

Pomen integriranih IS pri načrtovanju, vodenju in nadzoru proizvodnje

Simon Oman¹, Anton Čizman²

¹Polycom d.o.o., Poljane nad Škofjo Loko 76 d.o.o., Polycom d.o.o., Poljane nad Škofjo Loko 76, Slovenija, simon.oman@polycom.si

²Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru, Kidričeva 55a, 4000 Kranj, Slovenija, anton.cizman@fov.uni-mb.si

Pomembno vlogo pri obvladovanju naročniške proizvodnje predstavlja informacijska tehnologija, ki s svojo vlogo zagotavlja zanesljive in ažurne informacije. V danem trenutku omogočamo učinkovito odločanje in upravljanje procesov proizvodnega toka. Poleg pomembnih informacij, ki so potrebne za načrtovanje proizvodnje, v sistem vstopajo tudi funkcije upravljanja, kar vodi moderna podjetja v računalniško integrirane sisteme. V članku je predstavljen pomen in vloga integrirane računalniško podprte proizvodnje, ki podjetjem prinaša sprotno spremljanje proizvodnje, pravočasno in pravilno odločanje in s tem učinkovitejše upravljanje proizvodnega podjetja.

Ključne besede: informacija, integracija, načrtovanje, proizvodno okolje.

1 Uvod

Naloga načrtovanja in vodenja proizvodnje predstavlja (Polajnar et al., 2002) načrtovanje nalog in izvajanje ukrepov, ki privedejo do realizacije danih nalog. Informacije o načrtovanju predstavljajo izmenjavo podatkov med procesi znotraj podjetja na eni strani in izmenjavo informacij načrtovanja med podjetji na drugi strani. Pri tem lahko izmenjavo informacij opišemo kot medsebojno integracijo različnih aplikacij oziroma povezovanje tehničnih in organizacijskih funkcij podjetja (Gustavsson, 2007).

V članku z metodo analiziranja raziskujemo celotno informacijsko rešitev, ki zagotavlja integracijo med procesnim in poslovnim nivojem ter hkrati omogoča analize in poročanja za poslovne odločitve. Pomembno pri tem je, da se zajem realnih meritev (čas cikla, temperatura, tlak itd.), ki predstavljajo procesne informacije, pridobiva v realnem času. Za razliko od procesnih informacij, katere zajemamo iz različnih procesnih naprav in so običajno priključene na krmilniške sisteme, nam poslovne informacije omogočajo informacijski pristop k upravljanju virov (materialnih, finančnih in človeških). Pri tem so povezane v celovit poslovni informacijski sistem, kar zahteva popolno medsebojno integracijo. Iz opisanega lahko ugotovimo, da med procesnim in poslovnim tokom informacij nastaja določena komunikacijska vrzel, saj se časovni okvir realnih procesnih informacij spreminja vsako sekundo ali minuto, za razliko od poslovnih, kjer se časovna dimenzija strateškega načrtovanja spreminja vsak teden ali mesec.

V nadaljevanju predstavljena metoda dela zajema analizo načrtovane proizvodnje, v katero so vključene različne oblike

informacij. Pri tem vsebinski del članka zajema proučevanje strokovne in znanstvene literature, ki je predstavljena v drugem poglavju. Nato mu sledi tretje poglavje z analizo relevantnih dejstev, kjer se osredotočimo na koncept komuniciranja med različnimi oblikami informacij. V četrtem poglavju je predstavljen praktični primer uporabe integriranih informacijskih sistemov. Na koncu sledi oblikovanje sklepov in priporočila za nadaljnje delo.

2 Razvoj poslovnih in proizvodnih informacijskih sistemov

2.1 Razvoj informacijskih sistemov za načrtovanje in razvoj izdelkov

Naročniška proizvodnja je praviloma namenjena znanemu kupcu in kot taka za vsak izdelek zahteva posebej izdelano dokumentacijo. Pri tem je pomembno, da so posamezni gradniki izdelka samostojno dokumentirani ter hkrati neodvisni od mesta izdelave. Tukaj gre predvsem za tesno integracijo računalniško podprtih orodij za načrtovanje, s katerimi se ustvari veliko tehnične dokumentacije. V naročniški industriji ima informacijska tehnologija velik pomen pri vodenju izdelka skozi celotno dobo trajanja izdelka, in sicer od samega naročila do prevzema ter tesne povezave med razvojem izdelka in njegovo izdelavo (Duhovnik et al., 2002). Pri tem ne gre pozabiti, da je prednost naročniške proizvodnje predvsem v tem, da lahko najbolj popolno zadovolji zahteve naročnikov. Zato je

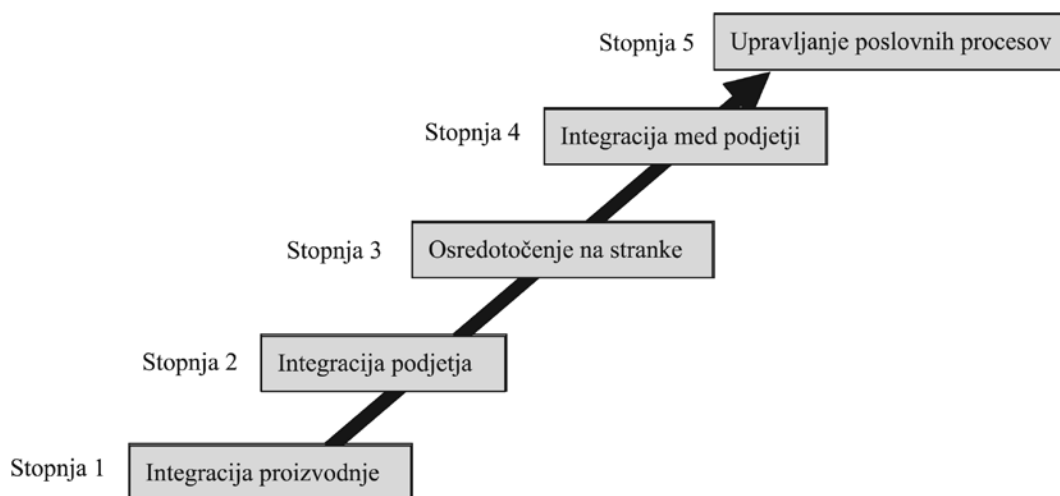
nujno potrebno zagotoviti informacijsko podporo, ki omogoča povezavo med načrtovanjem in vodenjem proizvodnje ter razvojem izdelka (Polajnar et al., 2002).

Napredek na področju razvojne, proizvodne in informacijske tehnologije je prispeval k združitvi (Kovačič et al., 2005) računalniško podprtega načrtovanja (angl. Computer Aided Design, CAD), računalniško podprtega programiranja (angl. Computer Aided Programming, CAP), načrtovanja in razvrščanja proizvodnje (angl. Production Planning and Scheduling, PPS), računalniško podprte proizvodnje (angl. Computer Aided Manufacturing, CAM) in računalniško podprte kakovosti (angl. Computer Aided Quality, CAQ) v en sistem, katerega imenujemo računalniško integrirana proizvodnja (Šuhel et al., 2003) in se ga v različnih literaturah navaja kot CIM (angl. Computer Integrated Manufacturing). Z razvojem informatike se nadzor nad tehničnimi podatki (CAD/CAM) preseli iz tehničnih oddelkov k informatikom. Pri tem pomembno vlogo igrajo tehnični informacijski sistemi (angl. Product Data Management, PDM), ki so zrasli v okviru CAD/CAM orodij za potrebe preglednosti nad številnimi datotekami. Rešitve so bile namenjene predvsem za tehnične oddelke, ki so uporabljali tehnične informacije. S postopnim razvojem se je PDM sistem razvil v tehnični informacijski sistem, ki omogoča na nivoju podjetja integracijo podatkov, procesov in programske opreme (Duhovnik et al., 2002). Prednosti tovrstne informatizacije so predvsem usmerjene v celovito procesno informatizacijo (Kovačič et al., 2007), ki temelji na integraciji podatkov in procesov celotne organizacije. Vse naštetu govori, da so bile izhodiščne zahteve pri PDM sistemih precej drugačne kot pri poslovnih informacijskih sistemih (angl. Enterprise Resource Planning, ERP). Moderni ERP sistemi so se razvili iz tako imenovanih sistemov za načrtovanje materialnih zahtev (angl. Material Requirement Planning, MRP). Kakor so se začele večati sposobnosti računalnikov, tako so se v sistem dodajali novi moduli. S tem postane sistem, znan pod imenom Sistem za načrtovanje proizvodnih virov (angl. Manufacturing Resources Planning, MRP II). Na ta način so ERP sistemi

