

NEKAJ IZHODIŠČ BREZ KATERIH NI PAMETNE PROIZVODNJE

Gorazd RAKOVEC
Kibernova, s.p.

POVZETEK

Dejstvo je, da v 4. industrijski revoluciji serije komponent in sklopov izdelkov ostajajo, zato ostaja CIM jedro Pametne proizvodnje. Dobimo hibridno Smart&CIM Pametno proizvodnjo. V serijski proizvodnji delov ostaja Ghost shift proizvodnja najoptimalnejša oblika proizvodnje. Bližnjic za poenostavitev projektov transformacije Pametne proizvodnje ni. Prvi pogoj za koristno izvedbo transformacije je kompetenten CDO in arhitekt Pametne proizvodnje, ki je opravil šolo tovarne bodočnosti prof. Peklenika. Ta postaja tudi velika konkurenčna prednost Slovenije. Združevanje 4. revolucije s projekti vitke proizvodnje, ki temelji na ravno obratnih principih, z namenom da bi z eno ekipo istočasno naredili dvakratni dobiček, povzročijo konec revolucije. Umetna inteligenca ni cilj razvoja Pametne proizvodnje, večjo vlogo lahko doseže v storitvah. Slepo zajemanje vseh podatkov iz krmilnikov večine strojev in tvorjenje velikih baz neuporabnih podatkov je ena večjih pridobitniških prevar.

1. CIM KONCEPT OSTAJA JEDRO 4. REVOLUCIJE

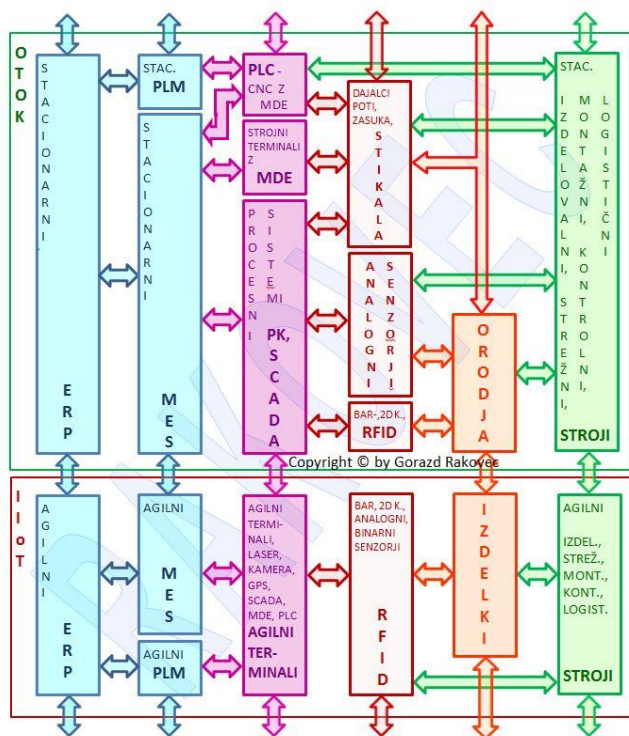
Ko govorimo o 4. industrijski revoluciji, moramo najprej pogledati njeno pomensko definicijo; v angleščini «Customized mass production (širše Mass customization)«, kar konkretno pomeni; izdelki po naročilu kupca izdelani v kolaborativno fleksibilni proizvodnji po ceni ne dosti večji od izdelkov masovne proizvodnje. Ta strategija bo določala stanje preživetja ali blaginje v industriji, posledično v storitvah, s skupnim učinkom v celotnih državah in nacijah v naslednjem desetletju in več. Nemci so revolucijo začeli, drugje pa se šele prebujajo. To ni še eden od projektov, je transformacija podjetja, kvalitetni preskok, kot iz ličinke v metulja.

