UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

OPTIMIZACIJA PROCESA IZDELAVE OHIŠJA VODNE ČRPALKE NG6

DIPLOMSKO DELO

Peter Lapanja

Mentor: doc. dr. Franc Gider

Nova Gorica, 2009

ZAHVALA

Zahvala vsem, ki so mi pomagali pri izdelavi diplomskega dela.

NASLOV

Optimizacija procesa izdelave ohišja vodne črpalke NG6

IZVLEČEK

V diplomskem delu je opisan projekt izboljšave procesa obdelave za izdelek ohišje vodne črpalke NG6 v podjetju Hidria Rotomatika (poslovna enota Livarstvo).

Pred projektom je bil proces izdelave ohišja vodne črpalke osnovan na dveh CNC stružnicah in obdelovalnim centrom, ki sta jih posluževala dva operaterja v vsaki izmeni. Proces je bil slabo nadziran, nepregleden in neučinkovit. Ker s takšnim procesom izdelave podjetje ni moglo konkurirati na svetovnem trgu, se je odločilo za optimizacijo procesa.

Projekt optimizacije je vključeval instalacijo nove robotske linije, vizualizacijo delovnih mest, ureditev delovnih mest po principih vitke proizvodnje, uvedbo spremljanja učinkovitosti in usposabljanje delovne sile.

Z optimizacijo celice smo izboljšali produktivnost proizvodnega procesa za 29 %, izboljšali kakovost izdelave, kar se odraža v zmanjšanju števila reklamacij za 80 % in zmanjšanem izmetu za 33 % ter posledično zmanjšali stroške, kar so prinesli zgornji kazalci merjenja. Z novo organiziranim procesom bo podjetje lažje držalo korak s konkurenti na globalnem trgu v avtomobilski industriji.

KLJUČNE BESEDE

Optimizacija procesov v proizvodnji, robotizacija, TPM, OEE, 5S, vitka proizvodnja.

TITLE

Optimizing the Process of Producing the NG6 Water Pump Casting

ABSTRACT

In this bachelor thesis, the project of improving the performance of the machining process used for producing the NG6 water pump casting at the Hidria Rotomatika Group (Die Casting business unit) is described.

Prior to this project, the process of producing the water pump casting was based on two CNC-lathes and a turning center managed by two operators in each shift. The process was poorly supervised, not transparent, and ineffective. The company is forced to optimize its processes constantly to be able to face severe competition on the global automotive market.

The project of improving the process performance comprised the following: installation of a new robotic line, workplace visualization, workplace organization according to the principles of lean manufacturing, introduction of effectiveness monitoring, and training of operators.

The project resulted in a 29% increase of productivity. In addition, the production quality was improved, which was reflected in an 80% decrease of client claims, and a 33% decrease of rejects. Based on all this, costs were also reduced considerably. This newly organized process will enable the company to keep pace with its competitors on the global automotive market.

KEY WORDS

Manufacturing process optimization, robotization, TPM, OEE, 5S, lean manufacturing.

KAZALO

1 UVOD 1

1.1 Cilj diplomskega dela 1

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IN IZDELKA 2

2.1 Hidria 2

2.1.1 Izdelki 2

2.2 Hidria Rotomatika 3

2.2.1 Poslanstvo in vizija 4

2.3 PE Livarstvo 4

2.3.1 Kakovost 5

2.3.2 Materiali 6

2.3.3 Razvoj in tehnologija 7

2.3.4 Aplikacije izdelkov 8

2.4 Predstavitev izdelka in proizvodnega procesa 8

2.4.1 Predstavitev izdelka 8

2.4.2 Predstavitev proizvodnega procesa 10

3 OPIS ZAČETNEGA STANJA 12

3.1 Obdelovalni center 12

3.2 CNC-obdelovalna stružnica 13

3.3 Težave obstoječega procesa 13

3.4 Izmet in reklamacije 14

4 IZBOLJŠAVE PROCESA 15
4.1 Tehnološko-procesne izboljšave 17
4.1.1 Robotizacija 17
4.1.2 Sistemi poka-yoke 20
4.1.3 Sledljivost 21
4.2 Organizacijske izboljšave 23
4.2.1 Vizualizacija 23
4.2.2 TPM (Total Productive Maintenance) 26
4.2.3 Kazalnik učinkovitosti OEE 34
4.2.4 Metoda 5S 37
4.2.5 Metoda rdeče oznake 42
5 REZULTATI 48
5.1 Izmet 48
5.1.1 Izmet po optimizaciji procesa 48
5.2 Produktivnost 49
5.3 Stroški dela 50
5.4 Število reklamacij 50
5.5 Nemerljivi rezultati 51
6 ZAKLJUČKI 52
7 LITERATURA 53
PRILOGA 1: Slikovni prikaz predstavitve izdelka 54

PRILOGA 2: Agregat BMW, v katerem je vgrajeno ohišje vodne črpalke NG6..... 55

PRILOGA 3: Kopija članka v reviji MODRO, ki poroča o projektu 56

PRILOGA 4: Plan preventivnega vzdrževanja 57

PRILOGA 5: Načrt preventivnega vzdrževanja 58

PRILOGA 6: Mesečna kontrolna karta vzdrževanja 59

PRILOGA 7: Obrazec za spremljanje razpoložljivosti proizvodnje opreme in kakovosti 60

PRILOGA 8: Obrazec za spremljanje zmogljivosti 61

PRILOGA 9: Standard čiščenja za redno dnevno čiščenje 62

KAZALO SLIK

Slika 1: Razdelitev korporacije Hidria na hčerinska podjetja 3

Slika 2: Proizvodna hala PE Livarstvo v Spodnji Idriji 5

Slika 3: Proizvodna hala PE Livarstvo v Kopru 5

Slika 4: Merilna oprema »Marposs« – naprava za merjenje notranjih ali zunanjih premerov z mikronsko natančnostjo. 6

Slika 5: Talilna peč za taljenje aluminija 7

Slika 6: Livarski stroj z zapiralno silo 660 ton 7

Slika 7: Ohišje volanske letve – eden izmed tehnološko najzahtevnejših proizvodov, izdelanih v PE Livarstvo 8

Slika 8: Magma soft, programska oprema za simulacijo litja, namenjena optimizaciji livarskega orodja (Novak, 2007) 9

Slika 9: Ohišje motorja za elektronsko vodno črpalko NG6 9

Slika 10: Obdelovalni center DAEWOO ACE320 (desno) in drča 12

Slika 11: Obdelovalni CNC-stružnici MORI SEIKI 13

Slika 12: Izmet pri operaciji obdelave NG6 (januar–oktober 2007) 14

Slika 13: Projektni tim 16

Slika 14: Robotska roka, ki upravlja dve CNC-stružnici in obdelovalni center 19

Slika 15: Senzorji na vhodnem zalogovniku, ki nadzirajo pravilno pozicijo obdelovanca 21

