

MODEL AUTOMATSKE IZRADA TEHNOLOGIJE ZA RAZVOJ DIGITALNIH PODUZEĆA

AUTOMATIC TECHNOLOGY MODEL FOR DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPANIES

Niko Majdandžić¹, Mario Orač²

¹Hrvatska Akademija Tehničkih Znanosti –HATZ

²Končar metalne konstrukcije d.d.

Ključne riječi: Digitalna poduzeća, ERP, Projektiranje tehnologije

Sažetak

U planovima razvoja i kao odgovor na brze promjene potreba svjetskog tržišta, i zemlje EU planirala su Digitalnom agendom do 2020. godine digitalizaciju društva i proizvodnje kao pripremu za 4. Industrijsku revoluciju. U cilju skraćivanja vremena pripreme, brze izrade ponude, provjere mogućih rokova izrade, potrebna je brza izrada tehnoloških postupaka i cjelokupne proizvodne dokumentacije u cilju osiguranja potrebnih proizvodnih resursa i ostvarenje proizvodnje u ugovorenim rokovima i kvaliteti. U radu su prikazani rezultati u razvoju modela automatske izrade tehnoloških postupaka ostvareni u poduzećima Hrvatske kao i planovi daljnjeg razvoja.

Keywords: Digital Factory, ERP, Design technology

Abstract

In the development plans and in response to the rapidly changing needs of the World markets, EU countries are planning for the Digital Agenda by 2020, to digitise society and production in preparation for the 4th Industrial revolution. In order to shorten the preparation time including fast response to offers and verification of potential delivery terms, it is necessary to have fast concept of technological processes and entire production documentation in order to ensure necessary production resources and the realisation of production in the agreed terms and quality. The paper presents the results in the development of the model to automatically create technological processes realised in Croatian companies as well as plans for further development.

1. UVOD

Brzi tehnološki razvoj (nestanak nekih zanimanja i potreba novih rutina i znanja, pojava novih tehnologija i visoko automatizirane i aditivne proizvodnje, brzo povećanje mogućnosti računalne opreme i integracije procesa u smislu kraćeg protoka kroz pripremu i proizvodnju) kao i povećanje zahtjeva za sigurnost u radu opreme i postrojenje te u cilju toga certificiranje pripreme i proizvodnje i uvođenje modela praćenja sljedivosti, zahtijeva od proizvodnih i uslužnih tvrtki brzo prilagođavanje novim tehnološkim zahtjevima poslovanja. Najava 4. Industrijske revolucije predviđa drastičnu promjenu ljudske svakodnevnice, društvenih procesa i gospodarstva, najavljujući poduzeća budućnosti prilagođena pojedinačnoj tražnji kupaca. Značaj promjena i prognozu očekivanja najavio je Klaus Schwab predsjednik Svjetskog gospodarskog foruma u Davosu, koji je napisao i poklonio sudionicima knjigu „Četvrta industrijska revolucija“, prognozirajući razvoj drugačiji od svega što je čovječanstvo do sada doživjelo. Razvojni procesi koji obilježavaju 4. Industrijsku revoluciju su:

- Robotizacija i automatizacija
- Aditivna proizvodnja
- Digitalna proizvodnja i digitalno društvo
- Mobilni uređaji i aplikacije
- Pametni proizvodni elementi i novi materijali
- Umjetna inteligencija.