postajali vse močnejši in danes skrbijo za načrtovanje vseh procesov v podjetju, kar vključuje finance, prodajo, distribucijo, človeške vire, vodenje vzdrževanja, načrtovanje materialov in še mnogo več. Sistemi ERP še vedno temeljijo na transakcijskem modelu za obdelavo podatkov, katere je potrebno vnašati ročno. To ne povzroča samo časovnih zaostankov pri vnosu, ampak so možne tudi človeške napake, ki lahko škodljivo vplivajo na obnašanje ERP sistema (Ljubič, 2000, 2006). Med proizvodnjo in razvojem izdelkov imamo podobnosti in tudi temeljne razlike, ki jih je potrebno prepoznati, če želimo razumeti vlogo PDM in ERP sistemov. Pri tem veliko poti kaže na to, da PDM sistem postaja podrejen sistemu za upravljanje življenjskega cikla izdelka (angl. Product Lifecycle Management, PLM) (Saaksvuori et al., 2004). Funkcionalnost PDM sistemov temelji na spremljanju in vodenju dokumentov o izdelku. PLM sistemi pa omogočajo spremljanje celotne dobe trajanja izdelka od samega nastanka do uničenja. Čeprav PLM sistem predstavlja novo obliko integracije, je bil njegov steber postavljen že s CIM sistemom (Schuh et al., 2008), katerega ideja je bila predstavljena v začetku 80-ih. Hitro je moč ugotoviti, da se področji PDM in ERP sistemov v marsičem prekrivata. Pri tem je nujno, da znamo izkoristiti prednosti vsakega od sistemov in ju povezati v učinkovito celoto. Grafično podprte metode toka dela (angl. workflow) so v PDM sistemih mnogo bolj razvite, medtem ko se celovito upravljanje s komponentami bolje izvaja v ERP sistemih. Dolgoročno gledano se bosta področji PDM in ERP sistemov zlili v enoten podatkovni sistem ali pa bosta zelo integrirani. V prehodnem obdobju je potrebno najti ustrezno povezavo med obema sistemoma (Duhovnik et al., 2002).

2.2 Razvoj informacijskih sistemov za podporo poslovnih procesov

Podjetja sprejemajo različne pristope integracij pri uvajanju informacijskih sistemov. Hkrati si tudi prizadevajo vpeljati



Slika 1: Stopnje razvoja ERP sistema (Vir: Sammon in Adam, 2005)

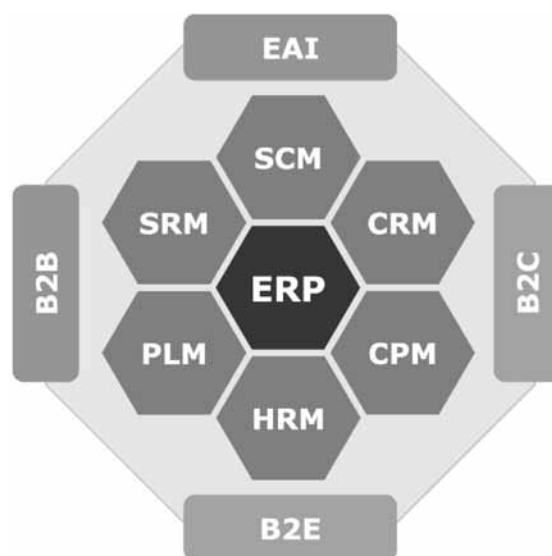
informacijsko tehnologijo skozi logistične procese, kajti od sredine do konca 90-tih so se podjetja predvsem osredotočila na integracijo poslovnih procesov. Razvoj ERP sistemov je šel skozi različne stopnje razvoja (Slika 1) in ponuja vse tesnejšo integracijo. Kot pravita avtorja Kalakota in Robinson (2001), sta skozi razvoj ERP sistema razpoznala peto stopnjo, imenovano ERP II oziroma podaljšani ERP. Hkrati nam nove razvojne rešitve ERP sistemov omogočajo razširjaje poslovnih procesov in s tem odpirajo novo ERP III arhitekturo (Kovačič et al., 2007).

Avtorja Kumar Garg in Venkitakrishnan (2004) navajata, da ima večina proizvodnih podjetij implementiran modul ERP sistema, vendar veliko od njih nima implementiranega proizvodnega modula za spremljanje in nadzor proizvodnje. Pogoj za spremljanje proizvodnje zahteva branje atributov (energija, temperatura, tlak, teža itd.) iz različnih naprav in instrumentov ter izmenjavo podatkov med krmilniki in sistemom za nadzor proizvodnih procesov (angl. Supervision, Control and Data Acquisition, SCADA). Sistem ERP II vsebuje šest elementov, ki zajemajo poslovno, aplikativno in tehnološko strategijo (Møller, 2005), in sicer:

- njegovo vlogo;
- njegovo poslovno domeno;
- sistemske arhitekture, ki lahko podpirajo te procese;
- zahtevane vrste procesov v okviru predvidenih nalog;
- predvidene naloge znotraj teh domen;
- način nadzora nad podatki znotraj teh arhitektur.

Na podlagi strategij lahko ugotovimo, da izjemoma sistemskih arhitektur ERP II ne predstavlja nič drugega kot tradicionalni ERP. V glavnem lahko zaključimo, da ERP II predstavlja modularno zasnovo, v katero je vključeno e-poslovanje in sodelovanje znotraj oskrbovalne verige. Pravzaprav so danes skoraj vsa podjetja sprejela koncept ERP II sistema – nekatera v celoti, spet druga le delno. Poslovna inteligenca (angl. Business Intelligence, BI) pri tem predstavlja enega od primerov ERP II, ki omogoča poljubne poslovne analize zbranih podatkov v informacijskem sistemu in enostavno oblikovanje ter posredovanje poročil. Poslovna inteligenca je orodje za sprotno analitično procesiranje (angl. On-Line Analytical Processing, OLAP) in omogoča analitičen pogled v podatke, hitro iskanje informacij, njihovo medsebojno primerjavo ter pripravo različnih tabel, ki so lahko osnova za razna poročila. Podatki so predstavljeni v obliki, ki omogočajo hiter in prilagodljiv način analize. Drugi primer predstavlja standard za razširljiv označevalni jezik (angl. Extended Mark-up Language, XML), ki s svojo strategijo temelji na elektronskem poslovanju. Posledico vseh hitro rastočih tehnologij predstavljajo vzorci generičnih aplikativnih arhitektur (Møller, 2005). Temeljni okvir ERP II, ki je prikazan na Sliki 2, zajema štiri nivoje (Møller, 2005):

- osnovne komponente;
- centralne komponente;
- poslovne komponente;
- sodelovalne komponente.



Slika 2: Temeljni okvir ERP II sistema (Vir: Møller, 2005)

Osnovne komponente predstavljajo temeljni nivo sistema ERP II in vsebujejo njegovo osnovno arhitekturo. Ena od osnovnih komponent je integrirana baza podatkov, ki ni potrebno, da je enotna, ampak naj bo porazdeljena (Møller, 2005). Ko je baza porazdeljena, prihaja do porazdeljenih sistemov, ki omogočajo modularnost in predstavljajo računalniško integrirano podjetje. Druga komponenta temeljnega nivoja je aplikativno ogrođje.

Centralne komponente, ki izražajo poslovne dogodke o preteklosti in predstavljajo transakcijski sistem, zajemajo procesni nivo. Sistem ERP II, ki je odprt in modularen ter hkrati primeren za porazdeljene spletne storitve, temelji na spletnih arhitekturah. Tradicionalni ERP je pravzaprav centralna komponenta ERP II ogrođja, kajti običajni moduli ERP-ja, kot so finance, prodaja, nabava, logistika, proizvodnja in kadri, še vedno predstavljajo hrbtenico ERP sistema, vključno z dodatnimi moduli za kakovost, vodenje projektov in vzdrževanje (Møller, 2005). Sistem ERP II temelji na (Møller, 2005) upravljanju poslovnih procesov (angl. Business Process Management, BMP) in predstavlja tehnologijo, s katero modeliramo, avtomatiziramo, upravljamo in optimiziramo poslovne procese.

