lahko pregleduje vse podatke o serijah, zastojih in napakah. Lahko tudi spremlja status terminalov in stanje na vseh delovnih mestih, ne more pa urejati serij, določati novih uporabnikov sistema, ugašati in prižigati terminalov, itd. Administrator ima popoln nadzor nad sistemom.



Slika 4.8: Avtorizacija ob zagonu programa.

Ob prijavljanju se zabeleži tudi uporabnikov čas dostopa in kdo je zadnjič dostopal do podatkov. V primeru, da pride do kakršnihkoli napak pri uporabi aplikacije, lahko na ta način izvemo kdaj in kateri uporabnik je ob morebitni napaki v tistem času bil prijavljen v sistem.

### 4.4.3 Serije

Serije lahko ureja samo administrator. Le on lahko kreira nove serije, briše stare, ali pa spreminja parametre že obstoječih. Navaden uporabnik lahko samo pregleduje vpisane serije in njihove parametre. Poleg tega je na tem vmesniku vidno tudi koliko kosov je bilo na posameznem delovnem nalogu lansirano, hkrati pa izdelano število slabih in dobrih kosov.

Najpomembnejši parametri za vsako serijo so:

- vrsta postavitve,
- idserije,
- ident izdelka,
- ime izdelka,
- datum kreiranja in
- število razpisanih kosov.

Field	Type	Null	Key	Extra
serident	int(10) unsigned	NO	PRI	Autoincrement ident serije
vrsta	int(10) signed	NO		Postavitev serij v seznam
linija	char(1)	NO		Ena od treh linji
iaeident	varchar(16)	NO		IAE ident
naziv	varchar(255)	YES		Naziv izdelka
sapDNalog	varchar(10)	NO		Delovni nalog
dkreiran	datetime	NO		Datum in čas kreiranja zapisa
dclansiran	datetime	YES		Datum in čas lansiranja kosa
status	char(1)	NO		Status serije ( [Z], [LNS], [0])
nastdela	double	NO		1=Base,2= Heavy tip izdelka
razpiskosi	int(10) unsigned	YES		Število razpisanih kosov
lanskosi	int(10) unsigned	YES		Število lansiranih kosov
dobrikosi	int(10) unsigned	YES		Število dobrih kosov
slabikosi	int(10) unsigned	YES		Število slabih kosov

Tabela 4.1: Tabela kamor se vpisujejo serije.

Serije ločimo z enoličnim identifikatorjem in ta je v našem primeru "serident". Ta v bazi z uporabo nastavitve polja (autoincrementa) dodeli vsaki novo dodani seriji edinstveno številko. Po tej številki lahko ločimo med serijami. Na ta način je realizirano tudi samo iskanje in poizvedovanje v sami kodi programa. Z uporabo polja "vrsta" si pomagamo takrat, ko dodajamo nove serije, oz. le te prerazporejamo. Naslednje polje, ki ga imamo v tabeli, je polje, ki označuje za katero linijo je serija razpisana. Lahko gre torej za eno

izmed treh linij in sicer so lahko označene s črkami A, B ali C. Polje "iaeident" je interna serijska številka, ki jo podjetje uporablja za identifikacijo produktov izdelanih pod to serijo. "Naziv" določa ime serije, ravno tako lahko rečemo, da pri polju "sapDNalog" označujemo ime naloga. Naslednji dve polji označujemo z datumom in sicer pri "dekreiran" pomeni, kdaj zapišemo v bazo datum in čas, ko je bila serija prvič vpisana v seznam oz. vrsto. Za "dclansiran" pa se vpiše datum, ko uporabnik lansira serijo. Polje "status" nam določa trenutno stanje serije in sicer lahko imamo naslednje statuse: [0], nam pove, da je serija v čakanju v čakalni vrsti; [LNS], nam pove, da je to ta serija, ki je v izva-  
janju<sup>1</sup>; [Z], pa pomeni, da je serija končana in je zaključena<sup>2</sup>. Polje "nastdela" določa izdelek. V našem primeru gre za dva izdelka z oznako "Base", drugi pa "Heavy". Eno zelo pomembnih polj je tudi vpis razpisanih kosov. Kot že samo ime pove, s tem številom določimo število izdelanih kosov za določeno serijo. Število lansiranih kosov pove, koliko je trenutno število kosov na liniji. Za določanje oz. vpisovanje dobrih in slabih kosov pa poskrbi drug program in sicer aplikacija za izmenjavo podatkov iz linije (Slika 4.6). Kot sem že omenil je ta program na vseh terminalih oz. postajah, kjer se beleži ali je prišlo pri kosu do možnega odstopanja pri meritvah - tak kos je potem označen kot slab.