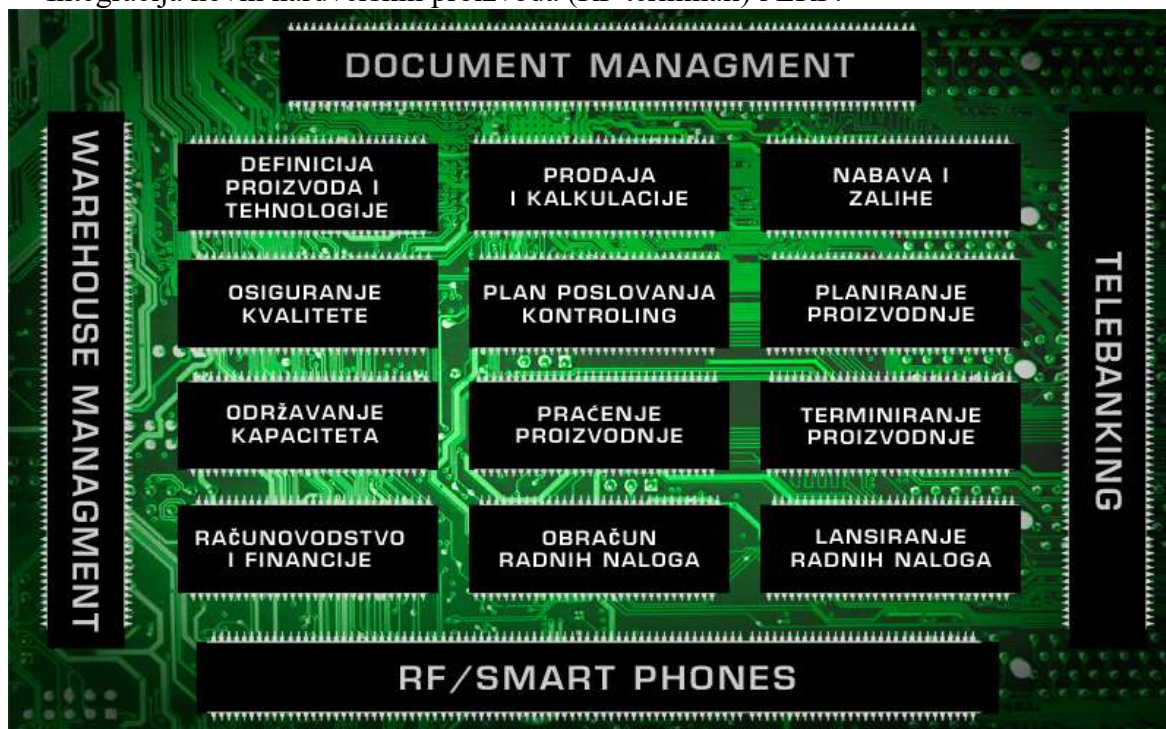
Digitalno poduzeće predstavlja tako informatički organizirano poslovanje i proizvodnju u kojem su sve informacije dostupne u elektroničnom obliku, s bilo kojeg mjesta u poduzeću, u bilo koje vrijeme, sa direktnom razmjenu elektronskih dokumenata sa poslovnim partnerima i državnim institucijama uz automatizaciju integriranih poslovnih aktivnosti i provjeru planiranih proizvodnih procesa u virtualnom svijetu. Može se digitalno poduzeće definirati i kao poduzeće u kojem se komunikacije među izvršiteljima, odjelima i izvršitelja sa strojevima kao i sa poslovnim okruženjem obavlja digitalnim putem [1]. Prateći i procjenjujući značaj razvoja ITC na razvoj društva, gospodarstva i svih čovjekovih djelatnosti, zemlje EU definirale su programe razvoja ITC do 2020. godine. Na taj se način želi omogućiti izlaz iz gospodarske krize i priprema EU za iduće desetljeće a sastoji se u ostvarivanju gospodarske i društvene pogodnosti na jedinstvenom digitalnom tržištu. Pojednostavljeno: EU želi brzi komunikacijski protok među poslovnim partnerima: projekata, upita, narudžbi, otpremnica, crteža, uputa, standarda, planova i stanja proizvodnje, liste ugrađenog materijala i sljedivost u digitalnom obliku.

U procesu pripreme za stvaranje europskog informacijskog društva, razvoja digitalnih poduzeća i pripreme za 4. industrijsku revoluciju, ERP (Enterprise Resource Planning) sustavi proizvodnih tvrtki predstavljaju osnovnu informatičku infrastrukturu za logističku potporu upravljanju i funkcioniranju proizvodnih poduzeća u cilju stvaranje pretpostavki za ispunjenje ugovorenih rokova i zadovoljavajuće kvalitete i ugovorene cijene i time povećanje konkurentnosti. Na slici 1 prikazan je primjer definirane strukture ERP sustava tvrtke Informatički inženjering iz Slavenskog Broda [2].