Poslovne komponente, ki povečajo funkcionalnost centralnega ERP sistema z namenom zagotavljanja podpore pri odločanju, temeljijo na analitičnem nivoju. Za poslovne komponente, ki so predstavljene v nadaljevanju, ni nujno, da so direktno usklajene z integrirano bazo (Møller, 2005):

- Management oskrbovalne verige (angl. Supply Chain Management, SCM) je sestavljen iz treh temeljnih procesov, in sicer načrtovanja, izvajanja ter kontroliranja oskrbovalne verige; pri tem mora biti dvosmerna informacijska komunikacija med načrtovanjem in izvajanjem (Kovačič et al., 2005).
- Management odnosov s strankami (angl. Customer Relationship Management, CRM) je sestavljen iz dveh sistemov, in sicer transakcijskega, ki skrbi za učinkovito komuniciranje in zajem podatkov o stikih, strankah in transakcijah, ter obdelave omenjenih podatkov, ki zaklju-

čujejo komunikacijski krog med stranko in prodajalcem (Kovačič et al., 2005).

- Management odnosov z dobavitelji (angl. Supplier Relationship Management, SRM) predstavlja analogno poslovno strategijo, kot je CRM, vendar omogoča gradnjo odnosov med organizacijo in dobavitelji, ki temelji na zaupanju obojestranskih odnosov.
- Management celotne dobe trajanja proizvodov (angl. Product Lifecycle Management, PLM) vključno s PDM sistemom predstavlja koncept upravljanja z dobo trajanja izdelka, ki temelji na uporabi elektronskega poslovanja. V okviru oskrbovalne verige omogoča sodelovanje pri kreiranju in uporabi informacij o proizvodih in procesih. Tak pristop spodbuja sodelovanje med strankami, dobavitelji in razvojnimi partnerji z namenom pridobivanja konkurenčne prednosti, ki izhaja iz centraliziranih informacij o proizvodih, njihovih sestavnih delih in procesih, ki so nujno potrebni za učinkovito delovanje oskrbovalne verige (Kovačič et al., 2005).
- Management življenjskega cikla zaposlenih (angl. Employee Lifecycle Management, ELM) predstavlja upravljanje z zaposlenimi od same zaposlitve do upokojitve in predstavlja strategijo upravljanja z zaposlenimi. Tipične naloge upravljanja z zaposlenimi predstavljajo:
 - načrtovanje kadrov;
 - selekcija in uvajanje novih zaposlenih;
 - razmeščanje in premeščanje kadrov v delovnem procesu;
 - vrednotenje zaposlenih v skladu z njihovo delovno uspešnostjo;
 - usposabljanje in izobraževanje zaposlenih;
 - razvoj sistema nagrajevanja in motiviranja;
 - razvoj kadrov, načrtovanje karier, sistemi nasledstva;
 - sistematizacija delovnih mest;
 - razvoj sistema internega komuniciranja;
 - merjenje in (pre)oblikovanje organizacijske kulture v podjetju;
 - urejanje sistema delovnih razmerij v podjetju.

Management uspešnosti in učinkovitosti (angl. Corporate Performance Management, CPM) je krovni termin, ki opisuje vse procese, metodologije, matrice in sisteme, potrebne za merjenje in upravljanje poslovanja (Møller, 2005).

Sodelovalne komponente predstavljajo portal ERP II, namenjen elektronskemu poslovanju (Møller, 2005). Elektronsko poslovanje omogoča podjetjem, da bolj učinkovito in fleksibilno povežejo svoje notranje in zunanje procese. Vpeljava elektronskega poslovanja v podjetje ne pomeni zgolj nakupa informacijske in komunikacijske tehnologije, ampak vrsto novih sprememb v poslovanju. Elektronsko poslovanje vpliva na razvoj novih poslovnih modelov, prenavo poslovnih procesov itd. Pravzaprav se oblikujejo sistemi za management oskrbovalne verige in management odnosov s strankami (Kovačič et al., 2005).

Spremembe v načinu poslovanja kot odraz vpeljave elektronskega poslovanja so povzročile tudi nove poslovne modele. Model elektronskega poslovanja je način poslovanja, s katerimi organizacija dosega dodano vrednost na podlagi interneta. Modele elektronskega poslovanja lahko razdelimo na več načinov. V strokovni literaturi zasledimo delitve glede

na način, cilje in namen elektronskega poslovanja (Kovačič et al., 2004). Povezovanje z dobavitelji in partnerji postaja tesnejše, kar predstavlja komunikacijo in integracijo med ERP II sistemom ter zunanjimi akterji (Møller, 2005), kot so:

- elektronsko poslovanje podjetja s potrošnikom (angl. Business-to-Consumer, B2C);
- elektronsko poslovanje med podjetji (angl. Business-to-Business, B2B);
- elektronsko poslovanje med podjetjem in zaposlenim (angl. Business-to-Employee, B2E);
- integracija aplikacij (angl. Enterprise Application Integration, EAI).

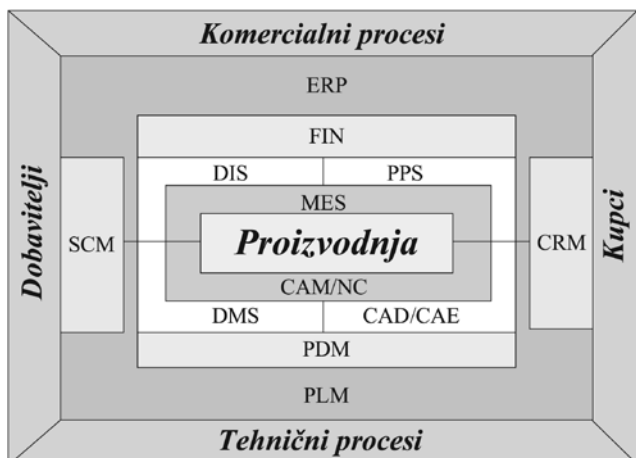
2.3 Razvoj informacijskih sistemov za podporo proizvodnih procesov

V porazdeljenem proizvodnem okolju predstavlja sistem za nadzor proizvodnje (angl. Manufacturing Executing System, MES) zagotavljanje informacij in spremljanje povezovalnih odločitev med sistemom za načrtovanje in procesno opremo ter napravami (Barry et al., 1998; Hori et al., 1999; Zhou et al., 2004). Za porazdeljene sisteme je značilna prostorska porazdeljenost, ki v osnovi predstavlja povezovanje med seboj povezanih procesorjev, ki skupaj opravljajo posamezne naloge v realnem času. Masovna proizvodnja predvideva materialni tok in izdelke, kjer industrijski inženirji dodajo delovni operaciji časovno dimenzijo (Frontini et al., 2003) in povežejo stroške s časom izdelave. S pomočjo informacijske tehnologije in omrežij lahko vse te elemente spremljamo v realnem času. Sistemom, ki omogočajo nadzor in vodenje procesne opreme v realnem času, pravimo SCADA. Sistemi SCADA (Patel et al., 2008) lahko analizirajo in zajemajo podatke iz različnih procesnih naprav in robotov, jih ustrezno obdelajo (Čižman, 2002) ter izvajajo različne odločitve na podlagi zbranih podatkov. Pri tem vsaka krmilna enota oziroma procesor, ki je hkrati povezan s drugimi procesorji preko komunikacijskega vmesnika, obdeluje podatke (Šuhel et al., 2003). Vir informacij za porazdeljene sisteme predstavlja skupna podatkovna baza, ki ima vlogo elektronsko integriranega medija. Podatkovna baza shranjuje vse podrobnosti, povezane s samimi procesi delovanja in predstavlja za podjetje temelj celotnega poslovanja. Poleg tega so v bazi popisani vsi procesi, povezani z aktivnosti uporabnikov, kar na eni strani predstavlja potrebo po samem delovanju sistema, po drugi strani ti podatki služijo za nadzor, kontrolo, razna poročila in analize.

2.4 Pregled konceptov za zagotovitev celovite informacijske podpore

Podjetja so v industrijski proizvodnji obdana s številnimi programskimi rešitvami, ki so kvalificirane glede na njihovo funkcionalnost (Kletti, 2007). Pri tem zunanje izvajanje procesov predstavljajo dobavitelji in kupci, ki so na nek način odvisni od notranjih procesov in zajemajo področja glede na njihove naloge. V grobem lahko notranje procese razdelimo na tehnične in komercialne (Kletti, 2007) oziroma na organizacij-

sko-planske in tehnične (Čižman, 2002; Šuhel et al., 2003), za katere je pomembno medsebojno sodelovanje (Slika 3).