---

<sup>1</sup>V proizvodnji se lahko izvaja trenutno samo ena serija glede na linijo

<sup>2</sup>Uporabnik ima tudi možnost pregledovanja zaključenih serij



Slika 4.9: Diagram poteka vnosa serij.

Ob dodajanju serij se nam bo nova serija postavila na zadnje mesto v vrsti razpisanih serij. Če jo želimo premakniti naprej, to lahko storimo v posebnem oknu za razvrščanje serij (Slika 4.10), ali pa v oknu za spreminjanje vrednosti razpisanim serijam.

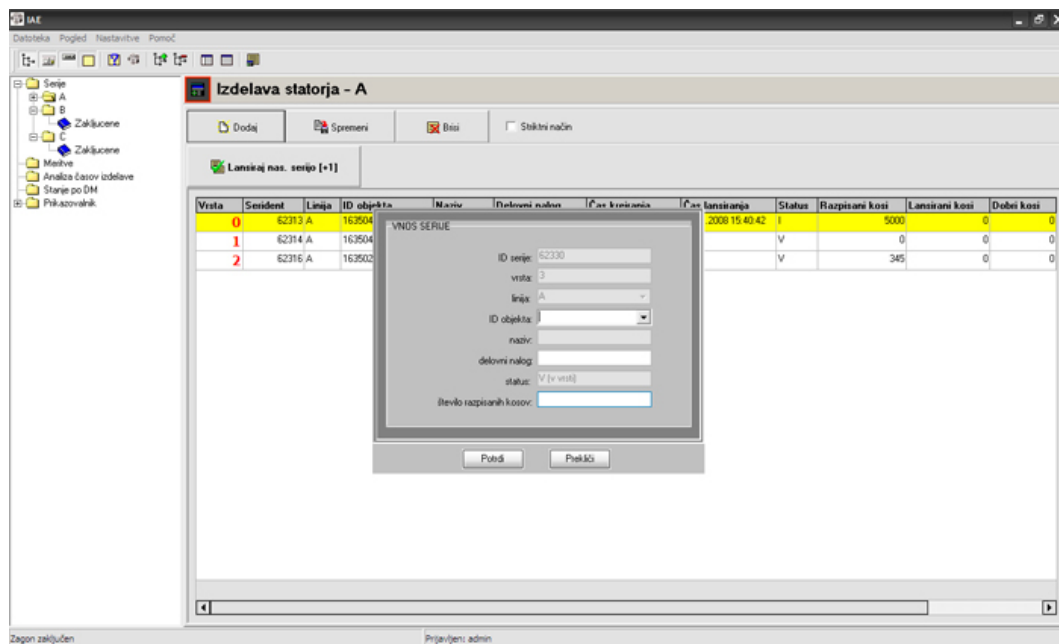
Vrsta	Serident	Linija	ID objekta	Naziv	Delovni nalog	Čas kreiranja	Čas lansiranja	Status	Razpisani kosi	Lansirani kosi	Dobeli kosi
0	62312 A	16350460	Stator A	1	17.11.2008 19:09:13	19.11.2008 15:40:42	I	5000	0	0	
1	62314 A	16350460	Stator A	1	19.11.2008 15:23:58		V	0	0	0	
2	62316 A	16350231	Stator B	1	19.11.2008 15:40:48		V	345	0	0	

Slika 4.10: Glavna maska za pregled serij.

Kasneje lahko spreminjamo naslednje parametre:

- mesto v vrsti serij,
- število kosov in
- status (samo prekinjenim serijam).