Osnovni procesi u razvoju ERP sustava za digitalna poduzeća predstavlja integracija samostalnih IT proizvoda i ERP sustava koji su počeli razvojem računalom integrirane proizvodnje [3] :

- Integracija PDM (CAD) sustava i ERP sustava
- Integracija CAM sustava i ERP
- Integracija poslovne inteligencije (BI) i ERP sustava

- Integracija tabličnih kalkulatora (EXCEC....) i ERP sustava
- Integracija sustava planiranja i terminiranja i ERP sustava
- Integracija novih hardverskih proizvoda (RF terminali) i ERP.



Slika 1 Osnovna koncepcija ERP sustava tvrtke Informatički inženjering - ININ

Za uspješnu integraciju sustava planiranja i terminiranja i ERP, kao pretpostavke za simuliranje proizvodnih procesa u virtualnom okruženju digitalnih poduzeća kao i modela izrade ponudbene kalkulacije i obračuna troškova proizvodnje, neophodan je razvoj modela sa što je moguće točnijim i bržim određivanjem tehnoloških vremena za proizvodnju.

2. RAZVOJ MODELA ZA ODREĐIVANJE TEHNOLOŠKIH VREMENA

Potrebu za razvojem novih modela za određivanje tehnoloških vremena uzrokovali su slijedeći razlozi:

- Iskustveno određivanje normativa ovisi o tehnologu koji izrađuje tehnološki postupak te razlike u određenom vremenu mogu biti značajne
- Određivanje tehničke norme za zahvate kao dijelove operacija s proračunom režima rada i korištenjem tablica za pripremno-završno vrijeme dugo traje
- Za rad tehnologa potrebno je imati veliko radno iskustvo
- U proizvodnim procesima javljaju se nove tehnologije i novi kapaciteti koji zahtijevaju nove pristupe u izradi tehnoloških postupaka
- Najveće razlike u određivanju tehnoloških vremena javljaju se kod ručnih radnih mjesta (sastav, montaža, zavarivanje) koji predstavljaju značajan dio operacija u našim proizvodnim poduzećima.

Nakon razvoja grupne tehnologija koja s obzirom na tadašnje mogućnosti računalne opreme nije dala značajnije rezultate kod nas, javljaju se u proizvodnim poduzećima samostalni pokušaji rješavanja modela automatskog ili djelomično automatskog određivanja tehnoloških operacija. Možemo ih svrstati u slijedeće grupe:

- Određivanje tehnoloških postupaka za proizvodne faze ovisno o kemiskom sastavu proizvodnih elemenata
- Parametarski način određivanja tehnoloških operacija
- Određivanje tehnoloških postupaka za klasifikacijske grupe proizvodnih elemenata
- Određivanje približnih tehnoloških parametara za veliki broj tehnološki jednostavnih dijelova na proizvodu
- Izračun norme za ručna radna mjesta ovisno o klasifikaciji proizvodnog elementa (proizvoda/sklopa).

2.1 Određivanje tehnoloških postupaka za proizvodne faze ovisno o kemiskom sastavu proizvodnih elemenata

Proizvodna faza definira skup operacija koje se obavljaju na izradi dijelova i sklopova za koju se definira vrijeme potrebno za obavljanje faze dok se vrije pojedinih operacija dijeli prema definiranim proporcijama potrebnog vremena.

Na slici 2 prikaz je primjer automatskog određivanja trajanja faze i izbora proizvodnih kapaciteta (GRM-ova) ostvaren u tvrtki Končar mjerni transformatori d.d. Faze se definiraju u konstrukcijskoj sastavnici, za tipom proizvoda i naponski nivo a vrijeme za fazu određuje se formulom (dobivena testiranje u proizvodnji). Uz fazu se određuje i način raspoređivanja (planiranje ili terminiranje), međufazno čekanje i količina mogućih proizvodnih elemenata za istovremenu izradu na fazi.