Slika 3: Sodelovanje aplikativnih področij v podjetju (Vir: Kletti, 2005, str. 67)

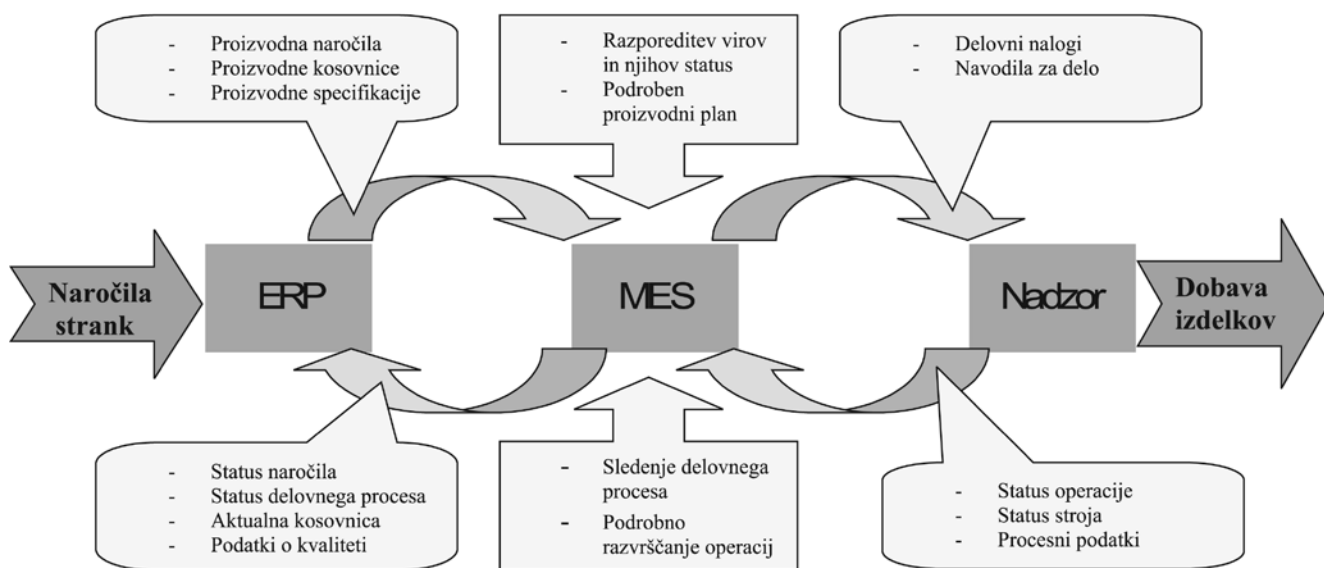
Legenda kratic:

- CAD računalniško podprto načrtovanje (angl. Computer Aided Design)
 CAE računalniško podprto inženirstvo (angl. Computer Assisted Engineering)
 CAM računalniško podprta proizvodnja (angl. Computer Aided Manufacturing)
 DIS distribucija (angl. DIStribution)
 DMS sistemi za upravljanje z dokumenti (angl. Document Management System)
 ERP poslovni informacijski sistem (angl. Enterprise Resource Planning)
 FIN finance (angl. FINance)
 MES sistem za nadzor proizvodnje (angl. Manufacturing Execution System)

- NC numerično krmiljenje (angl. Numerical Control)
 PDM tehnični informacijski sistem (Product Data Management)
 PLM upravljanje življenjskega cikla izdelka (angl. Product Lifecycle Management)
 PPS načrtovanje in razvrščanje proizvodnje (angl. Production Planning and Scheduling)

V literaturi lahko zasledimo, da se medsebojno sodelovanje med posameznimi oddelki prikazuje kot integracija. Besedo integracija največkrat zasledimo v literaturi poslovnih sistemov (Gulledge, 2006) in jo posamezniki različno razlagajo. V splošnem velja konsenz, ki pravi, da integracija predstavlja skupno delovanje med seboj različnih aplikacij (Gulledge, 2006). Glede na publikacijo podjetja Oracle Corporation (2002) je bil podan jasan apel, da integracijo predstavljata dva termina, in sicer »Big I« ter »Little I«. Integracija »Big I« pomeni, da so vsi relevantni podatki poslovnih procesov na enem mestu oziroma se procesirajo v isti programski aplikaciji. S tem aplikacijski moduli odražajo posodabljanje informacij brez kompleksnih vmesnikov. Na ta način se informacija shrani samo enkrat in je sprotno dostopna (Gulledge, 2006) vsem poslovnim procesom, kar pravzaprav predstavlja modularnost ERP sistema. Glede na to, da iz različni razlogov veliko podjetij ne želi vključevati vseh svojih podatkov v enoten poslovni informacijski sistem, dobimo drugo možno integracijo – tako imenovano »Little I«. Integracija »Little I« pravzaprav predstavlja bolj relevantno obliko povezovanja, ki jo lahko poimenujemo sistemska integracija (Gulledge, 2006), pri čemer se bistveno osredotoči na implementacijo poslovnih procesov. Prepoznanih je bilo več oblik integracij, katere je v svoji raziskavi bolj podrobno opisal Thomas Gulledge:

- integracija med dvema točkama;
- integracija med dvema bazama;
- integracija podatkovnega skladišča;
- integracija med podjetji;
- integracija aplikacij.



Slika 4: Tok informacij pri integriranem MES sistemu (Vir: Zhou Bing-hai et al., 2004)

3 Referenčni modeli in standardi za integracijo ERP in MES sistemov

Funkcijo povezovanja med poslovnimi in proizvodnimi procesi predstavljajo aplikacijski vmesniki. Poslovni informacijski sistem (ERP) zagotavlja celovite informacije o upravljanju financ, prodaje, nabave, upravljanje skladišča in materialnih tokov, upravljanje proizvodnje, upravljanje kadrov ter podpira e-poslovanje. Moderni poslovni informacijski sistem (ERP) je usmerjen predvsem na globalno načrtovanje, poslovne procese in izvajanje procesov skozi celotno oskrbovalno verigo (Barry et al., 1998; Hori et al., 1999; Zhou et al., 2004). Hkrati isti avtorji navajajo dve funkcijski področji, ki morata v proizvodnem okolju zagotavljati medsebojno integracijo.

Glede na vsebino informacij se v realnem proizvodnem okolju združujejo poslovne in procesne informacije, katere morajo biti med seboj povezane preko sistema, ki ni samo sproten (angl. on-line) informacijski sistem, ampak mora zagotavljati povratno zvezo (angl. feedback) in omogočati nadzor (angl. control) nad proizvodnjo. Sistem, ki se osredotoči na zbiranje informacij o načrtovanju proizvodnih virov, zagotavljanje kakovosti in zaposlenih, imenujemo sistem za nadzor proizvodnje (angl. Manufacturing Execution System, MES). V slovenskem prostoru je bolj znan pod imenom proizvodni informacijski sistem. Kvalitetno integriran MES sistem prinaša konkurenčno prednost v proizvodnem okolju in omogoča taktične odločitve v realnem času. V publikacijah so avtorji mnenja, da integriran MES sistem (Slika 4) zajema več funkcij in nalog (Barry et al., 1998; Hori et al., 1999; Zhou et al., 2004):

- razporeditev virov in njihov status;
- fino razvrščanje operacij;
- razporeditev artiklov;
- vzdrževalne aktivnosti;
- upravljanje procesa;
- sledenje izdelkom ter njihove družine.