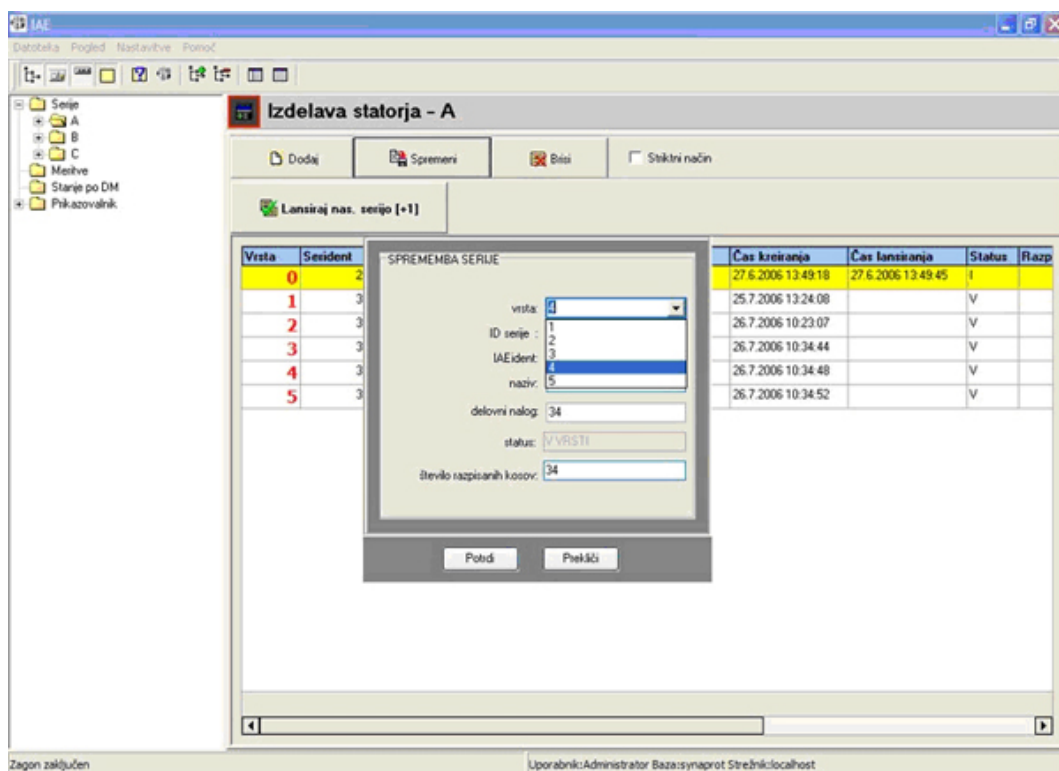
Serije praviloma razvrščamo s pomočjo okna za razvrščanje serij, ki je opisano v nadaljevanju. Ker pa znotraj omenjenega okna lahko spremljamo največ 20 serij, se nam lahko zgodi, da je serija, ki jo želimo razvrstiti na višjem mestu v vrsti. V takem primeru jo lahko s pomočjo izbirnega menuja premaknemo na višje mesto (Slika 4.11).



Slika 4.11: Vnosna maska za vnos serije.

S parametrom "vrsta" lahko določimo, kam bomo postavili serijo, ki ji želimo spremeniti vrstni red (Slika 4.12). Vrsta, katera je označena s številko "0" oz. obarvana z rumeno barvo, je v fazi izdelave. Te vrste ne moramo več spreminjati.

Ko je določena serija končana, lahko ob pritisku na gumb "Lansiraj nas. Serijo [+1]", sprožimo, da se začne izvajati naslednja serija v vrsti. Končana serija je vidna v posebnem oknu "zaključene".



Slika 4.12: Vnosna maska za razvrščanje serij.