Slika 16: Ločena izhodna trakova za CNC št. 1 in CNC št. 2 22

Slika 17: Vtisnjena številka vpenjalnega mesta 22

Slika 18: Zareza na izdelku, ki ločuje izdelke, izdelane na CNC št. 1, od izdelkov, izdelanih na CNC št. 2 23

Slika 19: Informacijska tabla – vizualizacija procesa 25

Slika 20: Tabla z osnovnimi podatki o izdelku, postavljena na obdelovalni celici ... 25

Slika 21: Operater izpolnjuje kartico vzdrževanja 33

Slika 22: Tedenski obrazec OEE na informativni tabli 37

Slika 23: Odstranjevanje odvečnih stvari 38

Slika 24: Urejanje transportne poti 39

Slika 25: Urejanje potrebnega orodja 39

Slika 26: Definiran prostor za čistila 40

Slika 27: Standard hranjenja čistil in orodij, nameščen na omari za shranjevanje pripomočkov za čiščenje 41

Slika 28: Prikaz slik na informativni tabli: stanje pred izboljšavo in po njej 42

Slika 29: Neposredna in informativna rdeča oznaka 44

Slika 30: Shema območja 44

Slika 31: Načrt odprave rdečih oznak 45

Slika 32: Prikaz odpravljanja rdečih oznak na informativni tabli 45

Slika 33: Potek uvajanja metode rdečih oznak 47

Slika 34: Izmet na operaciji obdelava NG6 pred optimizacijo procesa in po njej 48

Slika 35: Izmet pri operaciji obdelave NG6 v obdobju po optimizaciji (november 2007–marec 2008) 49

Slika 36: Produktivnost pred robotizacijo procesa in po njej 49

Slika 37: Število zaposlenih pred robotizacijo procesa in po njej 50

Slika 38: Število prejetih reklamacij pred in po uvedenih izboljšavah..... 51

1 UVOD

V času, v katerem živimo, preživijo le tisti gospodarski subjekti, ki so se sposobni kar najhitreje in najbolje prilagajati novim potrebam in zahtevam trga. To pravilo velja tako v naravi kot tudi v poslovnem svetu. Globalizacija je povzročila nastanek enega samega tržišča, tako da se je konkurenca med podjetji še povečala. Kupci od podjetij zahtevajo vse večjo kakovost ter cenovno bolj sprejemljive izdelke. Podjetje, ki želi obdržati stik z vrhom in ostati konkurenčno, mora neprestano uvajati izboljšave ter težiti k obvladovanju procesov.

1.1 Cilj diplomskega dela

Podjetje Hidria Rotomatika d.o.o., poslovna enota Livarstvo, že štiri leta uspešno posluje kot dobavitelj tehnološko visoko zahtevnih aluminijastih komponent za sestavo vodnih črpalk, ki jih vgrajujejo v avtomobile BMW serij 3, 5, 6 in 7. Kot dober poslovni partner se zaveda pomena stalnih izboljšav. Z njimi si želi zagotoviti konkurenčnost na globalnem trgu, kjer ni prostora za spanje na osvojenih lovorikah. Podjetje neprestano dela na nadgrajevanju in iskanju izboljšav na slehernem segmentu proizvodnega procesa. Vse to dela z eno samo mislijo: »Danes sem dober, toda kaj bom storil, da bom jutri še boljši?«

Cilj diplomskega dela je izboljšati proces mehanske obdelave ohišja vodne črpalke NG6 in s tem zagotoviti konkurenčnost podjetja na področju stroškovne učinkovitosti in kakovosti.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IN IZDELKA

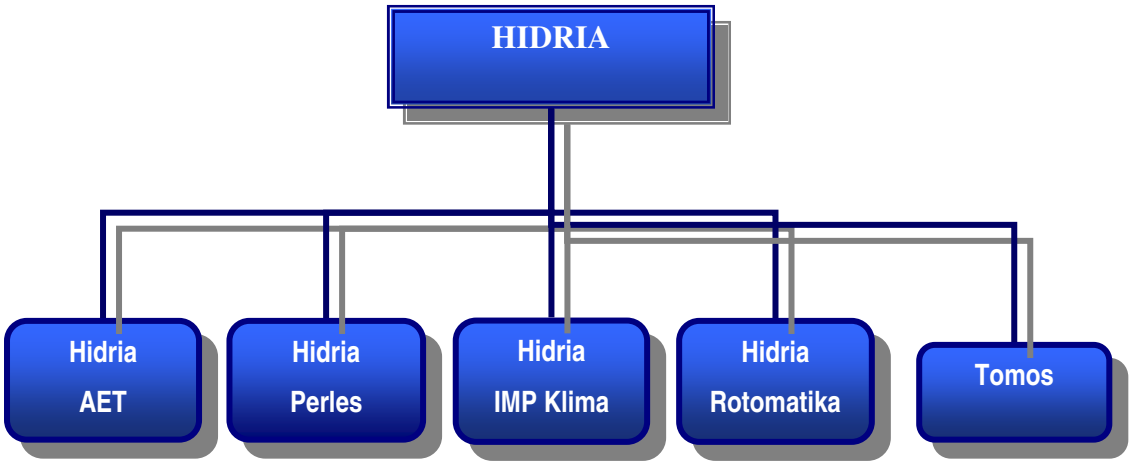
2.1 Hidria

Korporacija Hidria se ukvarja z razvojem, proizvodnjo in trženjem sistemov in komponent za klimatizacijo, gretje in hlajenje, avtomobilsko industrijo ter električna ročna orodja. Prepoznavnost in ugled korporacije na globalnem tržišču gradi 2800 zaposlenih v 33 družbah na skoraj vseh celinah. Stalna rast in dviganje konkurenčnosti temeljita na intenzivnih vlaganjih v lasten razvoj in raziskave ter na snovanju inovativnih visokotehnoloških rešitev.

Podjetje se uvršča med pet vodilnih svetovnih proizvajalcev lamel za elektromotorje, med štiri največje svetovne proizvajalce čepnih sveč za dizelske motorje ter prve štiri evropske proizvajalce sistemskih rešitev za klimatizacijo, gretje in hlajenje velikih zgradb. Hidria je največji evropski proizvajalec elektromotorjev za polhermetične kompresorje. Razdelitev korporacije Hidria na hčerinska podjetja je prikazana na sliki 1.