Vsak izdelek naj bi bil drugačen, vendar večinoma to ni možno v vseh sestavnih delih. Pri avtomobilih, ki imajo več tisoč sestavnih delov, bo različnih okrog 10 % delov. V globalnem svetu poteka tekma, kdo bo dosegel večjo individualnost. Pri izdelkih z manj deli bo ta odstotek lahko večji. Torej bo do 90% delov še vedno skupnih, kar pomeni v serijah. Te se bodo sicer manjšale, a serije delov in sklopov bodo ostale. Ker imamo v Sloveniji večino proizvodnje delov in sklopov, je za nas to bistvenega pomena.

Zato moramo narediti adaptacijo strategije in modelov Pametne proizvodnje.

Kjer ostane serijska proizvodnja, ostane znani CIM (Computer Integrated Manufacturing) koncept iz 3. revolucije, ki pa mu bo treba dograditi ustrezno Smart nadgradnjo, tako da bomo dobili hibridni Smart&CIM Factory koncept proizvodnje v kateri je delež CIM-a tudi do 90% ali več (Slika 1). Smart nadgradnja CIM-a pa bo v vsaki proizvodnji drugačna in odvisna predvsem od znanja arhitekta CDO (Chief Digital Officer). Dejstvo je, da gre v 4. revoluciji predvsem za nadgradnjo CIM sistemov in procesov. CIM tovarno prihodnosti je pri nas predaval svetovno znani prof. Janez Peklenik, ki je leta 1964 na Univerzi Birmingham v Angliji ustanovil prvo katedro za računalniško vodene stroje na svetu. Kot akademski pionir 3. Industrijske revolucije je razvil tudi CIM koncept tovarne prihodnosti in ga predaval na Ljubljanski Fakulteti za strojništvo od leta 1973 do 1996, ko se je upokojil. Predavanja so nadaljevali njegovi asistenti, ki so postali profesorji. Zato lahko rečemo, da imamo v Sloveniji šolo tovarne prihodnosti že od leta 1973 in tudi več sto izobraženih inženirjev, magistrov, doktorjev na tem področju. CIM šola tovarne bodočnosti profesorja Peklenika je edinstvena v Evropi in svetu in je danes glavna konkurenčna prednost Slovenije v 4. Industrijski revoluciji. Peklenikov

diplomant, ki je nenehno delal v proizvodnji na vseh sistemih 4. revolucije, si je nabral tudi dovolj izkušenj, da je danes po dvajset, trideset letih projektov v proizvodnji postal kompetenten za nadgradnjo v Pametno proizvodnjo 4. Industrijske revolucije.



Slika 1: Sinteza Smart&CIM sistemov v stacionarni otok in agilni IloT (Industrial Internet of Things)

2. VITKA PROIZVODNJA KOT BLOKADA REVOLUCIJE

Med tretjo industrijsko revolucijo so v industriji, največ v japonski Toyoti, razvili tudi mnogo metod za optimiranje proizvodnje, ki so združene pod nazivom vitka proizvodnja (Lean production), ki ima namen odstraniti iz proizvodnje vse, kar ni dodana vrednost. Lobi vitka proizvodnja je v Sloveniji dokaj močan in propagira projekte vitke proizvodnje kot 4. revolucijo. Ponekod so razmišljali, da bodo naredili dvakrat več prihrankov, če združijo projekte vitke proizvodnje in 4. revolucije. Marsikje so dali osebi zadolženi za vitko proizvodnjo, da nadaljuje z delom, pa bo kar

hkrati z lean projekti narejena še 4. revolucija. Žal so projekti 4. Industrijske revolucije in vitkosti nezdržljivi. Zakaj?

Dejstvo je, da gre za dva popolnoma nasprotna-nezdružljiva razvojna koncepta (Preglednica 1). Vitka proizvodnja odstranjuje iz proizvodnje vse odvečno (waste), 4. Industrijska revolucija pa dodaja najmodernejšo kibernetsko tehnologijo za večanje dodane vrednosti v vse proizvodne oddelke, kar ima posledice v izboljšanju procesov, načinu razmišljanja, dela, organizacije, itd. 4. Industrijska revolucija niso projekti optimizacije, temveč transformacija-preobrazba cele proizvodnje na višji nivo. V globalnem svetu poteka tekma, kdo bo dosegel višjega.