Tip: AGU Strujni transformatori

GRM-ovi po fa.

Naponski nivo	Naziv
AGU-12	TRAFO STR ULJ (AGU) SI12
AGU-24	TRAFO STR ULJ (AGU) SI24
AGU-38	TRAFO STR ULJ (AGU) SI38
AGU-72.5	TRAFO STR ULJ (AGU) SI72.5
AGU-123	TRAFO STR ULJ (AGU) SI123

Naponski nivo: AGU-12 TRAFI STR ULJ (AGU) SI12

Rb faze	Naziv faze	Planirano
10	IZRADA I ŽARENJE MOH JEZGRE	
20	IZRADA, ŽARENJE I SLAGANJE U KUTIJU NANO JEZGR	
30	NAMATANJE SEKUNDARNIH NAMOTA	
40	KOMPLETIRANJE TORUSA I ZAVARIVANJE CIJEVI	
50	NAMATANJE GLAVNE IZOLACIJE-BANDAŽA	
60	IZRADA SEKUNDARNIH PLOČA	
70	SUŠENJE	
80	PRIPREMA DIJELOVA ZA MONTAŽU	
90	ZAVRŠNA MONTAŽA TRANSFORMATORA	
95	VAKUUMIRANJE I IMPREGNACIJA	
100	IZRADA AMBALAŽE	

Rb faze: 20 Kritična faza

Paralelna faza: 10 Prethodna faza: 10

Način raspoređivanja (PP,VP): PP

MFV čekanje: 24 Kalendar: 2S DVUJE SMJENE SA SUBOTOM

Formula: $14 + (\text{Vars.N}_{\text{JEZGRI}} * \text{Vars.N} * 0.25) * 2$

Rb faze: 10 IZRADA I ŽARENJE MOH JEZGRE

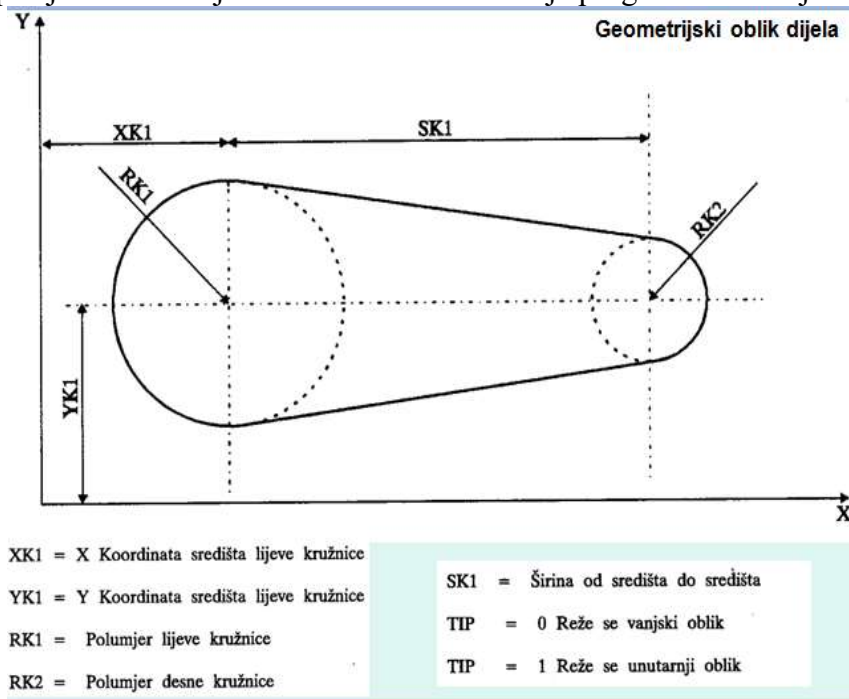
Planirano vrijeme (h): 12.25 MBK: 5 Vrsta:

Slika 2 Automatsko određivanje vremena trajanja faze

2.2 Parametarski način određivanja tehnoloških operacija

Parametarski model izrade tehnoloških postupaka zasniva se na određivanju tehnoloških postupaka ili programa za NC strojeve sa općim parametrima koji se izmjenom stvarnih vrijednosti generiraju tehnološki postupak ili program za NC stroj. Razvoj je počeo prije 30-tak godina u Đuro Đaković Tvornici šinskih vozila na rezanju dijelova za proizvodnju vagona.