#### 4.4.4 Pregledi kosov in materialov

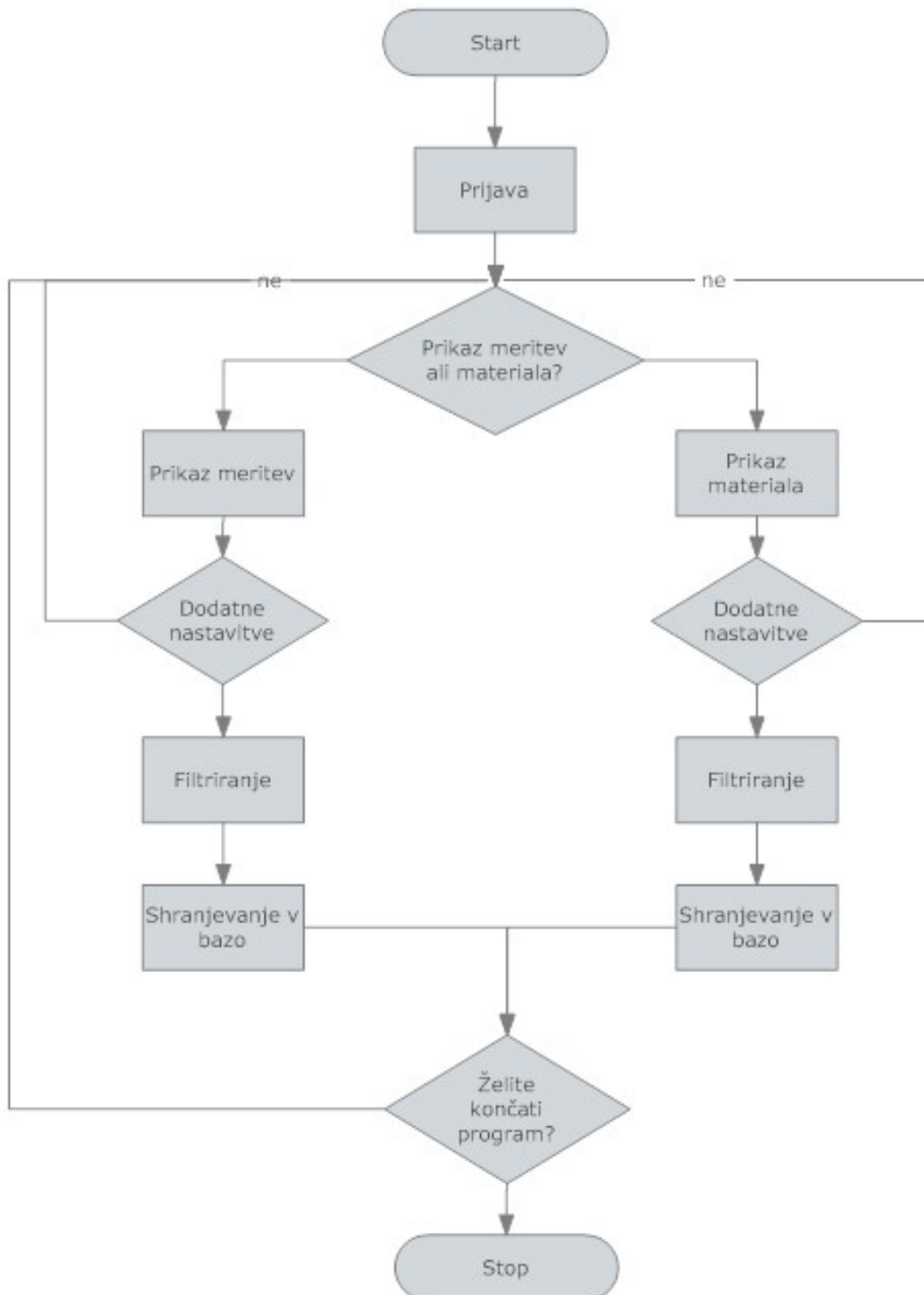
V tem oknu lahko pregledujemo meritve, ki so bile izmerjene po posameznih postajah. Ravno tako lahko tudi sledimo materialu ki smo ga uporabili za posamezen izdelek (kos).

V primeru, da želimo izpisek meritev, moramo najprej izbrati "Meritve", izbira katerih je vnaprej določena.

Nadalje imamo na voljo več možnosti pregleda:

- obdobje (od – do),
- serijska številka (od – do) in
- zaporedna št. kosa (od – do).

V kolikor ne izberemo nobenega od naštetih, lahko pregledujemo tudi samo posamezen kos. Možnosti izbire pregleda imamo tudi med vsemi kosi, samo dobrimi, ali samo slabimi kosi (Slika 4.14).



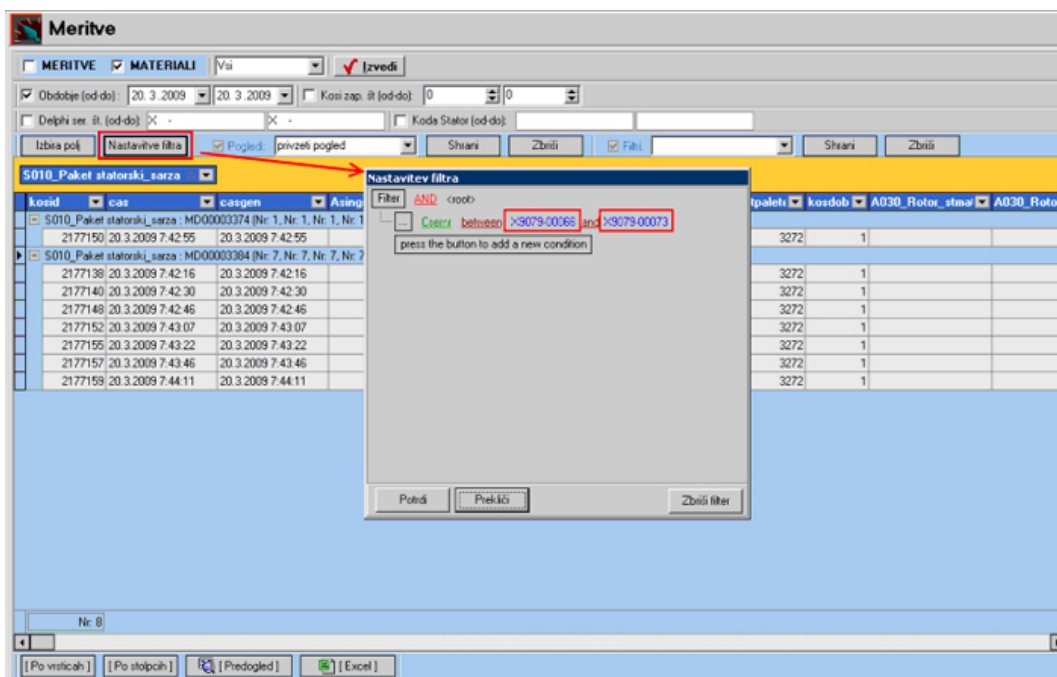
Slika 4.13: Diagram poteka prikaza meritev.