Dejstvo je, da gre za dva popolnoma nasprotna-nezdružljiva razvojna koncepta (Preglednica 1). Vitka proizvodnja odstranjuje iz proizvodnje vse odvečno (waste), 4. Industrijska revolucija pa dodaja najmodernejšo kibernetsko tehnologijo za večanje dodane vrednosti v vse proizvodne oddelke, kar ima posledice v izboljšanju procesov, načinu razmišljanja, dela, organizacije, itd. 4. Industrijska revolucija niso projekti optimizacije, temveč transformacija-preobrazba cele proizvodnje na višji nivo. V globalnem svetu poteka tekma, kdo bo dosegel višjega.

Preglednica 1: Dodajanje-nadgradnja (smart) in odvzemanje (lean) prvin proizvodnje kot živega organizma

Dodajanje kibernetskih sistemov za večanje dodane vrednosti proizvodnje kot organizma (smart)	Odvzemanje odvečnih prvin proizvodnje – hujšanje (lean)
Večje znanje oseb: razmišljanje z več dimenzijami in parametri	materialnih zalog
Več učenja: novih informacij in slik nevidnih procesov	podatkov
Večanje možganskih kapacitet: večje baze podatkov, več programov, mikroprocesorjev, spominskih enot	procesov, energije
Večanje mišic, dodatne roke,	časov

noge: več robotov, strojev, avtomatskih vozičkov	
Ojačitev živčnega sistema: dodatni agilni računalniki v brezžičnem omrežju, merilniki, senzorji	dokumentov
Izboljšana prebava: optimiran energetska sistem	poti
Boljša zdravstvena oskrba: prediktivno vzdrževanje	površin, prostorov
Večja hitrost organizma: agilnost, odzivnost, hitrost fizičnih procesov	delovnih sredstev, inventarja, ...
Izboljšanje čutil: dograditev senzorjev, stikal, števecv	
Dodatna nova čutila: procesni senzorji z merilniki: sile, tlaka, akustike, vibracij, temperature, električnega toka, poti, hitrosti, časov, ...	
Boljši izobraževalni sistem: multimedijška izobraževanja na delovnem mestu	

V 4. revoluciji torej dodajamo najmodernejše kibernetske sisteme za povečanje dodane vrednosti, spremenjeni procesi, novi poslovni modeli, pa so rezultat njihove uporabe. Ker se dodaja moderna kibernetska delovna sredstva, so potrebne velike investicije. Pri metodah vitkosti fizično zmanjšujemo stroške neposredno na mestih v proizvodnji in logistiki in včasih posledično tudi večamo produktivnost in kakovost. Ker gre za izobraževanje in motiviranje zaposlenih, pri vitkosti večinoma ni velikih investicij. 4. revolucija je nova znanost, novi sistemi, novi procesi, poslovni modeli, nov način razmišljanja, novi podatki, nove metode optimiranja, preskok v delu in razmišljanju, nova era, lean production je optimiranje obstoječega stanja, nič bistveno novega.

Če pogledamo Preglednico 2 vidimo, da so si aktivnosti za vodenje in razvoj 4. revolucije in vitkost v močnem nasprotju. Obeh aktivnosti ne morejo voditi in razvijati iste osebe istočasno. Obeh vrst projektov ni možno začeti istočasno. 4. revolucija ni avtomatizacija lean metod! Lahko se

projekte vitkosti razvije in izvede pred revolucijo ali po njej. Če so že razviti preje, se jih med revolucijo neopazno vzdržuje. Če podjetje v dvajsetih letih ni uvedlo metod vitkosti, lahko še počaka nekaj let, da najprej izvede 4. revolucijo, kjer je čas bistven. Če se preobrazbo Pametne proizvodnje izvaja na enak način, kot projekte vitkosti, revolucija zaide v slepo ulico in propade, dragi nabavljeni sistemi pa ostanejo kot spomenik revolucije v proizvodnji.

Preglednica 2: Primerjave razvoja in menedžmenta Smart&CIM transformacije ter Lean projektov.