2.1.1 Izdelki

Vodilo razvojnih prizadevanj korporacije Hidria so želje in potrebe kupcev, ki narekujejo ustvarjanje vedno novih rešitev za hitro rastočo avtomobilsko industrijo, industrijo klimatizacije, gretja in hlajenja ter električnih ročnih orodij. Z visokotehnološkimi komponentami in s sistemi za avtomobilski motor ter sistemom upravljanja z vozilom uspešno nastopajo na hitro rastočem trgu avtomobilske industrije. Sodijo v sam vrh evropskih ponudnikov celovitih rešitev in komponent za industrijo klimatizacije, gretja in hlajenja, o čemer pričajo eminentne reference po vsem svetu (Organizacijska struktura, 2008).



Slika 1: Razdelitev korporacije Hidria na hčerinska podjetja

2.2 Hidria Rotomatika

Družba Hidria Rotomatika razvija, proizvaja in trži štiri osnovne programe izdelkov:

- komponente iz aluminija,
- specialne elektromotorje,
- ventilatorje in motorje z zunanjim rotorjem ter
- lamele, rotorje, finoštancane in konvencionalno štancane dele.

Glavna proizvodna lokacija in sedež sta v Spodnji Idriji, del proizvodnje lamel je na Jesenicah in v Kranju, del proizvodnje komponent iz aluminija pa v Kopru. Vsem družbam v skupini je skupna blagovna znamka Hidria, ki je pri kupcih elektromotorjev, ventilatorjev in komponent priznana pod pojmom zanesljivosti in kakovosti.

V podjetju Hidria Rotomatika se zavedajo, da so kakovost poslovanja, odgovorno ravnanje z okoljem ter skrb za varnost in zdravje zaposlenih ključni elementi pri gradnji ter stopnjevanju uspešnosti družbe. Prav te elemente dokazujejo pridobljeni certifikati skladnosti z zahtevami standardov ISO 9001:2000 in ISO/TS 16949:2002 za avtomobilsko industrijo ter ISO 14001:2004 za ravnanje z okoljem. Sklop vseh standardov je podprt s Poslovnikom kakovosti, ki narekuje pravila delovanja znotraj družbe, sodelovanje z zunanjimi partnerji in delovanje v širšem družbenem okolju.

Poslovnik kakovosti predpisuje tudi stalne izboljšave proizvodnih procesov z uvajanjem naprednih metod in orodij.

2.2.1 Poslanstvo in vizija

V podjetju se zavedajo, da je samo najboljši dovolj dober in da je zadovoljstvo kupcev gonilna sila njihove rasti. To se odraža tudi v njihovi viziji:

»Vsi zaposleni s svojo zavezanostjo k stalnim izboljšavam, pridobivanju novih znanj, z inovativnostjo, odgovornim okoljskim in družbenim delovanjem skrbimo, da bo Hidria Rotomatika prepoznavna, poslovno odlična družba, zanesljiv in konkurenčen partner ter razvojni dobavitelj kupcem s področja avtomobilske industrije, industrije hlajenja, ogrevanja in ventilacije ter industrijskih komponent in sistemov na globalnem trgu.

Tekmovalni duh športnih ekip, podprt z družinskimi vrednotami, rast posameznikov in skupin so ključne vrednote, ki si jih delimo s korporacijo Hidria« (O Hidrii Rotomatiki, 2008).

2.3 PE Livarstvo

Livarski začetki Hidria Rotomatika d.o.o. segajo v leto 1981, ko je bil vzpostavljen samostojni oddelek z osnovno nalogo pokrivanja notranjih potreb po odlitkih. Livarska dejavnost se je z rastjo matičnega podjetja širila čez okvir notranjih potreb. Leta 1995 se je oddelek livarstva preoblikoval v samostojno poslovno enoto Livarstvo, ki je svoje odlitke pod blagovno znamko Hidria začela uspešno tržiti na domačem in tujem trgu. Pomemben mejnik v razvoju je leto 2002, ko se je livarska proizvodnja preselila v popolnoma nov objekt v Spodnji Idriji. Danes ima PE Livarstvo svoje proizvodne kapacitete na dveh lokacijah: proizvodna lokacija v Spodnji Idriji je prikazana na sliki 2, proizvodna lokacija v Kopru pa je prikazana na sliki 3.

Slika 2: Proizvodna hala PE Livarstvo v Spodnji Idriji

Slika 3: Proizvodna hala PE Livarstvo v Kopru

2.3.1 Kakovost

Vsi zaposleni v Poslovni enoti Livarstvo si prizadevajo vzdrževati visoko raven kakovosti komponent iz aluminija. Stremijo k nadzoru proizvodnje s postopkom avtokontrole, ki ga neposredno dopolnjuje sodobna merilna oprema, ki vključuje spektrometer, tridimenzionalni merilni stroj, opremo za kontrolo ravnosti in hrapavosti površine, profilni projektor, opremo za kontrolo višine, kalibre, rentgen, opremo za merjenje notranjih in zunanjih premerov, ki je vidna na sliki 4, itd.

Prav tako so skladno z zahtevami standardov ISO 9001, ISO 14001, VDA 6.1 in ISO/TS 16949 skrbno načrtovali in uresničili potek vseh proizvodnih, manipulativnih in logističnih operacij znotraj poslovne enote. Njihov moto se glasi: »Kupčeve zahteve so naša gonilna sila.«

Slika 4: Merilna oprema »Marposs« – naprava za merjenje notranjih ali zunanjih premerov z mikronsko natančnostjo.

2.3.2 Materiali

V podjetju Hidria Rotomatika, PE Livarstvo, imajo bogato tehnološko znanje na področju ulivanja aluminijevih legur AlSi9Cu3, AlSi12Cu, AlSi10Mg, AlMg3 in Al.

Na lokaciji v Spodnji Idriji uporabljajo dve centralni peči za taljenje aluminija z zmogljivostjo talilnega bazena 2000 kg, ki je prikazan na sliki 5, in talilno kapaciteto 1500 kg/h ter eno 300-kilogramsko plinsko lončeno nagibno peč. Za vzdrževanje temperature taline se uporablja več vrst vzdrževalnih peči s kapaciteto 1000 kg, več vzdrževalnih dozirnih peči z zmogljivostjo 1000 kg in vzdrževalnih lončenih peči z zmogljivostjo 300 kg.

Kakovost taline konstantno izboljšujejo s postopkom razplinjenja. Strateški cilji podjetja Hidria Rotomatika vodijo k uvajanju novih tehnologij, kot je na primer vakuumsko litje, ki omogoča višjo tehnološko sposobnost. Uvajanje novih znanj bo dodatno izboljšalo kakovost končnih izdelkov.