The screenshot shows the 'Meritve' application window. The main area contains a data table with the following columns: A110 upornost bc Mer, A110 upornost ca Mer, A110 induktivnost ab Mer, A110 induktivnost bc Mer, A110 induktivnost ca Mer, A110 S. harmonik Mer, and A110 Z. The table contains multiple rows of numerical data. The interface includes a menu bar (Datoteka, Pogled, Nastavitve, Pomoc), a toolbar with icons for file operations, and a sidebar with a tree view showing folders like 'Serije', 'Zaključene', and 'Analiza časov izdelave'. At the bottom, there are buttons for 'Po vsticah', 'Po stolpcih', 'Pregled', and 'Excel', along with a user login indicator 'Prijavljen: admin'.

Slika 4.14: Meritve.

Pregledovalno okno je precej fleksibilno. Za uporabnika mora biti kar se da prilagodljivo. Tako imamo možnost izbire katere meritve se nam bodo prikazovale. S pomočjo maske za izbiro polj lahko sami po želji definiramo katere meritve na določenih postajah se nam bodo prikazovale. Seveda je to rešeno na tak način, da ima vsak posamezen uporabnik svoje nastavitve.

Za lažje kasnejše upravljanje lahko trenutni prikaz stolpcev tudi shranimo s pritiskom na gumb "Shrani", pred tem pa moramo pogled še poimenovati. Ob naslednjem, ponovnem zagonu programa, se nam bodo shranjene vrednosti ohranile.



Slika 4.15: Meritve in možnosti filtriranja.

Za še bolj točno analizo je možno uporabiti naprednejši filter podatkov. S tem filtrom lahko s pomočjo več pravil točno izluščimo podatke, ki so za nas relevantni. Tako lahko npr. iščemo vse meritve odstopanj, številke materialov, itd. Uporabljamo lahko logične operatorje IN, ALI, večje, manjše ali enako in seveda njihove kombinacije. Vsak filter je lahko sestavljen iz več pravil in povezan z operatorjema IN ali ALI. Uporabnik si na ta način nastavi iskanje meritev po svojem ključu. Vsak uporabnik lahko svoje filtre shrani in jih bo imel ob naslednjem zagonu programa znova na voljo.

Sortiranje podatkov je možno tudi več-nivojsko, kar pomeni, da lahko zgradimo celotno drevo prikaza. Npr. želimo prikazati vse podatke izdelka na določen dan, po določeni serijski številki in statusu kosa (slab ali dober). To lahko preprosto naredimo z vlečenjem stolpcev na polje označeno z rumeno barvo. Na tak način si lahko ustvarimo določeno hierarhijo pogleda. Seveda je možno tudi celotno zadevo izvoziti v excelove datoteke za nadaljno obdelavo in po potrebi tudi natisniti na papir.

### 4.4.5 Analiza časov izdelave

Glede na datum in časovno izbiro lahko prikažemo potek zadnje časovne meritve pri posameznem kosu.