Na slici 3 prikazan je parametarski definiran dio za rezanje u kojem tehnolog bez poznavanja programiranja upisuje stvarne vrijednosti i automatski dobije program za rezanje.



Slika 3 Parametarski definiran dio za rezanje

2.3 Određivanje tehnoloških postupaka za klasifikacijske grupe proizvodnih elemenata

Kombinacijom parametarskog modela i izrade tipskih tehnoloških operacija napravljen je model koji se primjenjuje u Dalekovod proizvodnja d.o.o. čiji se primjer prikazuje na slici 4. Za svaku grupu operacija na klasifikacijskoj grupi dijela /sklopa bira se predložak u koji se unose stvarne vrijednosti u polja označena sa 9999 te se dobije komadno vrijeme.

Šifra: Z24040

Tekst (naziv): Uzdužno zavariti 2 prethodno spoje- na poluplašta Stupa: Param: brz. žice __ m/min, Napon __ V Jač. str

Status:

Odjel: 1500

GRM: Z50M

Kval:

Tpz: 100

Tt:

Tekst: Uzdužno zavariti 2 prethodno spoje- na poluplašta Stupa: Param: brz. žice __ m/min, Napon __ V Jač. struje __ A, Instr. List 031D

Karakteristike operacije, primjedbe: Vrijedi za sva uzdužna zavarivanja koja se obavljaju na automatima za zavarivanje ESAB (pismena ovjera gsp. Maganić: 13.3.2013.)

Uputstva, primjedbe:

deblj. lima (mm)	brzina zavar. (mm/min)	struja A	Vž n/min
2	1400	135	20 3.5
3	900	140	21 3.8
4	800	145	21 4.2
5	650	175	22 5.1
6	450	180	23 5.3
8	400	190	25 5.5
10	350	220	25-26 6

Tt=namještanje nase i ticala, podešenje glave i odvajanje nase 2x +okret.=3,0min(snižano)
Tp=postavljanje i odnošenje obratka sa i na R.nj. =10min (KORS, SRS) i 15min (SUN i dr.)

Sastavio: J.Đ./12.2.09. MR/DI

Zam. za:

Zam. sa:

Od datuma: 05.02.2004

Do datuma:

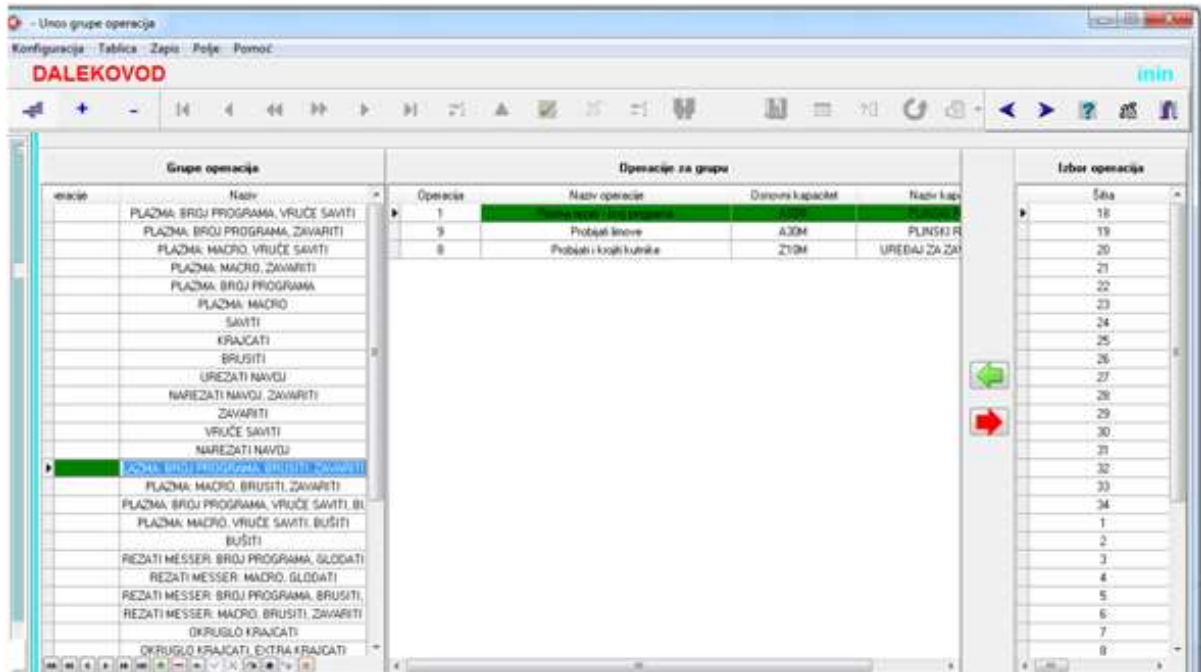
Prhvati >

Slika 4 Određivanje tehnoloških vremena za tipске postupke klasifikacijskih grupa proizvoda

2.4 Određivanje približnih tehnoloških parametara za veliki broj tehnološki jednostavnih dijelova na proizvodu

Za proizvode s velikom količinom podređenih jednostavnih dijelova i sklopova koji su slični po obliku (Stup dalekovoda) ili kupac zahtjeva kratko vrijeme isporuke nema vremena za detaljnu razradu tehnologije.

U modelu se definiraju moguće operacije i njihov redoslijed te ukupno vrijeme za izradu tako definirane grupne operacije prema slici 5. Podjela vremena iz grupne po pojedinačnim operacijama u grupi obavlja se unaprijed definiranim omjerima.



Slika 5 Grupne operacije za izradu jednostavnih dijelova

2.5 Izračun norme za ručna radna mjesta ovisno o klasifikaciji proizvodnog elementa (proizvoda/ sklopa).

U Društvu Končar – Metalne konstrukcije d.d. razvijen je model za izračun norme pojedinih grupa sklopova pri izradi transformatorskih kotlova s ciljem da se na najbrži mogući način definira norma koja se kasnije koristi pri planiranju kapaciteta i proizvodnje.

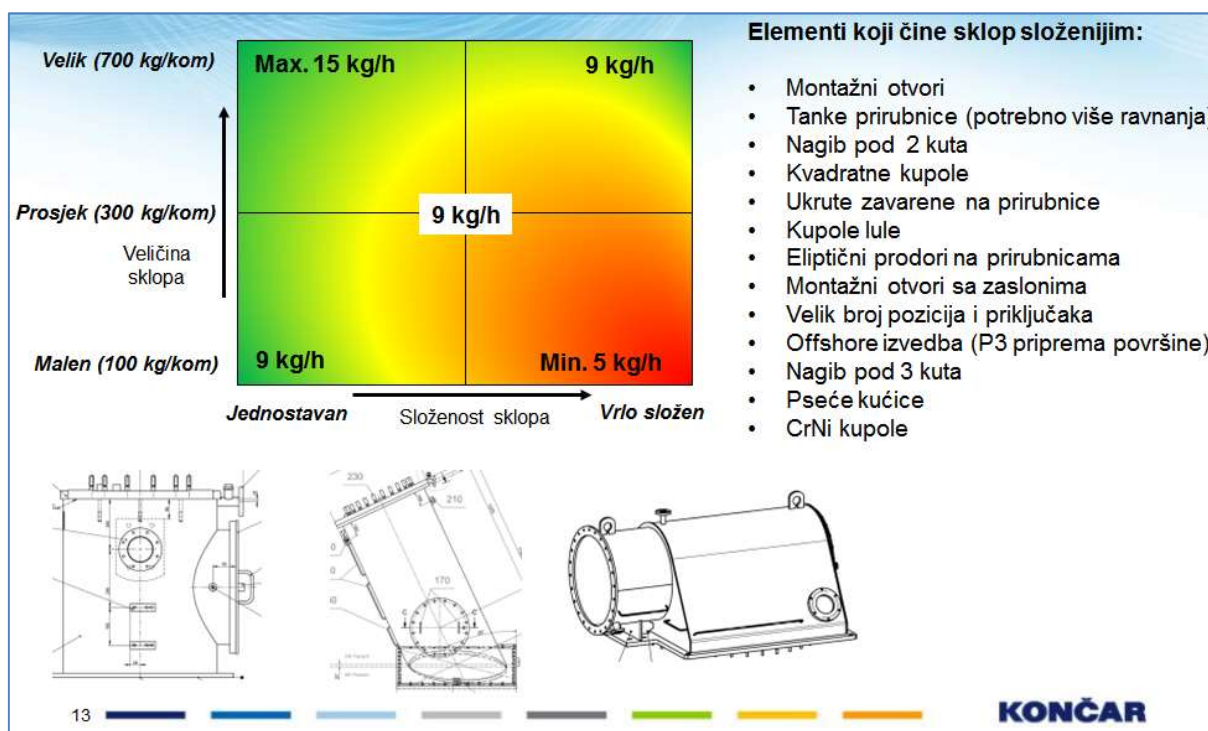
Transformatorski kotlovi su proizvodi s više od tisuću dijelova po projektu i više desetaka podsklopova koji čine završni proizvod (slika 6).