Slika 5: Talilna peč za taljenje aluminija

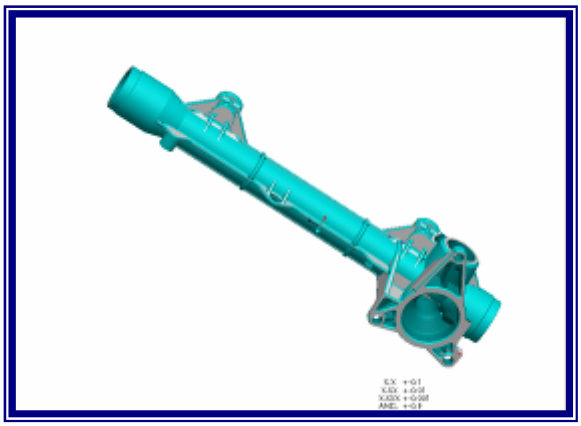
2.3.3 Razvoj in tehnologija

Ulivanje poteka na sodobnih računalniško vodenih livarskih strojih z zapiralno silo od 280 do 1600 ton. Na sliki 6 je prikazan livarski stroj z zapiralno silo 660 ton. Livarska faza pa se zaključuje na učinkovitih peskalnih strojih za glajenje površin (angl. *deburring*). Pri obdelavi izdelkov se uporabljajo najsodobnejši CNC-obdelovalni centri, stružnice in specialni namenski stroji, ki so dograjeni s proizvodi inovativnega znanja tehnoloških strokovnjakov. Sodobna opremljenost omogoča izvajanje različnih obdelovalnih faz v eni obdelovalni celici. S takim načinom dela optimirajo proizvodne čase, povečujejo konkurenčnost ter izboljšujejo logistični nadzor in fleksibilnost do kupcev. Mehanske obdelovalne možnosti dopolnjujejo posebna tehnologija NiKaSil, kromatiranje, barvanje, kontrola tesnosti in termična obdelava odlitkov.

Slika 6: Livarski stroj z zapiralno silo 660 ton

2.3.4 Aplikacije izdelkov

Že dobro desetletje je podjetje Hidria Rotomatika pomemben dobavitelj komponent za avtomobilsko industrijo (delov motorja, sistemov za brisanje stekel, krmilnega mehanizma, sistema za dovod goriva, volanskih sistemov). Prav tako svoje izdelke dobavljajo proizvajalcem komponente za klimatizacijo, gretje in hlajenje, črpalk, cilindrov, komponente za motocikle in ročno orodje. Na sliki 7 je eden izmed najpomembnejših proizvodov, ohišje volanske letve (Komponente iz aluminija, 2008).



Slika 7: Ohišje volanske letve – eden izmed tehnološko najzahtevnejših proizvodov, izdelanih v PE Livarstvo

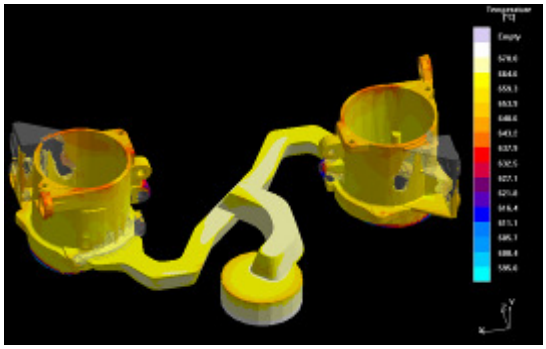
2.4 Predstavitev izdelka in proizvodnega procesa

2.4.1 Predstavitev izdelka

Ohišje vodne črpalke NG6 je eden izmed najzahtevnejših visokotehnoloških izdelkov, ki jih PE Livarstvo serijsko proizvaja za končnega kupca BMW. Slikovni prikaz izdelka je v prilogi 1.

Izdelek je sestavni del motorjev, ki se vgrajujejo v avtomobile BMW serij 3, 5, 6 in 7. Motor z vgrajeno vodno črpalko je prikazan v prilogi 2. Projekt je bil razvit in izoblikovan v sodelovanju s strokovnjaki litja in mehanske obdelave, zaposlenimi v podjetju Hidria Rotomatika. Uspešen izdelek in proces izdelave je torej rezultat lastnega znanja in tehnologije, s katero razpolagata Hidria Rotomatika in PE Livarstvo. Na sliki 8 je primer programa, ki ga v podjetju uporabljajo za simulacijo

litja, s pomočjo katerega optimirajo livarsko orodje v fazi razvoja. Tukaj je potrebno omeniti še kemijski, mehanski in elektrotehnični laboratorij, strojegradnjo, orodjarsko delavnico ter tehnološki center, v katerem so zaposleni strokovnjaki, ki so zelo pomemben člen pri razvoju izdelka, obenem pa nudijo tudi dobro podporo pri zagotavljanju stabilnosti procesa.



Slika 8: Magma soft, programska oprema za simulacijo litja, namenjena optimizaciji livarskega orodja (Novak, 2007)

Ohišje vodne črpalke je sestavljeno iz dveh delov. Oba sestavna dela izdeluje podjetje Hidria Rotomatika, procesa pa sta med seboj ločena. Predmet projekta, ki je opisan v diplomskem delu, je ohišje motorja, ki je prikazano na sliki 9, torej ohišje, v katerega je vgrajen elektromotor. Za potrebe podjetja Pierburg – Nemčija, ki je direkten dobavitelj sestava za BMW, v podjetju Hidria Rotomatika izdelajo 350.000 sestavov letno.

Slika 9: Ohišje motorja za elektronsko vodno črpalko NG6

2.4.2 Predstavitev proizvodnega procesa

Potek procesa ni naključen, ampak je strogo določen in tudi predpisan po vseh veljavnih specifikacijah in dokumentih.

- Vhodna kontrola materiala

Prevzem vhodnega materiala poteka po predpisani specifikaciji in postopku prevzema. Služba zagotavljanja kakovosti sprosti vhodni material na podlagi certifikata, ki ga dostavi dobavitelj, in pozitivnih rezultatov spektralne analize, opravljene v internem laboratoriju.

- Taljenje in razplinjevanje

Taljenje izvajajo po veljavnih predpisih in navodilih. Pomembno je upoštevati pravilni delež surovega in povratnega materiala. Razplinjevanje je pomembno za čistost materiala, s čimer dosežejo ustrezno viskoznost in zmanjšajo količino nezaželenih primesi. S pravilnim postopkom razplinjevanja bistveno zmanjšajo poroznost, ki je eden največjih sovražnikov vseh, ki se ukvarjajo z livarstvom.

- Ulivanje in obsekavanje

Ulivanje in obsekavanje potekata na robotiziranem, računalniško vodenem livarskem stroju, ki deluje znotraj livarske celice, v katero spadajo še obsekovalna hidravlična stiskalnica, robotska roka ter mazalna in izpihovalna glava.