Kos	Delopis ser. št.	Linija	Ašing ser. nr.	A010 status	A030 status	A035 status	A050 status	A060 status
917179 X7185-02499	469070						07:03:34	07:08:08
917180 X7185-02500	469071						07:03:55	07:08:31
917181 X7185-02501	469072					07:03:08	07:04:17	07:08:54
917182 X7185-02502	469073					07:03:34	07:04:38	07:09:17
917183 X7185-02503	469074	07:01:15		07:01:25		07:03:56	07:05:00	07:09:40
917184 X7185-02504	469075	07:01:36		07:01:52		07:04:19	07:05:22	07:10:02
917185 X7185-02505	469076	07:01:56		07:03:14		07:04:42	07:05:45	07:10:25
917186 X7185-02506	469077	07:02:16		07:03:41		07:05:05	07:06:06	07:10:48
917187 X7185-02507	469078	07:02:38		07:04:05		07:05:24	07:06:29	07:11:11
917188 X7185-02508	469079	07:02:59		07:04:27		07:05:45	07:06:50	07:11:33
917189 X7185-02509	469080	07:03:30		07:04:50		07:06:07	07:07:11	07:11:56
917190 X7185-02510	469081	07:03:57		07:05:13		07:06:29	07:07:34	07:12:18
917191 X7185-02511	469082	07:04:21		07:05:42		07:06:50	07:07:56	07:12:41
917192 X7186-00001	469083	07:04:45		07:06:05		07:07:12	07:08:18	07:13:04
917193 X7186-00002	469084	07:05:11		07:06:27		07:07:34	07:08:39	07:13:27
917194 X7186-00003	469085	07:05:33		07:06:49		07:07:57	07:09:01	07:13:49
917195 X7186-00004	469086	07:05:56		07:07:10		07:08:20	07:09:23	07:14:12
917196 X7186-00005	469087	07:06:18		07:07:32		07:08:40	07:09:49	07:14:34
917197 X7186-00006	469088	07:06:41		07:07:55		07:09:01	07:10:11	07:14:58
917198 X7186-00007	469089	07:07:25		07:08:18		07:09:24	07:10:35	07:15:23
917199 X7186-00008	469090			07:08:44		07:09:49	07:11:04	07:15:45
917200 X7186-00009	469091	07:07:49		07:09:08		07:10:12	07:11:26	07:16:07

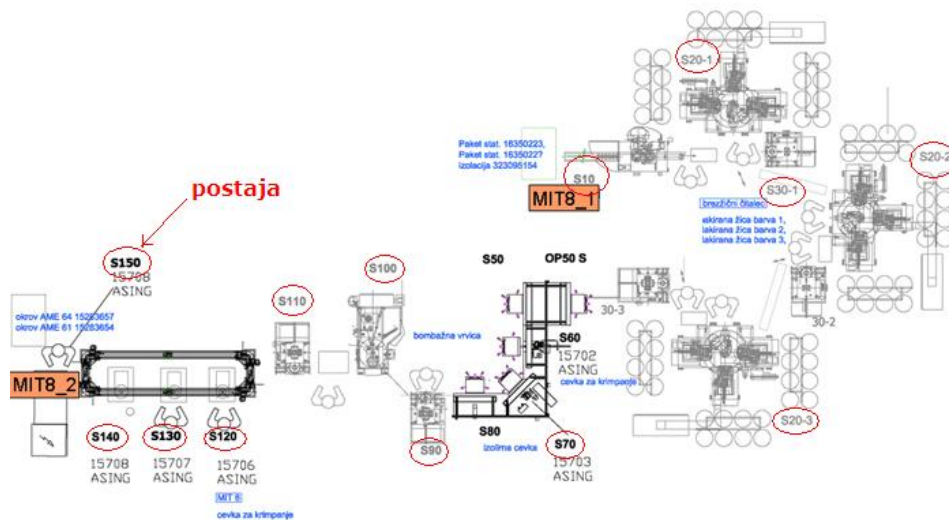
Slika 4.16: Analiza časov izdelave.

S pomočjo tega okna si lahko vodja izmene prikaže potek izdelovanja. Za vsak kos na liniji lahko vidi, kdaj je bil nazadnje prisoten na določenih postajah. Za prikaz je potrebno določiti datum in čas izdelovanja. Lahko tudi opredelimo časovni interval. Podatki izdelave se generirajo v realnem času. Za prikaz končnega časa je ta vzeta iz zadnje postaje na liniji (Slika 4.16).

#### 4.4.6 Stanje na linijah po postajah

Izvajanje tehnoloških operacij se izvaja linijsko (Slika 4.17), se pravi kos ima vstopno in izstopno točko, vmes pa ni mogočih preskokov med izdelovanjem. Izjema so samo kosi, ki v celoti ne presegajo mejnih vrednosti meritev. Ti se kasneje ustavijo na predzadnji postaji imenovani "reparatura". Na vsaki postaji se izvaja določena operacija, tako da bi lahko postajo opredelili tudi kot delovno mesto. Vse postaje so opremljene s senzorji, ki beležijo meritve obdelovalnega kosa. Posamezne postaje pa imajo tudi svoje terminale, kjer lahko delavci prijavijo material. Na vsakem od teh terminalov deluje tudi aplikacija za izmenjavo podatkov. Ta vse meritve vpisuje v MySQL podatkovno bazo.

Za lažje razumevanje je na spodnji sliki shematski prikaz postavitve postaj na liniji A.



Slika 4.17: Shema načrta postavitve postaj.