<u>Smart&CIM proizvodnja</u>	<u>Lean proizvodnja</u>
Dodajanje najmodernejših kibernetičnih tehnologij in njena sinteza z obstoječo CIM proizvodnjo	Odstranjevanje vsega odvečnega iz proizvodnje
Celovita transformacija cele proizvodnje	Klasični projekti brez bistvenih sprememb
Sistemska nadgradnja proizvodnje za en nivo višje (iz 3. v 4. ero)	Optimizacije istega sistema proizvodnje
Sisteme načrtuje in vodi projekte samo nekaj posameznikov, realizacijo izdelajo znani inženiring izvajalci, uporabljajo vsi	Spremembe načrtujejo in izvajajo in uporabljajo skoraj vsi v proizvodnji timsko
Kompetentne osebe imajo najvišjo proizvodno kibernetično izobrazbo	Vključene so vse izobrazbe z najnižjimi vred
Potrebne izkušnje v proizvodnji 20, 30 ali več let	Člani tima imajo izkušnje od nič let do odhoda v pokoj
CIM inženirska izobrazba avtomatizacije je potrebna	Inženirska izobrazba ni potrebna
Sistemski preskok za en nivo	Postopne izboljšave z majhnimi koraki na istem nivoju
Nove metode temeljijo na uporabi nove kibernetične tehnologije	Metode se izvajajo ročno ali z obstoječimi orodji z motivacijo in

	prepričevanjem oseb
Uporaba novih nenapisanih menedžerskih metod	Uporaba metod iz menedžerskih in MBA šol
Industrija 4.0 je nova znanost, novo področje	Vitkost se izvaja z znanostmi 3. revolucije
Potrebna nova kibernetična pisarna z dodatnimi kompetentnimi osebami	Projekte izvajajo obstoječe osebe in organizacija proizvodnje ostaja ista
Potrebno le nekaj kibernetično kompetentnih oseb, ki jih vodi CDO	Projekte vodi obstoječe vodstvo proizvodnje
Samo nekaj kompetentnih oseb razume celoto koncepta Pametne proizvodnje, ostalim celote ni treba poznati, delajo na parcialnih nalogah.	Vsi na projektu razumejo metode vitkosti
Temelji na kapitalističnih odnosih	Velika možnost vračanja v samoupravljanje

Dovolj je, da je za pametno proizvodnjo kot celoto v večjem podjetju kompetentnih samo nekaj ljudi: CDO, arhitekt in nekaj kibernetičnih projektnih vodij zbranih v kibernetični pisarni. Ti se ukvarjajo samo s 4. revolucijo. Ostali ne poznajo sistema nadgradenj Pametne proizvodnje kot celote. Dovolj je, da vsakdo pozna samo svoj del. Mnogi inženiring izvajalci s področja strojništva, elektrotehnike, informatike dobijo specifikacije in ne rabijo poznati celote. CDO razvije koncept celotne Pametne proizvodnje in potem usklajuje projekte realizacije, da proizvodnja postane ena celota. Kibernetična pisarna skrbi tudi za razvoj in izvedbo izobraževanj in nadaljnjih nadgradenj. Kibernetična pisarna je močno ločena od morebitne lean pisarne, lean specialistov, ipd.