- Peskanje

Peskanje je naslednja operacija, katere namen je glajenje površine izdelka – odstranjevanje mehanskih delcev.

- Mehanska obdelava

Pri operaciji mehanske obdelave uporabljamo obdelovalni center z namenskimi orodji, s katerimi obdelamo določene dele proizvoda. Pomembno je zagotoviti stabilen proces ter nadzorovati dimenzije.

- CNC-struženje

Na programski CNC-stružnici izdelek dokončno mehansko obdelamo. Prav tako kot pri operaciji mehanske obdelave je tudi tukaj potrebno zagotoviti stabilen proces, saj se z njim posledično pridobijo dimenzijski in funkcionalni izdelki po veljavni tehnični dokumentaciji.

- Pranje

Z operacijo pranja dosežejo čistost izdelkov, ki je predpisana glede na kupčeve standarde. Stabilnost procesa redno nadzorujejo z laboratorijskim meritvami ostankov netopnih delcev na izdelku.

- Kontrola tesnosti

Kupčeve zahteve glede zagotavljanja tesnosti izdelka so zelo stroge in jasno opredeljene. Za zagotavljanje dobrih kosov je bila vpeljana 100-odstotna kontrola tesnosti na napravah, ki so bile razvite in izdelane z internim znanjem. Zahteve kupca so puščanje 0,5 ml/min pri tlaku 3 bar ter 0,5 ml/min pri tlaku –0,7 bara (vakuum).

- Pakiranje

Pakiranje izvajajo po tehnološki dokumentaciji.

- Izhodna kontrola

V podjetju izvajajo izhodno kontrolo na pakirno enoto za dimenzije, ki so po tehnični dokumentaciji definirane kot »kritične dimenzije«.

3 OPIS ZAČETNEGA STANJA

Ko je podjetje pred štirimi leti pričelo s projektom uvajanja proizvodnje ohišja vodne črpalke NG6, je postavilo proizvodni proces, ki je bil v danem trenutku najboljši glede na takratno znanje in razpoložljivo tehnologijo. Proces obdelave je bil sestavljen iz obdelovalnega centra, vmesne povezovalne drče in dveh CNC-obdelovalnih stružnic. Za nemoteni proces so tako potrebovali dva operaterja v vsaki izmeni. Za delo v treh izmenah, ki je potrebno za zagotavljanje potrebnih količin, je bilo potrebnih šest operaterjev.

3.1 Obdelovalni center

V obdelovalnem centru poteka operacija, v katero vstavijo peskan odlitek, na izhodu pa dobijo ohišje vodne črpalke NG6 z obdelanimi pritrdilnimi nastavki. Za operacijo uporabljajo obdelovalni center ACE 320 z namensko vpenjalno mizo in rezilnimi orodji (slika 10). Operater št. 1 vstavi surovi obdelovanec v obdelovalni center, kontrolira pravilnost vpetja, aktivira obdelavo, vzame kos iz obdelovalnega centra, ga očisti s stisnjenim zrakom, izvede kontrolo v skladu s kontrolno dokumentacijo in odloži na drčo.

Slika 10: Obdelovalni center DAEWOO ACE320 (desno) in drča

3.2 CNC-obdelovalna stružnica

Operater št. 2 vzame obdelovanec iz drče in ga vstavi v CNC-stružnico, ki ga obdela po nastavljenem programu. Operater upravlja z dvema CNC-stružnicama izmenično, kot je prikazano na sliki 11. Izdelek kontrolirajo v skladu s predpisano kontrolno dokumentacijo. Po končanem struženju operater izdelek očisti s stisnjenim zrakom in odloži na drčo, ki vodi do naslednje operacije.

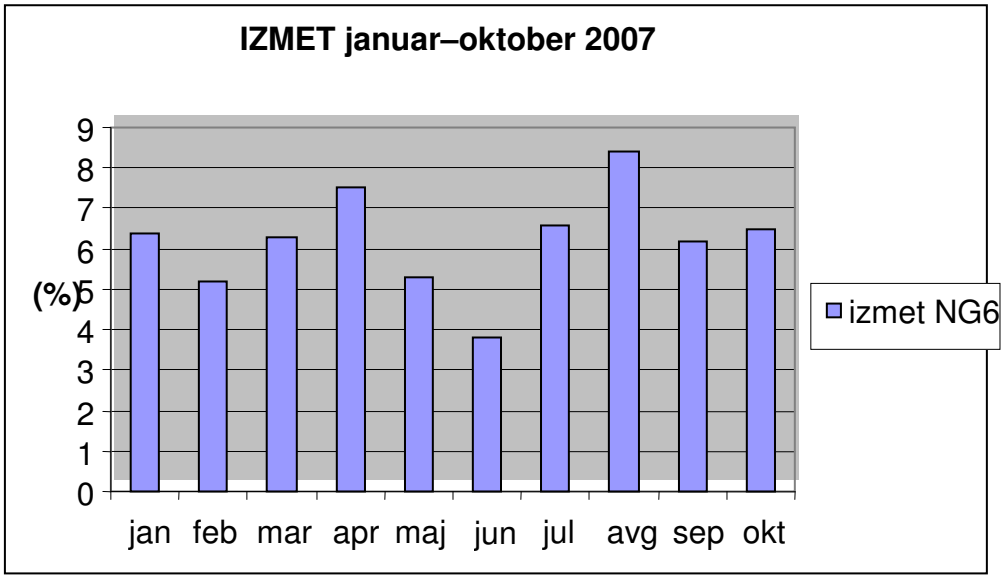
Slika 11: Obdelovalni CNC-stružnici MORI SEIKI

3.3 Težave obstoječega procesa

Največja težava pri obstoječem konceptu je bila zagotavljanje sledljivosti ob uporabi dveh CNC-stružnic. Izdelke je bilo namreč v primeru napake na eni izmed CNC-stružnici nemogoče ločiti. Naslednja težava je bila ročna manipulacija izdelkov, ki je zaradi občutljivosti izdelkov velikokrat vzrok za mehanske poškodbe na izdelkih ter posledično reklamacije s strani kupca. Težava je bila tudi takt operacij, saj je operacija obdelave na obdelovalnem centru hitrejša kot operacija struženja na CNC-stružnicah, s tem pa so izgubljali izkoriščenost obdelovalnega centra in operaterja. Prav tako so imeli operaterji težavo z izvajanjem kontrole, saj pri operaciji struženja primanjkuje časa za kakovostno kontrolo.