S pomočjo tega okna lahko razberemo trenutne statuse postaj (avtomatski, stop način in drugi). V primeru, da je prišlo do kakršnekoli okvare delovne postaje (senzorjev, prekinjene komunikacije, . . .), bo v tem oknu tudi opozorilo. V kolikor je prisotna napaka, je potreben poseg vzdrževalca. Možnosti oziroma načinov delovanja je več in so predvsem odvisne od tipa operacije. Npr. avtomatski način pomeni, da je linija brez napak in delo obratuje nemoteno. V kolikor se pojavi napaka, je to tudi vidno na sliki 4.18.

postaja	opis	incident	čas	zapot	način	napaka
1_A010		62284	26.5.2008 18:41:18	919173	Deluje avtomatsko	
2_A030		62284	26.5.2008 18:37:22	919169	Deluje avtomatsko	
3_A035		62284	26.5.2008 18:37:22	919169	Deluje avtomatsko	
4_A060		62284	26.5.2008 18:37:23	919162	Deluje avtomatsko	
5_A090						
6_A120-A130		62284	26.5.2008 18:37:29	919157	Deluje avtomatsko	
7_A150		62284	26.5.2008 18:37:29	919149	Deluje avtomatsko	
8_A155	reparatura					
9_A070		62284	26.5.2008 18:37:28	919162	Deluje avtomatsko	

Slika 4.18: Prikaz stanja po postajah.

#### 4.4.7 Prikazovalnik

Programska oprema omogoča:

- urejanje podatkov, ki se prikazujejo,
- pripravo in shranjevanje tekstov za različne priložnosti,
- avtomatska izmenjava več različnih ekranov s posamezno nastavitvijo trajanja posameznega ekrana in
- prikazovanje trenutnih podatkov iz linije (število kosov izdelanih v izmeni, doseganje dnevnega plana, koda izdelka, ki se izdeluje).

Uporabljeni so led prikazovalniki podjetja Lea (Slika 4.19). Glede na to, da se uporablja odprto-kodni protokol in je v priloženi specifikaciji dovolj



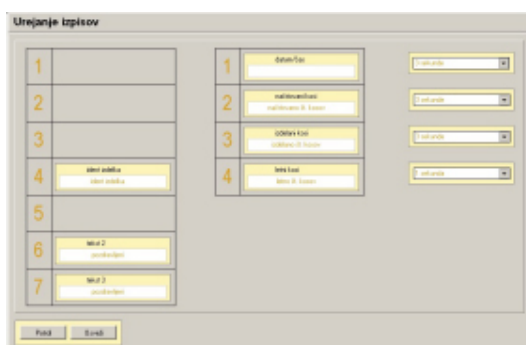
Slika 4.19: Primer izpisa na prikazovalniku.

podatkov za razumevanje delovanja, sem na osnovi tega napisal program, ki omogoča določanje napisov neposredno iz uporabniškega vmesnika, ki se bodo prikazovali na led prikazovalniku. Komunikacija je možna preko navadne serijske komunikacije (COM), ethernet ali USB. Komunikacija je sprogramirana s pomočjo razvojnega orodja Delphi in uporabo komponente Indy 9.

Branje tekstov se izvaja iz podatkovne tabele (Slika 4.20).

teksti	
◆ idteksta:	TINYINT
◆ aliprikazan:	CHAR(1)
◆ pozicija:	TINYINT
◆ trajanje:	TINYINT
◆ vrednost:	VARCHAR(30)
◆ imeteksta:	VARCHAR(20)

Slika 4.20: MySQL tabela za prikaz tekstov.



Slika 4.21: Prikaz nastavitvev za prikazovalnik.

Tudi naslednje okno lahko uporabljamo samo, če imamo administratorske pravice. Z njim nadziramo besedilo izpisov na prikazovalniku linije. Pred vsakim od sedmih parametrov na prikazovalniku se lahko izpisuje poljubno

besedilo, ki ga tukaj nastavljam. Če npr. želimo izpisovati besedilo “pozdravljen Bosch”, to vnesemo v polje ob tekstu in kliknemo na gumb “Potrdi”. Na prejšnjem oknu ta izpis dodamo med ostale prikazovne in zeleni niz se že izpisuje na prikazovalniku.

#### 4.4.8 Problemi in izboljšave

S pisanjem kode se kaj hitro pojavijo problemi. Problemi so najrazličnejši, največkrat pa se pojavijo šele na koncu, ko je zadeva tik pred rokom predaje in mora biti aplikacija do potankosti stestirana. Seveda vsi vemo, da temu ni tako in je vedno dovolj prostora tudi za napake.