3.1 Zahteve ERP in MES okolja

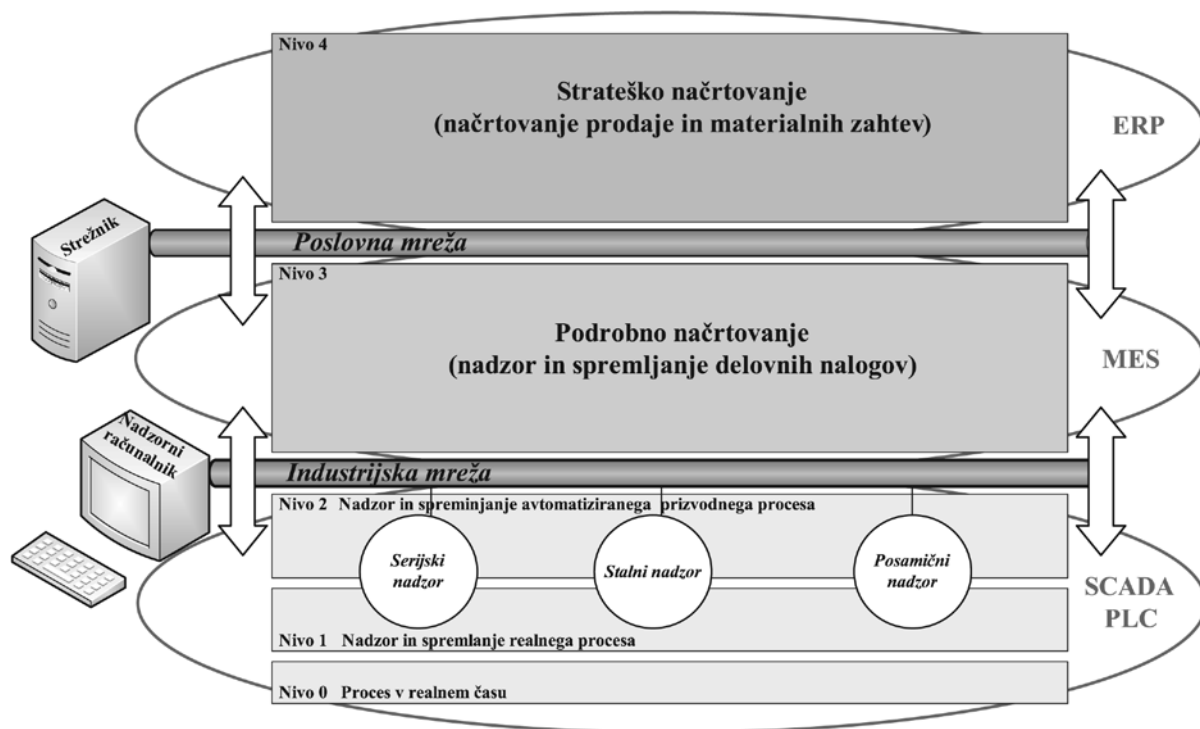
V ERP okolju, kot je SAP, so že v začetku leta 1990 spoznali, da naj se na tržišče plasira preprost sistem, ki bo omogočal povratne informacije in naj ne bo nič drugega kot zbiratelj podatkov (Kletti, 2007). Sistem so poimenovali zbiratelj proizvodnih podatkov (angl. Production Data Acquisition, PDA), kasneje celo MES sistem. Najpogosteje so ti sistemi vsebovali oziroma vsebujejo bolj ali manj kompleksne povratne enote, katere so kombinirane z aplikativnim vmesnikom. Posledica tega je podrejen sistem, ki je zasnovan z namenom, da se čim bolj približa proizvodnemu okolju in s tem izboljša kvaliteto in verodostojnost procesa.

Da se čim bolj približamo proizvodnemu procesu, je potrebno izpeljati pregled dejanskega stanja na podlagi informacij iz ERP sistema (datum dobave, končna količina, planiran cikel, čas izdelave, čas nastavitve itd.) in rezultat poročati nazaj v ERP. Ti rezultati sprožijo aktivnosti, s katerimi se postavimo v položaj, da odgovorimo na verodostojnost informacij. Tehnično to predstavlja informacijska tehnologija, ki zagotavlja pretok informacij iz ERP v MES sistem in obratno.

Hkrati je pomembno, da sta ERP sistem in MES sistem med seboj ločena na tak način, da ne prihaja do redundance rezultatov. Sistem MES mora biti dovolj fleksibilen, da omogoča prilagodljivost različno vodenih organizacij in hkrati podpira različne oblike proizvodenj. Še zmeraj pa mora biti dovolj enoten, s čimer zagotavlja integracijo centralnega ERP sistema. Pomembno je torej, da zagotovimo organiziranost proizvodnje oziroma oddelkov na način, kjer lahko na eni lokaciji spremljamo proizvodnjo v realnem času, medtem ko na drugi te funkcionalnosti ne potrebujemo oziroma je na voljo samo funkcionalnost ERP sistema (Kletti, 2007).

3.2 Integracija ERP in MES sistema

V osnovi integracija med ERP in MES sistemom predstavlja izmenjavo informacij med dvema aplikacijama. Npr. pri SAP-ju gre za izmenjavo podatkov med načrtovanjem proizvodnje (angl. Production Planning, PP) in MES sistemom. Kot pravi avtor (Kletti, 2007), npr. aplikacija SAP zagotavlja individualen modul oziroma ERP vmesnik, ki temelji na NetWeaver tehnologiji, pri čemer MES sistem preko ERP vmesnika pošilja pridobljene podatke navzgor v ERP sistem in hkrati sprejema vse potrebne informacije za delovanje MES sistema. Isti avtor dodaja, da so aplikacije v ERP sistemu (npr. mySAP in MES sistemom Hydra) povezane preko aplikacijskih vmesnikov. S temi vmesniki si izmenjujemo informacije med dvema sistemoma, kar praktično predstavlja povezavo med dvema procesoma (procesnim in poslovnim), ki v popolni neodvisnosti delujeta drug od drugega. Pri tem krovna organizacija MESA (angl. Manufacturing Execution System Association, <http://www.mesa.org>) usklajuje seznam smiselnih MES rešitev v enoten funkcijski sistem C-MES (collaborative MES). MES tukaj ne služi samo kot posrednik med procesnim in poslovnim nivojem, ampak tudi kot integrirano vozlišče (Kletti, 2007) znotraj podjetja. Glede na to, da so podjetja v zadnjih letih veliko investirala v ERP sisteme ter procesno tehnologijo, sedaj želijo žeti sadove njihovih investicij. Pri tem nastaja integracijska vrzel med poslovnimi in procesnimi informacijami, saj za podjetja postaja področje informatizacije poslovnih procesov vse bolj pomembno. Organizacija ISA (angl. Instrumentation Systems Automation Society) se je v letu 1990 odločila razviti standard, ki bo pokrival most med (Scholten, 2007) poslovnimi in procesnimi funkcijami. V ta namen je bil razvit standard ISA S95, ki ne predstavlja avtomatiziranega sistema med ERP in MES sistemom, ampak zajema metode, način dela, razmišljanje in komunikacijo. Razvit je bil z namenom, da se znižajo stroški, tveganja in napake pri razvoju in implementaciji vmesnika med ERP in MES sistemom. Kot prikazuje Slika 5, standard ISA S95 zajema večnivojsko strukturo, ki se prične pri nivoju 0 in dviga do nivoja 4. Pri tem funkcijsko-hierarhični model predstavlja (Scholten, 2007) dve domeni, in sicer poslovna domena, ki se prične na Nivoju 4, in proizvodna domena, ki se prične na Nivoju 3 in se spušča do Nivoja 0, ki hkrati predstavlja fizični proces v realnem času.



Slika 5: Večnivojski funkcijski model povzet po ISA S95

3.3 MES kot povezovalni sistem

Raziskava (Škrinjar et al., 2008) je pokazala, da v Sloveniji in Hrvaški predstavlja informacijska tehnologija najmanj razvito dimenzijo pri procesni organiziranosti podjetja. Problematika, ki se pri tem pojavlja, predstavlja povezovanje med seboj različnih podatkovnih baz, ki niso med seboj integrirane. Procesno usmerjena organizacija prinaša procesni pristop razmišljanja in se usmerja k širšemu organiziranju informacij, procesov in ljudi, ki temeljijo na medsebojnem povezovanju. Pri tem informatizacija poslovnih procesov zahteva ustreznost podatkovnih virov, za katere je minimalna zahteva enotna podatkovna baza, do katere lahko dostopajo različne aplikacije (Škrinjar et al., 2008). Po drugi strani nenehne spremembe na trgu od proizvajalcev zahtevajo nizke cene in visoko stopnjo prilagodljivosti, pri čemer pomembno vlogo opravljata računalniška in informacijska tehnologija, ki nenehno ponujata nove možnosti. Zato se podjetja vse pogosteje odločajo za celovit MES sistem, ki omogoča spremljanje in izvajanje proizvodnje v realnem času. V zadnjem času prihajamo do spoznanja, da za učinkovito in ažurno spremljanje proizvodnje ne zadošča zgolj hierarhično obveščanje zaposlenih, temveč tudi zagotavljanje taktičnih odločitev v realnem času, s katerimi zapolnimo vrzel med poslovnim in procesnim nivojem. Na ta način podjetja s MES sistemom zagotavljajo:

- izvajanje delovnih nalogov;
- razvrščanje delovnih operacij;
- fino načrtovanje;
- obvladovanje strojev;
- zajemanje procesnih podatkov;
- kazalnike učinkovitosti itd.