3.4 Izmet in reklamacije

V obdobju med januarjem in oktobrom 2007 je znašal izmet na operaciji obdelave ohišja vodne črpalke NG6 povprečno 6,22 %, kot je razvidno iz slike 12. Glavni vzroki za izmet so bili poroznost, dimenzijske napake in mehanske poškodbe. V istem obdobju je podjetje prejelo tudi 7 reklamacij s strani kupca. Dve reklamaciji sta bili podani na račun dimenzijskega odstopanja, ostalih pet pa zaradi mehanskih poškodb.



Slika 12: Izmet pri operaciji obdelave NG6 (januar–oktober 2007)

4 IZBOLJŠAVE PROCESA

Za izvedbo projekta izboljšave proizvodnega procesa izdelave ohišja črpalk NG6 je bil sestavljen projektni tim, ki je prikazan na sliki 13. Projektni tim sestavljajo:

- Peter Lapanja (diplomant, tehnolog kakovosti) – vodja projektnega tima,
- Dejan Tratnik (tehnolog obdelave) – član projektnega tima,
- Silvij Čeferin (vzdrževalec) – član projektnega tima,
- trije operaterji – člani projektnega tima.

Naloge vodje projektnega tima so:

- priprava strokovnih podlag za izvedbo projekta (osnovna idejna zasnova projekta, sestava projektnega tima, seznanjanje projektnega tima s projektom, usposabljanje projektnega tima in operaterjev, priprava kriterijev za nabavo opreme, pridobitev ponudb),
- koordinacija dela, nadzor nad izvajanjem projekta (časovna in tehnična skladnost poteka projekta, dogovori z dobavitelji opreme, koordinacija namestitve opreme in testiranja),
- poročanje vodstvu podjetja (tedenski sestanki z vodstvom PE Livarstvo in obveščanje o napredovanju projekta, sprotno reševanje težav pri izvajanju projekta),
- analiza učinkov projekta (priprava podlag za merjenje kazalnikov uspešnosti: izmet, reklamacije, produktivnost),
- potrditev procesa (izdelava vzorcev za potrditev procesa pri kupcu).

Naloge članov projektnega tima so:

- nudenje pomoči vodji projekta pri strokovnih odločitvah,
- operativno izvajanje nalog,

- pomoč dobaviteljem pri namestitvi opreme,
- izvajanje merjenja učinkov projekta,
- dajanje pobud za izboljšave,
- poročanje vodji projektnega tima (kratki dnevni sestanki).

Težave, s katerimi so se soočili projektni tim in vodja projekta:

- pomanjkanje izkušenj s podobnimi projekti,
- časovni pritisk za dokončanje projekta (zaradi dogovorjenih dobav kupcu, ki niso smele zamujati),
- odpor operaterjev do inovativnih sprememb.

Delo na projektu je trajalo 12 mesecev. V tem času se je projektni tim intenzivno sestajal in v svoje delo po potrebi vključeval tudi zunanje člane (npr. predstavnike proizvajalca robota).

Projektni tim je ostal v isti zasedbi tudi po zaključku projekta. Njegova naloga je nadzor in analiza procesa ter uvajanje stalnih izboljšav procesa. Tim se sestaja tedensko, na sestanku pa obravnava delovanje celice v preteklem tednu (izmet, produktivnost, zastoji, morebitne reklamacije, problemi ...) in določi smernice dela za naslednji teden.

Slika 13: Projektni tim

Izboljšave, ki jih je tim izvedel v okviru projekta, lahko razdelimo na dva sklopa: tehnološko-procesne izboljšave in organizacijske izboljšave.

4.1 Tehnološko-procesne izboljšave

4.1.1 Robotizacija

Robot, prikazan na sliki 14, povezuje vse obdelovalne priprave, ki so sestavljale proizvodni proces že pred projektom. Robot dela v okviru obdelovalne celice, ki obsega:

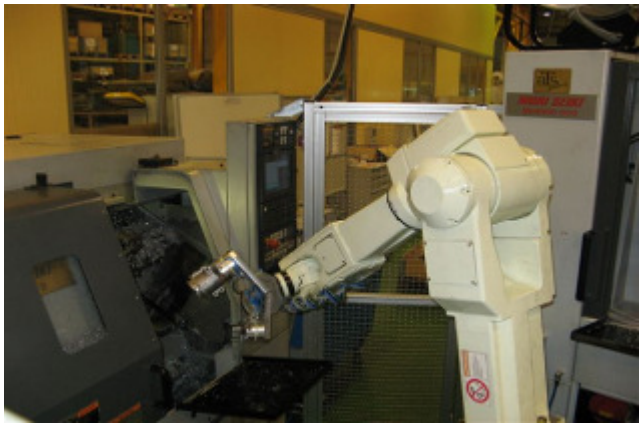
- obdelovalni center Daewoo ACE320,
- CNC-stružnico Mori Seiki CL 2000 (št. 1) in
- CNC-stružnico Mori Seiki CL 2000 (št. 2).

Prednosti in izboljšave, ki smo jih dosegli z robotizacijo:

- vhodni trak za surove polizdelke (zalogovnik) ima zagotovljeno avtonomijo za 30 minut,
- robotska celica omogoča obdelavo dveh tipov ohišji vodnih črpalk (NG6 in N43),
- enostavna menjava nastavitve med tipoma z enim nastavljavcem (15 min),
- robotska celica omogoča menjavo zalogovnika z drugim zalogovnikom (fleksibilnost),
- menjava zalogovnika je mogoča z enim nastavljavcem v kratkem roku 30 min,
- robotska celica zagotavlja orientacijo izdelkov v zalogovniku ter tako preprečuje možnost nepravilnega vstavljanja izdelkov v zalogovnik,
- z robotsko celico smo se izognili vsem mehanskim poškodbam med manipuliranjem z izdelki,