Uzevši u obzir da se mjesečno proizvede oko 15 različitih projekata, postupak normiranja za tehnologe mora biti maksimalno pojednostavljen, ali istovremeno norma mora biti realna kako bi se kapaciteti mogli adekvatno planirati.

Sklop	Naziv sklopa	Operacije na sklopu	GRM za BRP	Produktivnost BRP
100	Kotao	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	100F (Fallerovo) TRFK (Kraljevec)	20 - 50 kg/h
11x	Stranice kotla	-	100F (Fallerovo)	-
120	Dno kotla	-	100F (Fallerovo)	-
130-149	Kupole na kotlu	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	10 - 20 kg/h
150	Magnetni zasloni	-	100F (Fallerovo) TRFK (Kraljevec)	-
18x	Okviri kotla, dna i poklopca	-	100F (Fallerovo) TRFK (Kraljevec)	-
200	Poklopac	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	200F (Fallerovo) TRFK (Kraljevec)	10 - 40 kg/h
230 - 249	Kupole na poklopcu	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	10 - 20 kg/h
300	Konzervator	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	15 - 30 kg/h
34x	Nosači konzervatora	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo) TRFK (Kraljevec)	15 - 30 kg/h
400	Odzračni cjevovod	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo)	8 - 12 kg/h
410	Ispitni cjevovod	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo)	8 - 12 kg/h
49x	Imitacije i naprave	SRH - BRP - PJE - AKZ	PRMF (Fallerovo)	10 - 15 kg/h
50x	Oprema razna	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo)	10 - 15 kg/h
51x	Ljestve i gazišta	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo)	10 - 20 kg/h
54x	Nosači prednapona	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	15 - 25 kg/h
60x	Prijevozni slogovi	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	PRMF (Fallerovo)	10 - 25 kg/h
70x	Kabelske kutije	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	5 - 15 kg/h
80x	Rashladne baterije	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	12 - 30 kg/h
81x	Rashladni cjevovod	SRH - BRP - PRM - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	8 - 18 kg/h
84x	Nosač rashl. Baterije	SRH - BRP - PJE - AKZ - OTRR	TRFK (Kraljevec)	15 - 30 kg/h
89x	Imitacije i naprave	SRH - BRP - PJE - AKZ	PRMF (Fallerovo)	15 - 25 kg/h

Slika 6 Smjernice za normiranje pojedinih sklopova transformatorskih kotlova

Tehnolog prilikom tehnološke razrade pojedinih sklopova prepoznaje stupanj složenosti (Slika 7) te u ovisnosti o veličini sklopa definira ciljanu produktivnost u kg/h. Nakon unosa elemenata u informacijski sustav poznata je točna težina sklopa u kilogramima, te se automatski formulom izračunava potrebna količina sati za proizvodnju na ručnim radnim mjestima.