3. GHOST SHIFT PROIZVODNJA KOT NAJOPTIMALNEJŠA SERIJSKA PROIZVODNJA DELOV

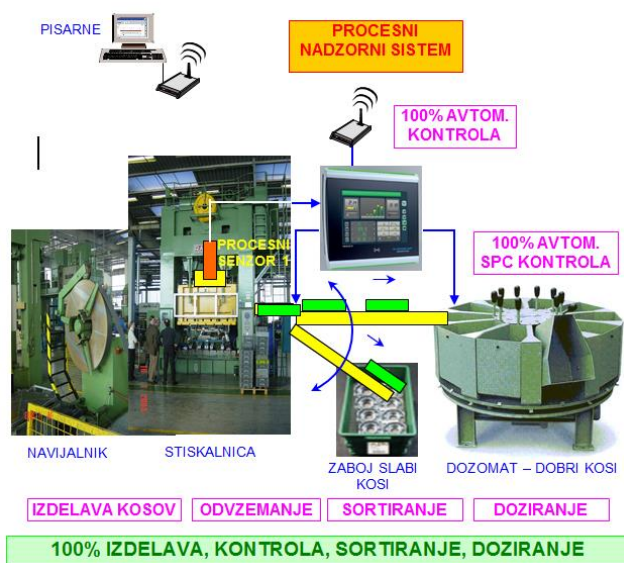
V osemdesetih letih, ko so se razmahnil poslovnih informacijskih sistemih, so se pojavili tudi prvi procesni nadzorni sistemi na obdelovalnih strojih kosovne proizvodnje. Procesni sistem ima

analogne senzorje za merjenje sile vgrajene v orodjih in strojih, merilnik pa nadgrajen z računalnikom, ki prikazuje, analizira in diagnosticira analogne krivulje mehanskega procesa na ekranu. V kosovni proizvodnji je bil pionir profesor Brankamp iz Nemčije, ki je razvil in v lastni firmi začel izdelovati prve procesne nadzorne sisteme. Slika procesa pove več kot sto besed. Digitalizirana krivulja cikličnega procesa mehanskega stroja je glavna informacija 4. revolucije. Nadzorni sistem (Slika 2) avtomatsko postavi tudi meje po procesih, izvaja razne analize procesov in tako čuva orodje pred poškodbami, zagotavlja kakovost izdelkov proti 0PPM, istočasno pa povečuje produktivnost strojev.



Slika 2: Procesni nadzorni sistem BRANKAMP MARPOSS X7 za nadzor nevidnih mehanskih cikličnih procesnih parametrov sile, akustike, ultraemisije, z umetno inteligenco, s signali za ustavitev stroja v nekaj milisekundah po prekoračitvi meje procesa, deluje pri delovnih ciklih preko 2000/minuto, za 100% kontrolo 0PPM med procesom, s 24 analognimi vhodi-senzorji, 20 binarnimi vhodi/izhodi hkrati, z avtomatskim učnim postopkom nastavljanja mej procesov, avtomatskim diagnosticiranjem,... (www.brankamp.com)

Kot ima v kosovni proizvodnji vsak stroj svoj krmilnik, tako je potrebno vsakemu stroju dograditi tudi svojo procesno nadzorno enoto - PK, ki ob napačnih procesih ustavlja stroj v milisekundnih časih. Vizualizacija, izdelava podatkov in avtomatsko diagnosticiranje se izvajajo istočasno. Profesor Brankamp je leta 1989 izumil in postavil tudi prvo Ghost shift proizvodnjo (nemško: Geisterschicht) na osnovi strojev z dograjenimi procesnimi nadzornimi in avtomatiziranimi strežnimi sistemi (Slika 3). Nadzorni sistem izvaja 100% avtomatsko kontrolo tehnoloških procesov (namesto izdelkov) med procesom (in process control) in krmili dozomat, ki avtomatizira tudi SPC kontrolo. Procesni senzori sile, akustike, ipd. so kot kamere s katerimi se snema dejanski za optične kamere neviden proces. S svetlobno kamero ni možno industrijsko snemati mehanskih tehnoloških procesov. Ghost shift proizvodnja je najbolj optimalna oblika avtomatizirane kosovne proizvodnje delov.



Slika 3: Reducirana proizvodnja Ghost shift® (Brankamp Marpos, www.brankamp.com)

Ghost shift ostaja jedro proizvodnje delov tudi v 4. revoluciji. V Sloveniji je edino Ghost shift proizvodnjo postavila firm Brankamp Marpos v kosovni proizvodnji s preko 60 stroji in deluje od leta 2014.