- osnovni tloris postavitve robotske celice ostaja enak in tako ne zaseda več prostora kot predhodni,
- robot zagotavlja 100-odstotno avtomatsko čiščenje ležišč vpenjalne priprave s pihanjem zraka ter prijemalnih površin izdelka na območju prijemanja, s čimer smo se izognili možnosti dimenzijskih napak zaradi neustreznega vpetja obdelovanca,
- avtomatsko čiščenje izdelkov z zrakom po končani obdelavi (odstranjevanje ostružkov ter hladilne emulzije), kar nam izredno pomaga pri zagotavljanju čistoče izdelkov, ki je ena izmed poglavitnih zahtev kupca,
- program omogoča režim dela na eni CNC-stružnici ali dveh (fleksibilnost),
- izhodni tekoči trak je opremljen z lovilcem emulzije + filter opilkov ter senzorjem prisotnosti izdelkov. Lovilec emulzije pripomore k urejenosti in čistosti delovnega okolja in preprečuje morebitne poškodbe pri delu zaradi spolzkih tal, pomemben pa je tudi prihranek emulzije, ki se filtrirana vrne v delovni obtok,
- avtonomija zalogovnika za 30 min,
- izhodni trak omogoča ločevanje izdelkov CNC-stružnice št. 1 in CNC-stružnice št. 2. S tem ukrepom se ob morebitnih dimenzijskih napakah izognemo prebiranju in dodatni izgubi časa. Slabe kose preprosto izločimo in celica lahko deluje naprej nemoteno, brez dodatnih zastojev,
- robotska celica vsebuje področje (škatlo) za frekvenčno odlaganje izdelkov, ki jih operater 100-odstotno kontrolira po predpisanem kontrolnem planu. Predpisana je kontrola vsakega 20. kosa na CNC-stružnico, ki ga robot programsko odloži na programirano mesto. Če operater izdelka ne odmakne, se ob naslednji dopolnjeni frekvenci celica avtomatsko ustavi,
- operaterju je zaradi popolnoma avtomatizirane celice omogočen čas za kakovostno kontrolo izdelka,

- robotska celica zagotavlja 100-odstotno izkoriščenost obdelovalnih strojev (robot čaka stružnice in ne obratno),
- robotska celica je narejena po standardih, ki nam zagotavlja nemoteno delo v treh izmenah (24 ur na dan in 7 dni na teden) v industrijskem območju obrata mehanske obdelave,
- robotska celica zagotavlja efektivni delovni čas, ki je večji od 95 %, kar pomeni efektivni čas nad 456 min pri trajanju izmene 480 min. V obdobju, v katerem uporabljamo robot, smo dosegli tudi cilj zastoja celice zaradi manipulacije robota, ki je povprečno manjše od 24 min na izmeno,
- zaradi robotizacije celice smo lahko število potrebnih operaterjev iz prejšnjih šest zmanjšali na sedanje tri. Torej sedaj je za isto delo, za katero sta bila prej potrebna dva operaterja na izmeno, potreben le en operater na izmeno,
- robot ustreza CE-standardom,
- robot ima varnostne mehanizme (končna stikala, foto celice, zaščitno ograjo itd.), ki preprečujejo poškodbe zaposlenih ter poškodbe imetja,
- dokumentacija, povezana z robotom, vsebuje vsa navodila za varno delo.



Slika 14: Robotska roka, ki upravlja dve CNC-stružnici in obdelovalni center

4.1.2 Sistemi poka-yoke

Ob uvajanju robotizacije smo poskušali tudi čim bolj razmišljati v smeri preprostih tehnoloških rešitev, s katerimi bi zagotovili nadzor nad določenimi pozicijami (sistemi poka-yoke).

Prišli smo do rešitev, pri katerih smo v proces vgradili optične senzorje, zračne kontrole in mehanske čepe, s katerimi smo rešili problem nadzora nad ključnimi koordinatami izdelka.

To so sistemi, ki kontrolirajo kakovost izdelkov samih. V celici je vgrajenih še veliko drugih senzorjev in sistemov, ki neposredno ne vplivajo na kakovost izdelkov, pomagajo in opozarjajo pa pri pravilnem in nemotenem delovanju celice z namenom delovanja brez zastojev in napak. Ti sistemi so:

- senzor za prisotnost surovega polizdelka na vhodnem zalogovniku. Ko se zaloga surovih polizdelkov v zalogovniku spusti pod predpisani minimum, se prižge opozorilna signalna lučka, ki operaterja opozori na polnjenje zalogovnika pred zaustavitvijo same celice;

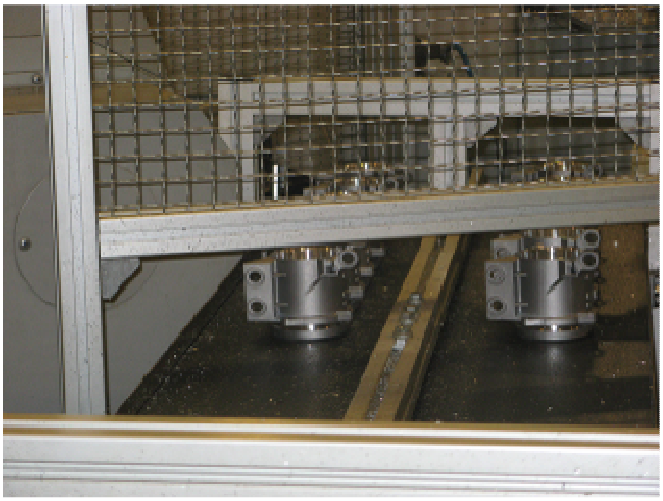
- enak sistem je vzpostavljen tudi na izhodnem zalogovniku. Ko zalogovnik doseže predpisano količino obdelanih kosov, se prižge signalna lučka, ki operaterja opozarja na izpraznitev zalogovnika za nemoteno delovanje;

- na vhodnem zalogovniku je vgrajen tudi senzor, ki kontrolira pozicijo kosa na vhodu. Senzor je prikazan na sliki 15. Če je pozicija napačna, se linija samodejno ustavi. S tem preprečimo morebitne poškodbe obdelovalnih centrov zaradi napačnega vpetja obdelovanca.

Slika 15: Senzorji na vhodnem zalogovniku, ki nadzirajo pravilno pozicijo obdelovanca