Slika 7 Smjernice za normiranje transformatorskih kupola

Postupak normiranja provodi se za ručne operacije bravarskih radova i zavarivanja, probne montaže te anti-korozivne zaštite (Slika 8).

Sklop	Naziv sklopa	PJE Sa 2,5	PJE Sa 3	AKZ < 180µm	180 do 240 µm	241 do 320 µm	> 321 µm	Vodne boje	Offshore + S/C	Siemens PN
100	Kotao	16 h	+ 30%	120 kg/h	+ 30%	+ 40%	+ 60%	+ 10%	+ 30%	+ 20%
130-149	Kupole na kotlu	1 h/kom		80 kg/h						
200	Poklopac	8 h		150 kg/h						
230 - 249	Kupole na poklopcu	1 h/kom		80 kg/h						
300	Konzervator	3 h		100 kg/h						
34x	Nosači konzervatora	2 h		100 kg/h						
400	Odzračni cjevovod	1 - 4 h		20 kg/h						
410	Ispitni cjevovod	1 - 4 h		20 kg/h						
49x	Imitacije i naprave	1 h		50 kg/h						
50x	Oprema razna	1 - 4 h		50 kg/h						
51x	Ljestve i gazišta	1 - 4 h		80 kg/h						
54x	Nosači prednapona	2 h		100 kg/h						
60x	Prijevozni slogovi	1 h		80 kg/h						
70x	Kabelske kutije	2 h		50 kg/h						
80x	Rashladne baterije	2 - 6 h		100 kg/h						
81x	Rashladni cjevovod	1 - 4 h		80 kg/h						
84x	Nosač rashl. Baterije	1 - 3 h		100 kg/h						
89x	Imitacije i naprave	1 h		200 kg/h						

Slika 8 Smjernice za normiranje operacija anti-korozivne zaštite

Uvođenjem ovog načina normiranja na najvišoj razini sklopova, ubrzan je proces tehnološke razrade te su normirane vrijednostipostale ujednačenije i točnije od normi dobivenih starim načinom rada – normiranja na razini svake pojedine pozicije i operacije. Planer proizvodnje prati izvršenje normi te korigira vrijednosti u predlošcima za buduću upotrebu tehnolozima.

3. ZAKLJUČAK

U pripremi poduzeća za 4. Industrijsku revoluciju i digitalizaciju proizvodnje značajnu pretpostavku predstavlja razvoj modela za brzu i što je moguće točniju izradi tehnoloških postupaka i određivanje tehnoloških vremena za dijelove, sklopove i proizvode. Time bi se omogućilo kvalitetnije davanje rokova, izbjegle razlike u određenim vremenima izrade ovisno o tehnologu te planiranje i terminiranje proizvodnje kao osnovne pretpostavke za konkurentan nastup na zahtjevnom tržištu EU.

Ovakav automatizirani pristup izračunima tehnoloških vremena i normi posebno je učinkovit u poduzećima gdje je prisutna pojedinačna proizvodnja („Make to Order“) uz direktnu isporuku kupcima („Just-In-Time“) bez skladištenja proizvoda. U takvim tipovima proizvodnih poduzeća rokovi su od iznimne važnosti te se za svaku pojedinu narudžbu tehnološka dokumentacija ponovo priprema za proizvodnju. Standardizacijom postupaka normiranja skraćuje se vrijeme tehnološke razrade, što u konačnici ima važan utjecaj na konkurentnost pri nuđenju i smanjenje troškova proizvodnje.

4. Literatura

- [1] Balič, J., Majdandžić, N.(2008). Digit@l F@ctory, DAAAM Publishing series-Manufacturing technology, Vienne, 2008.
- [2] ININ, 2017. Izvor www.inin.hr (datum zadnjeg pristupa 13.06.2017.)
- [3] Majdandžić, N.(1997.). Računalom integrirana proizvodnja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, 1997.