V mojem primeru se je pojavil problem predvsem pri pregledovanju meritev in sicer je program porabil preveliko časa za prikaz meritve po obdobju. Programsko je bilo to izvedeno s pomočjo zelo kompliciranega SQL stavka. Tudi samo zlaganje podatkov v programu je porabilo preveč resursov in potreben je bil bolj resen poseg v samo izvedbo. Nikakor ni bilo tega mogoče rešiti s kakšno enostavno metodo, zato je na koncu prišlo do take odločitve, da je potrebno meritve vpisovati sprotno. Tako je del vloge pri prikazu meritev dobil tudi program za izmenjavo podatkov iz linije. Ta je ob vsakem končanem kosu na končni postaji tudi zabeležil vse meritve v eno od dogovorjenih tabel. Rešitev ni najbolj elegantna, vendar je bila v tistem trenutku najbolj smotrna glede na zastavljeni rok in kompleksnost problema. Aplikacijo sem spravimo v normalno delovanje, tako da so bile meritve po obdobju odzivne in dovolj hitro prikazane. Vsekakor je take napake težko zaznati. Potrebno je veliko testiranja tudi nad količino podatkov, ki v takih primerih ni zanemarljiva.

Izboljšave so vedno možne. Težko je usklajevati celotno strukturo, ko se sistem sproti nadgrajuje. Celoten sistem je kompleksen in stvari ni mogoče spremeniti tako hitro - vsaj v njegovi osnovi. Potreben je konsistenten pristop do vseh sklopov. Le na tak način je možno, da se sistem pohitri oz. izboljša, sicer bo prihajalo le do problemov na eni oz. drugi strani.

# Poglavje 5

## Zaključek

V proizvodnih podjetjih nastaja mnogo podatkov. To so različni parametri izdelovanja, podatki o realizaciji, zastojih in izmetu v proizvodnji. Ti podatki so pomembni za poslovne informacijske sisteme, saj predstavljajo povratno informacijo o dejanskem stanju in dogajanju v proizvodnji. Na podlagi teh podatkov se primerja skladnost izvajanja proizvodnje z zastavljenimi plani. S trajnim spremljanjem proizvodnje in analiziranjem podatkov je mogoče pridobiti boljše informacije o trajanju posameznih faz proizvodnega procesa in temu primerno prilagoditi tudi planiranje. Seveda pa je vse omenjeno izvedljivo ob predpostavki, da so zbrani podatki točni in zanesljivi.

Informacijske potrebe proizvodnega podjetja lahko zadovoljuje več medsebojno prepletenih informacijskih sistemov. Ti informacijski sistemi delujejo na različnih nivojih, od beleženja posameznih stanj strojev in naprav do sistemov za podporo odločanju in do strateških informacijskih sistemov. Učinkovito in dosledno zbiranje podatkov je pomembno, saj mnoge operacije in funkcije informacijskih sistemov višjih nivojev temeljijo prav na teh podatkih.

V diplomskem delu sem predstavil rešitev v okviru MES sistema. Potrebno je bilo realizirati uporabniški vmesnik za vodje izmen. Glede na specifikacije, so bile narejene določene funkcionalnosti, ki so bile uspešno implementirane na samem delovnem mestu v proizvodnji. Tako lahko vodje izmen sami razpolagajo z delovnimi nalogi, določajo razpored serij, pregledujejo obstoječe kose in meritve le teh. Kasneje so se funkcionalnosti še malenkost spremenile, ker je prišlo do zahtev o beleženju materiala in analizi časov izdelav. Funkcionalnosti so se dodale in lahko trdim, da na koncu uspešno, navkljub problemom, ki so se pojavili ob veliki količini podatkov.

# Literatura

- [1] *Turban Efraim, "Information technology for management", John Wiley & Sons, 2002*
- [2] *Kovačič Andrej, Vintar Mirko, "Načrtovanje in gradnja informacijskih sistemov" - Ljubljana: DZS, 1994*
- [3] *Ljubič Tone, "Planiranje in vodenje proizvodnje" - Ljubljana : Založba Moderna organizacija, 2000*
- [4] *Mihelčič Miran, "Poslovne funkcije" - 3. popravljena in dopolnjena izd. - Ljubljana : Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2002*
- [5] *Jurgen Kletti, "Manufacture Execution System - MES" - Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 2007*
- [6] *MESA International – Whitepaper Number 6, "MES Explained: A High Level Vision", September 1997*
- [7] *Sokolič Saša, "Sodobni pristop k zajemanju in analizi podatkov za potrebe proizvodne informatike." - Ljubljana, 2002*
- [8] *Interna specifikacija zahtev programske opreme, Kolektor Sinabit, d.o.o.*