Namen integracije predstavlja izboljšanje proizvodnih procesov in zagotovitev večje preglednosti nad samim delovanjem strojev, kar posledično predstavlja povečano kakovost proizvodnih linij. Informatika in avtomatizacija v proizvodnem procesu povezujeta strojno in programsko opremo, krmljenje obdelovalnih strojev, robotizacijo, testiranja, nadzorovanje in kontrolo kvalitete, ki v končni fazi omogoča podjetjem integracijo računalniško avtomatiziranih enot. Samo celovit MES sistem nudi modularnost sistema in kot tak zagotavlja podporo za spremljanje in upravljanje kosovne in posamične proizvodnje (Šuhel, 2003). Pri tem ne gre pozabiti na programski vmesnik, ki omogoča tesno sodelovanje med proizvodnim okoljem ter poslovnim informacijskim sistemom. Ključ do uspeha predstavlja računalniško integrirana proizvodnja, ki je usmerjena po zelo strogi in dobro strukturirani filozofiji. Medsebojne funkcije znotraj informacijsko integriranega modela so medsebojno povezane informacije, ki predstavljajo porazdeljene sisteme. Do uporabe porazdeljenih sistemov (Šuhel, 2003) prihaja zaradi vse večje količine podatkov v podjetju, ki jih delimo na tehnične in organizacijsko-načrtne. Koncept temelji na informacijskem povezovanju (integraciji) osrednjih tehničnih in proizvodnih informacij z možnostjo vključevanja podatkov o trženju, naročilih, vzdrževanju, računovodstvu in financah ter distribuciji izdelkov (Čižman, 1999).

Celoten smisel povezovanja informacij predstavlja simultano načrtovanje s pomočjo interaktivne načrtno table, pri čemer vsi vpleteni v proizvodnji proces skupaj razvijajo načrt. To pomeni, da med seboj različni oddelki (npr. proizvodnja, orodjarna, tehnologija, vzdrževanje) uporabljajo skupno načrtno tablo, kjer vsak oddelek neodvisno od drugega načrtuje

svoje vire in na ta način omogoča organiziran pristop k upravljanju proizvodnih procesov v podjetju. S tem se v podjetje prinaša nova miselna dimenzija, ki temelji na dejstvu, da se podjetje ne ukvarja s hierarhičnim odločanjem, ampak se v središče pozornosti postavlja kupec kot stranka.

4 Primer uporabe integriranih IS: Polycom Škofja Loka d.o.o.

Primer uporabe predstavlja koncept povezav med tehničnim sistemom Pro/Engineer (<http://www.ptc.com>), poslovnim informacijskim sistemom Microsoft Dynamics NAV (<http://www.microsoft.com/dynamics/en/us/default.aspx>) ter proizvodnim informacijskim sistemom HYDRA (<http://www.mpdv.de>), ki podjetju Polycom Škofja Loka d.o.o. (v nadaljevanju Polycom Škofja loka) omogoča izboljšano spremljanje izdelka skozi njegovo celotno dobo trajanja in bistveno vpliva na poslovno obveščanje. Zaradi kompleksnosti globalnega poslovanja podjetje Polycom Škofja Loka potrebuje koncept, ki omogoča informacijsko podporo upravljanja izdelka skozi njegovo celotno dobo trajanja. Kajti vloga razvojnega procesa v malih in srednjih podjetjih zahteva razvoj zahtevnejših in visoko funkcionalnih izdelkov, ki so stroškovno učinkoviti. Hkrati mora razvoj teh izdelkov temeljiti na tehnološkem znanju in sistematičnem pristopu. Pri tem sta pomembna pregled nad vsemi gradniki tehničnega sistema Pro/ENGINEER (v nadaljevanju Pro/E) ter njihova standardizacija in tipizacija.

4.1 Povezljivost tehničnih informacij

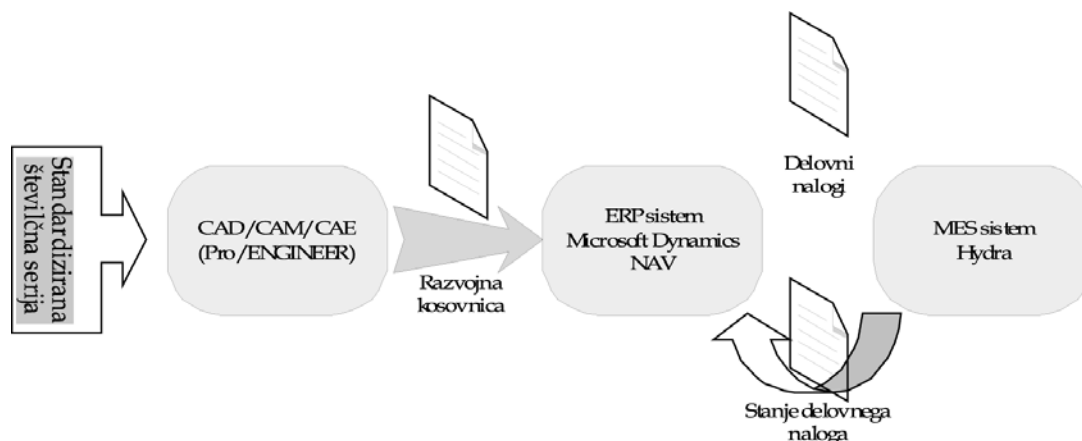
Urejanje gradnikov tehničnega sistema Pro/E po posameznih področjih predstavlja osnovno podlago za zagotavljanje standardiziranega zapisa. Standardizacija zapisa predstavlja številčno serijo posameznega tehničnega gradnika, ki mora zagotavljati enoznačni zapis. To pomeni, da številčna serija tehničnega gradnika predstavlja enoznačni zapis, ki bo omogočal njegovo sledenje skozi poslovni in proizvodni informacijski sistem. Pri tem je pomembno, da se zagotavlja sledenje

proizvodnih postopkov po delovnih nalogih. Ravno tako je potrebno zagotoviti enoznačno številčno serijo za večnivojsko kosovnico. V okviru standardizirane številčne serije je potrebno zagotoviti številčni format, ki je primeren za celotno podjetje in bo hkrati pokrival tako serijsko kot tudi posamično proizvodnjo. Slika v nadaljevanju prikazuje tok informacij iz tehničnega sistema Pro/E v proizvodno-informacijski sistem HYDRA.

Kot je iz Slike 6 razvidno, je potrebno že v fazi razvoja zagotoviti enoznačno številko, ki bo zagotovila sledenje posameznega gradnika od same zasnove do njegove izdelave. Kar pomeni, da so ob izvozu razvojne kosovnice iz CAD sistema postavljeni vsi osnovni pogoji za njeno nadgradnjo, saj ob uvozu razvojne kosovnice v poslovno-informacijski sistem vsak gradnik pridobi obliko vodenja skozi proizvodni proces. To je vsekakor pomembno zaradi sledljivosti posameznega artikla s tehnološkega in stroškovnega vidika. Oblika vodenja se določi glede na tehnološko funkcijo posameznega artikla. S tem artiklo razvrstimo glede na tehnološki način spremljanja (nabavni nalog oziroma delovni nalog).

4.2 Povezljivost poslovnih informacij

Za zagotavljanje ustrezne časovne dimenzije potrebuje vsak gradnik proizvodni postopek, ki je opremljen z načrtovanim časom izdelave. Načrtovana časovna dimenzija se zavede v ERP sistem in zajema načrtovanje začetka in konca. Vsak načrtovani začetek in konec vsebuje datum in uro načrtovane izdelave. Na tak način se vsak proizvodni nalog opremi z načrtovanim časovnim atributom in predstavlja osnovo za MES sistem. Stroškovna dimenzija je predvsem usmerjena na stroške, ki nastanejo zaradi materialnih potreb ter virov, ki so vpleteni v samo izdelavo. Iz opisanih časovnih in stroškovnih dimenzij lahko ugotovimo, da vsak gradnik potrebuje ustrezno enoznačno številko, katera ponazarja svojo pozicioniranje v celotnem projektu. V nadaljevanju bo prikazan koncept številčenja, ki se je uporabil v podjetju Polycom Škofja Loka za sledenje izdelka od njegove zasnove do spremljanja skozi poslovni in proizvodni informacijski sistem.