4. UMETNA INTELIGENCA NI CILJ 4. REVOLUCIJE

V informatiki velja umetna inteligenca kot najvišja oblika softvera. Seveda je tudi to področje staro preko 30 let. Problem je, da v kosovni proizvodnji v tako dolgem času ni nastalo skoraj nič pomembnih aplikacij umetne inteligence. Razlog je v izjemno kompleksnih in nepredvidljivih procesih. Tehnološki procesi so še vedno isti in še bolj kompleksni. Istočasno so razviti klasični programi za simulacije večine procesov, ki pa niso najbolj natančni. Umetna inteligenca je preko trideset let star izraz. Revolucija uporablja pridevnik pametni, kar je širši pojem. Sistem je pameten lahko tudi brez umetne inteligence. Kolaborativni sistemi ojačujejo pamet z dodajanjem človeške pameti in imamo sintezo obeh; umetne in človeške inteligence - pameti... Umetna inteligenca mora vplivati na stroje preko ustreznih aktuatorjev in ti naprej na orodja, da se spremeni nekaj na procesih, v obratnem primeru ne povečuje dodane vrednosti.

5. ZAJEMANJE VSEH PODATKOV IZ KRMILNIKOV STROJEV JE PREVARA

Pojavljajo se ponudniki informacijsko komunikacijskih sistemov, ki ne razumejo strojev, in ne proizvodnje, bi pa radi prodali čimveč svojih sicer modernih sistemov. Ker ne vedo, katere podatke zajemati iz strojev in orodij, priporočajo sisteme zajema kar vseh podatkov iz krmilnikov strojev. Ker ne vedo, iz katerih strojev bi zajemali podatke, predlagajo kar vse stroje, da bi morali izdelati čimveč ustreznih vmesnikov po naročilu. Večina strojev nima vgrajenih procesnih senzorjev in zato nimajo procesnih podatkov v krmilnikih. Enaki podatki različnih strojev večinoma niso primerljivi. Zajeti podatki iz večine strojev se stekajo v velike baze podatkov, kjer bi se večletno kopičila ogromna količina večinoma neuporabnih podatkov in tako bi maksimalno lahko zaslužili tudi z bazami podatkov. Potem naj bi uporabniki kupili samo še orodja za rudarjenje podatkov in kar sami rudarili

– izdelovali analize. Večina neuporabnih podatkov naj bi jim koristila šele čez nekaj let, kar je doba, v kateri bi spretneži dovolj zaračunavali tudi vzdrževanje vmesnikov, komunikacij in baz podatkov, programskih licenc, ipd. Odgovornost za izdelavo analiz tako spretno prenesejo na uporabnike. Z rudarjenjem po tako dobljenih podatkih ni možno dobiti skoraj nič koristnega. Sistemi za rudarjenje podatkov so stari preko dvajset let in jih skoraj nihče ne uporablja za spremljanje proizvodnje. Ponudniki iščejo nekompetentne stranke, ki tega ne vedo. Tako želijo prodati maksimalno omrežje, vse možne vmesnike in najobsežnejše baze večinoma neuporabnih podatkov, odgovornost za neuporaben sistem pa spretno podtaknejo uporabnikom.

6. SKLEP

Marsikje začenjajo z razvojem Pametne proizvodnje. Različni lobiji bi radi revolucijo izkoristili za svoj vpliv. Bistvo 4. revolucije pa temelji na matematičnih zakonitostih, ki vsako najmanjšo napako ali odstopanje neizprosno kaznujejo. V 4. revoluciji ni prostora za nekompetentnost. Timsko delo po pravilih menedžerskih šol iz 3. revolucije ne daje pozitivnih učinkov. Kompetentno in nekompetentno zgrajeni sistemi v praksi delujejo, a z bistveno razliko tako, da sistemi nepravilno izvedenih projektov dodano vrednost zmanjšujejo, namesto večajo. Vsako podjetje potrebuje najmanj enega arhitekta- CDO, ki skrbi, da je Pametna proizvodnja zgrajena kot celota. Vsi ostali lahko poznajo samo svoj del celote. Po izvedbi in uvedbi sistemov pa mora CDO skrbeti za neprestane treninge in nadgrajevanje Pametne proizvodnje.