Slika 6: Informacijski tok tehnične informacije

Tabela 1: Koncept številčne serije

Št.	Ime polja	Dolžina polja	Število mest
1	Tip DN	2	1-2
2	Leto	2	3-4
3	Rezerviran znak	1	5
4	Številka DN	5	5-10
5	Rezerviran znak	1	11
6	Oznaka pozicije	3	12-14
7	Številka pozicije	3	15-17
8	Številka operacije	3	18-20

Primer standardizirane številčne serije za prenos v MES sistem (tabela 2):

Kočni rezultat številčne serije, ki se prenese v MES sistem:

RP10-00001-POZ007010

RP10-00001-E01007010

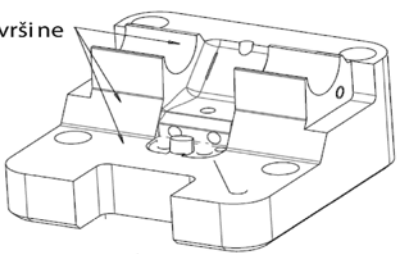
DN10-00001-POZ001010

V nadaljevanju nam slika 7 prikazuje primer integracije med tehničnim sistemom za načrtovanje in razvoj izdelkov (CAD) ter poslovnim informacijskim sistemom (ERP). Hkrati je prikazan shematski način integracije tehničnega dokumenta, ki je ustvarjen v tehničnem sistemu Pro/E. Delavniška risba prikazuje posamezne parametre, ki izkazujejo enoznačno številko tehničnega dokumenta. Med seboj ločeni parametri (naziv, številka orodja, pozicija, število kosov itd.) zajemajo različne podatke o posameznem tehničnem gradniku, ki s svojo medsebojno soodvisnostjo predstavljajo sestav orodja, namenjen brizganju tehnične plastike. Na podlagi medsebojne

Tabela 2: Zapis standardizirane številčne serije

Št.mest	1-2	3-4	5	5-10	11	12-14	15-17	18-20
Vrednost	RP	10	-	00001	-	POZ	007	010
Vrednost	RP	10	-	00001	-	E01	007	010
Vrednost	DN	10	-	00001	-	POZ	001	010

Zapiralne površine



Tehnični sistem
Pro/ENGINEER

model: OBL_VL_IS_1 .PRT
risba: OBL_VL_IS_1 .DRW

Material: Toolox 44

Številka: 7

Kosov: 1

Ime: Oblikovni vložek IS 1

Naziv: RP10 -00001

ERP sistem
Microsoft Dynamics NAV

Orodjarna

- Oblikovanje
 - Kartica artikla
 - Kartica artikla ORO
 - Kosovnica ORO
 - Proizvodni postopki
 - Uvoz kosovnic ORO
 - Uvoz kosovnic ORO-E
- Kapacitete
- Nabava
- Izvajanje
- Vrednotenje
- Zgodovina
- Nastavitve
- Intrastat
- Poročila
- NAV-HYDRA
- Prenos podatkov iz HYDRA
- Material na projektu

Splošno

Št. RP10-00001

Opis Adaptor 065155

Opis 2

Vrsta vira Artikel

Št. vira RP10-00001

Položaj	Položaj 2	Št. artikla	Opis
000		RP10-00001	Adaptor 065155
001		ORO-21364	Oblikovna plošča IS
002		ORO-21365	Oblikovna plošča DS
003		ORO-21366	Vpenjalna plošča IS
004		ORO-21367	Distančna letev IS
005		ORO-21368	Izmetalna plošča
006		ORO-21369	Nosilna izmetalna plošča
007		ORO-21341	Oblikovni vložek IS 1
007	E01-007	ORE-14098	E01-007 G=2, F=0, SF=0

Slika 7: Primer integracije tehničnega in poslovnega IS

soodvisnosti gradnikov se ustvari razvojna kosovnica. Pri tem ustvarjena kosovnica predstavlja množico gradnikov, ki so pripravljene za uvoz v ERP sistem. Pomen priprave podatkov za informacijski sistem Microsoft Dynamics NAV je ključnega pomena, kajti zapis, ki ga je potrebno pripraviti na strani CAD sistema, mora biti berljiv na enostaven način. Pri tem je pomembno, da ne pride do popačenja podatkov pri sami transformaciji. Uvoz kosovnice se izvede na podlagi ASCII zapisa, ki se pripravi v samem CAD sistemu. Pri samem uvozu se sproti preverja vsebina ASCII zapisa, kar pomeni, da se najprej preveri prva vrstica zapisa, v kateri se nahaja zaporedna številka projekta. Če ta številka že obstaja v podatkovni bazi ERP sistema, se preverijo tudi ostali pripadajoči artikli tega projekta. V nasprotnem primeru se na novo ustvari zaporedna številka projekta s pripadajočimi artikli. Ko zaporedna številka projekta že obstaja, se sproti preverijo vrednosti polja za opis, standard in material. V primeru, da so vrednosti za polja opis, standard in material identični z vrednostmi v bazi, se zaporedna številka številčne serije in artikel prepiseta iz baze. Na ta način se izognemo podvajanju podatkov v bazi. Fleksibilnost razvojne kosovnice se zagotavlja s poljem potrditev, kar za posamezni projekt omogoča spreminjanje in dodajanje obstoječih artiklov. S tem, ko želimo ponovno vnesti nove oziroma spremenjene vrednosti obstoječega projekta, to omogočamo s potrditvijo polja.

4.3 Povezljivost proizvodnih informacij

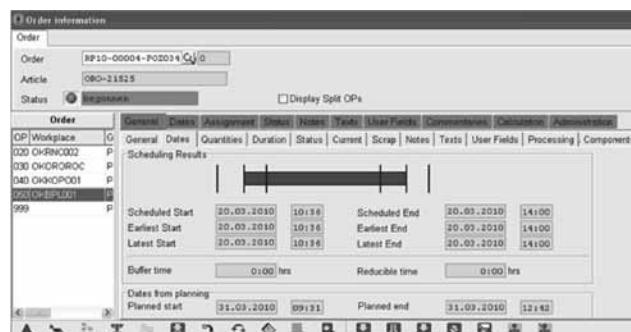
Tehnološki pristop pri izdelavi vsakega gradnika predstavlja nabor delovnih operacij, ki so potrebne za končni izdelek. Pri tem pomembno vlogo izvaja tehnolog strojnih obdelav, ki z natančnim in preglednim vrstnim redom določa sledljivost delovnih operacij. Sledljivost operacij zagotavlja popis delovnih strojev, na katerih se izvaja določena operacija oziroma služi kot informacija za potrebe dispečerske službe. Na podlagi tehnoloških postopkov, ki so opremljeni z načrtovanjem začetkom in koncem, se izvede prenos podatkov v proizvodni informacijski sistem HYDRA. Kot je bilo že omenjeno, predstavljajo osnovo za MES sistem načrtovani datumi, ki se določijo v samem ERP sistemu (Slika 8). Vsi načrtovani datumi so zavedeni po posameznih operacijah, ki predstavljajo tehnološki postopek. S tem se popišejo vsi časovni okvirji posameznih tehnoloških postopkov in predstavljajo načrtovani horizont za posamezno aktivnost. Vrednosti začetnih in končnih datumov nakazujejo grobo načrtovane datume, ki so bili podani na podlagi tedenskih načrtov.

St. operacije	Opis	Začetni datum - ura	Končni datum - ura
20	Rezanje CNC	16.03.10 6:42:00	16.03.10 13:12:00
30	Ročna obdelava	16.03.10 13:12:00	17.03.10 6:00:00
40	Kaljenje Smole	17.03.10 6:00:00	19.03.10 17:00:00
50	Brušenje ploščinsko	20.03.10 10:36:00	20.03.10 14:00:00
999	Prezvetv v orodjarni	20.03.10 14:00:00	20.03.10 14:00:00

Slika 8: Načrtovanje CAD gradnika v ERP sistemu

Slika 8 prikazuje proizvodne postopke za gradnik, ki je bil modeliran v CAD modelirniku in je opremljen z začetnim in končnim datumom. Hkrati je vsak proizvodni postopek opremljen s proizvodnimi atributi, ki so potrebni za fino razvrščanje v MES sistemu (proizvodna celica, proizvodno opravilo, količina, material itd.). Tako pripravljene proizvodni postopki so osnova za njihov prenos v MES sistem HYDRA. Prenos podatkov med obema podatkovnima bazama se izvede s pomočjo aplikativnega vmesnika, ki je bil razvit znotraj ERP sistema.

Ob prenosu zahtevanih proizvodnih postopkov v MES sistem se pričnemo ukvarjati z razvrščanjem proizvodnih postopkov. Aktivnosti razvrščanja se izvedejo v MES sistemu, ki omogoča spremljanje proizvodnje v realnem času (Slika 9). Tako se lahko na podlagi realnih podatkov iz proizvodnega okolja zagotavlja dejansko stanje delovnih nalogov (datum dobave, končna količina, cikel delovanja, čas izdelave, čas nastavitve itd.).



Slika 9: Razvrščanje proizvodnih postopkov v MES sistemu

5 Sklep

Na podlagi prikazane raziskave lahko ugotovimo, da za učinkovito načrtovanje proizvodnje potrebujemo integracijo procesnih in poslovnih informacij. Skozi analizo različnih podatkovnih baz prihajamo do spoznanja, da se informacije med njimi izmenjujejo preko aplikacijskih vmesnikov. Njihov namen je povezovanje dveh ali več procesov, ki delujejo neodvisno drug od drugega. Hkrati ugotavljamo, da je koncept komuniciranja med procesnimi in poslovnimi informacijami omogočen preko MES sistema, ki zagotavlja spreminjanje podatkov v časovnem okviru posamezne delovne izmene oziroma delovnega dne. Integracija med poslovnimi in procesnimi informacijami predstavlja izboljššan pregled nad samim delovanjem strojnega parka in omogoča taktične odločitve v realnem času. Pri tem lahko med seboj različni oddelki simultano načrtujejo svoje vire in s tem zagotavljajo neodvisno delovanje drug od drugega. Za uporabo integriranih IS je bil razvit koncept številčne serije, ki omogoča sledenje izdelka med tehničnim, poslovnim in proizvodnim informacijskim sistemom. Hkrati sta bila znotraj poslovnega informacijskega sistema (ERP) razvita dva aplikativna vmesnika, ki omogočata komunikacijo med tehničnim sistemom Pro/E in MES sistemom HYDRA.

Ekonomski učinki integracije predstavljajo praktične učinke v povečanju dodane vrednosti ter konkurenčne prednosti. Podjetjem omogoča doseganje naslednjih pomembnih ciljev, kot so:

- hiter odziv na zahteve tržišča;
- večja kakovost proizvoda;
- nižja cena;
- večja funkcionalnost;
- boljša izkoriščenost virov;
- krajši čas razvoja;
- večja prepustnost proizvodnje;
- fleksibilnost;
- zmanjšanje zalog;
- manjši režijski stroški.

Lahko rečemo, da med različnimi procesi ne obstajajo standardni aplikacijski vmesniki, ampak za medsebojno komunikacijo obstajajo standardi, ki zagotavljajo medsebojno integracijo. Razvoj aplikacijskih vmesnikov med ERP in MES sistemom se usmerja v iskanje rešitev v okviru standarda ISA S95, ki podjetjem zagotavlja enostavnejšo in kvalitetnejšo izmenjavo informacij med različnimi podatkovni strukturami, kar predstavlja osnovo za nadaljnje raziskave s področja integracij med ERP in MES sistemom.

6 Literatura

- Barry, J., Aparicio, M., Durniak, T., Herman, P., Karuturi, J., Woods, C., Gilman, C., Lam & H., Ramnath, R. (1998). NIIP-SMART: an investigation of distributed object approaches to support MES development and deployment in a virtual enterprise, *Enterprise Distributed Object Computing Workshop*, EDOC '98 Proceedings, str. 366–77.
- Čížman, A. (2002). *Logistični management v organizaciji*. Kranj: Moderna organizacija.
- Čížman, A. (1999). *Procesno računalništvo*. Kranj: Moderna organizacija.
- Duhovnik, J. & Tavčar, J. (2000). *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi PDM*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.
- Frontini, G. & Kennedy, S. (2003). *Manufacturing in Real-Time*. Burlington: Elsevier Science.
- Gulledge, T. (2006). What is integration?. *Industrial Management & Data Systems*, 106 (1): 5–20.
- Gustavsson, M. (2008). Information quality implications of planning process integration. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(8), 933–952.
- Hori, M., Kawamura, T. & Okano, A. (1999). OpenMES: scalable manufacturing execution framework based on distributed object computing”, *Systems, Man, and Cybernetics, IEEE SMC '99 Conference Proceedings*, 6: VI-398-VI-403.
- Kalakota, R. & Robinson, M. (2001). *E-business 2.0 Road-map to Success*. Boston, MA : Addison-Wesley.
- Kletti J. (2007). *Manufacturing Execution System – MES*. New York: Springer.
- Kovačič, A., Jaklič, J., Indihar Štemberger, M. & Groznik A. (2004). *Prenova in informatizacija poslovanja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta.
- Kovačič, A., Groznik, A., Ribič, M. (2005). *Temelji elektronskega poslovanja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta.
- Kovačič, A., Indihar Štemberger, M. (2007). Zakaj modelirati poslovne procese pri informatizaciji poslovanja s celovitimi programskimi rešitvami, *Uporabna informatika*, XV(4): 192–199.
- Kumar, Garg, V. & Venkitakrishnan N. K. (2004). *Enterprise Resource Planning: Concepts and Practice*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
- Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
- Møller, C. (2005). ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems?. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(4): 483–497.
- Patel, S., C., Sanyal P. (2008). Securing SCADA systems, *Information Management & Computer Security*, 16(4): 398–414.
- Polajnar, A., Buchmeister, B. & Leber, M. (2002). *Organizacija proizvodnje*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Saaksvuori, A. & Immonen, A. (2004). *Product Lifecycle Management*. New York: Springer.
- Scholten, B. (2007) *The Road to Integration: A Guide to Applying the ISA-95 Standard in Manufacturing*. Research Triangle Park NC : ISA.
- Schuh, G., Rozenfeld, H., Assmus, D. & Zancul, E. (2008). Process oriented framework to support PLM implementation. *Computers in Industry*, 59: 210–218.
- Škrinjarič, R., Hernaus, T. & Indihar Štemberger, M. (2008). Stanje procesne usmerjenosti in ključni izzivi za prihodnost v Sloveniji in na Hrvaškem. *Uporabna informatika*, XVI(4): 210–218.
- Šuhel, P. & Muravec B. (2003). *Računalniška integracija proizvodnje*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
- Zhou B., Wang S. & Xi L. (2005). Data model for manufacturing execution system, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(8): 909–935.

Simon Oman je v podjetju Polycorn d.o.o., v katerem je odgovoren za področje informatike, zaposlen od leta 2004. Svojo strokovno kariero je začel na področju strojništva, kjer je deloval na različnih procesih in tehnikah odrezavanja, CNC programiranja in konstruiranja orodij za tehnično plastiko. Podiplomski študij je nadaljeval na področju informatike in managementa, kjer se pri svojem raziskovalnem delu osredotoča na prenovo in informatizacijo poslovnih procesov, ki vključujejo področja ERP in MES sistemov.

Anton Čížman je izredni profesor na Fakulteti za organizacijske vede, Univerza v Mariboru, za predmetno področje Informacijski sistemi in Logistika. Na dodiplomskem študiju predava predmete Operacijske raziskave (OR), Logistika in Mikrologistični procesi, na podiplomskem študiju pa predava predmet Management oskrbovalne verige in Avtomatizacija proizvodnih procesov. Je avtor številnih recenziranih znanstvenih člankov in referatov, ki so bili objavljeni v tujih in domačih revijah ter v zbornikih mednarodnih in domačih konferenc. V okviru raziskovalnega dela se ukvarja z uporabo metod in modelov operacijskih raziskav v logističnem managementu ter uporabo procesnih računalnikov v avtomatizaciji procesov in sistemov in je tudi mentor številnim diplomantom, magistrantom in doktorantom na dodiplomskem in podiplomskem študiju na Fakulteti za organizacijske vede v Kranju. Je član SDI (Slovensko društvo informatika), član upravnega odbora za OR pri SDI in predstavnik Fakultete za organizacijske vede v svetu SCC (Supply Chain Council).