4.1.3 Sledljivost

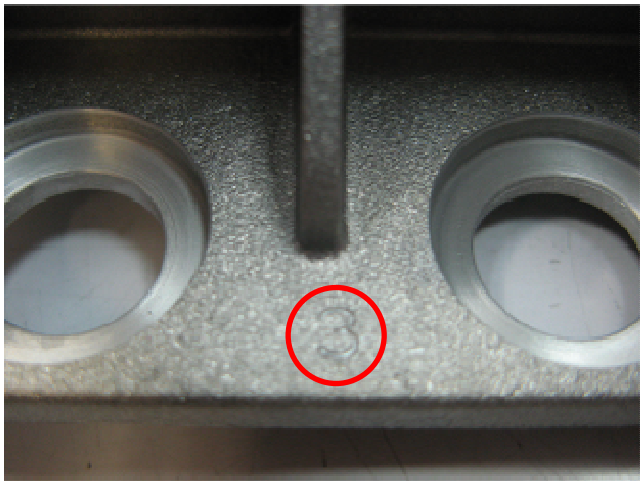
Ker je proizvodni proces urejen v skladu s standardom ISO/TS, mora podjetje redno zagotavljati sledljivost vseh izdelkov. Sledljivost izdelkov je pomembna v primeru kakršnih koli težav in odstopanj izdelkov od predpisanih standardov in tehnične dokumentacije. Vsak kos ima datumski žig, s katerega je razvidno obdobje, v katerem je bil kos ulit. Ta datumski žig je povezava do vseh pomembnih informacij, povezanih z ustreznostjo izdelka. V prvi vrsti je to material, saj lahko v vsakem trenutku za vsak izdelek dobimo povezavo do kemijske analize materiala, iz katerega je bil izdelek narejen, in do dobaviteljevega certifikata za material. S tem je livarski del sledljivosti v celoti pokrit. Z robotizacijo pa so izkoristili priložnost in dodelali tudi sistem sledljivosti pri operaciji mehanske obdelave ohišja vodne črpalke NG6. Kratkoročno sledljivost zagotavljajo z ločevanjem izdelkov na dveh izhodnih trakovih (glej sliko 16), ki jih po obdelavi odlagajo v zalogovnik. Izdelke ločujejo na kose, obdelane v CNC-stružnici št. 1 in CNC-stružnici št. 2. S tem so dosegli, da lahko v primeru dimenzijske napake na eni izmed stružnic hitro in preprosto poiščejo slabe kose, ki jih nato obravnavajo po postopku, ki predpisuje obvladovanje neskladnih proizvodov. S tem smo preprečili možnost, da bi se neskladen izdelek uspel »pretihotapiti« do kupca, na drugi strani pa, da bi dobre kose izločali v izmet. Ločevanje je potrebno tudi zaradi hitrega in učinkovitega ukrepanja z namenom čim krajšega zaustavljanja procesa in čim manjšim posledičnim izgubljanjem kapacitet.



Slika 16: Ločena izhodna trakova za CNC št. 1 in CNC št. 2

V okviru projekta smo vgradili še dva sistema, ki zagotavljata sledljivost, in sicer:

- sledljivost vpenjalnega mesta na obdelovalnem centru Daewoo Ace, kjer je pet vpenjalnih mest. Sledljivost smo zagotovili z novimi vpenjalnimi čeljustmi, na katerih so številke od ena do pet in ob vpetju v določeno vpenjalno mesto se številka odtisne na izdelek. Tako smo dosegli, da se za vsak obdelan kos ve, na katerem vpenjalnem mestu je bil obdelan. Če pride do problema na določenem vpenjalnem mestu, je prebiranje izdelkov hitro in preprosto. Primer vtisnjene številke je na sliki 17;



Slika 17: Vtisnjena številka vpenjalnega mesta

- sledljivost CNC-stružnic. Ker v procesu nastopata dve CNC-stružnici, je bilo nujno potrebno zagotoviti sledljivost, ki posreduje podatke o tem, na kateri izmed obeh stružnic je bil kos stružen. To smo preprosto zagotovili z dodatnim rezom, vidnim na sliki 18, po katerem se kosi iz stružnice št. 1 razlikujejo od kosov iz stružnice št. 2.

Slika 18: Zareza na izdelku, ki ločuje izdelke, izdelane na CNC št. 1, od izdelkov, izdelanih na CNC št. 2

4.2 Organizacijske izboljšave

Pri projektu prenove in posodobitve procesa smo celovito zajeli proces in mu poleg tehnoloških izboljšav dodali še organizacijske izboljšave. Vpeljali smo vizualizacijo z uvedbo informacijske table, TPM, 10-minutne dnevne sestanke, kaizen (krožki kakovosti), akcijske načrte …

4.2.1 Vizualizacija

Vizualizacija je pomembna izboljšava, ki smo jo ob reorganizaciji in robotizaciji uvedli v proces. Pomembna je predvsem kot zaokrožitev celote, ki povezuje procese znotraj projekta v celoto. Uvedli smo informacijsko tablo (glej sliko 19), na kateri dnevno oziroma po potrebi osvežujemo podatke, ki so v pomoč operaterjem, prav tako pa tudi vsem ostalim, ki so kakorkoli vključeni v proces, ali pa naključnim obiskovalcem (vodstvo, presojevalci, gosti …).

Informacijska tabla vsebuje naslednje podatke:

- OEE (tedensko spremljanje),
- PRODUKTIVNOST (dnevno spremljanje – vpisujejo operaterji),
- IZMET (dnevno spremljanje – vpisujejo operaterji),
- AKCIJSKI NAČRT (dnevno spremljanje – vpisuje vodja projektnega tima),
- KOMENTARJI (rubrika namenjena za komentarje operaterjev – predlogi, težave, vprašanja, pohvale),
- OBVESTILA (obvestila s strani vodij izmen),
- REKLAMACIJE (obvestila in opozorila morebitnih reklamacij in opozoril s strani kupca),
- KATALOG NAPAK (izdelan katalog zgodovine napak, ki ga po potrebi osvežuje služba kakovosti),
- PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE (načrt preventivnega vzdrževanja celice – tedenski, mesečni, letni),
- ODPRAVLJANJE RDEČIH OZNAK (rubrika je namenjena vsem, ki so povezani s procesom. Če ugotovimo pomanjkljivosti, kritično mesto na tlorisu označimo z rdečo nalepko in v posebnem akcijskem načrtu določimo rok in odgovornost za odpravo pomanjkljivosti),
- 5S (v rubriki 5S so predstavljene slike, malomarnosti in nepravilnosti, ki se pojavljajo med samim procesom).

Slika 19: Informacijska tabla – vizualizacija procesa

Poleg zgoraj opisane informacijske table smo v sklopu izboljšave dodali tudi tablo prikaza sestave in uporabe izdelka, ki je predmet procesa, vključno z osnovnimi podatki, ki zadevajo projekt. Predstavitvena tabla je prikazana na sliki 20.

Slika 20: Tabla z osnovnimi podatki o izdelku, postavljena na obdelovalni celici

Uvedli smo tudi uporabo dveh monitorjev, in sicer v prostoru, kjer se operaterji zadržujejo med odmori, na katerih se izmenjujejo pomembni tekoči podatki, ki se

nanašajo na celotno proizvodnjo in tako tudi na naš proces izdelave ohišja vodne črpalke NG6.

Ob vhodu v obdelovalno halo smo dodali tablo z vizualizacijo proizvodnje. Tablo osvežujemo izmensko. Na njej so podatki o tem, kateri operater je na kateri obdelovalni celici, kdo je na izmeni zadolžen za nadzor kakovosti, kdo je transportni delavec, vodja izmene ... Na tabli so tudi podatki o tem, kateri stroj dela in kateri ne ter vzroku zastoja.

4.2.2 TPM (Total Productive Maintenance)

Opis TPM

TPM ali celovito produktivno vzdrževanje je sistem oziroma metoda, ki zagotavlja čim boljšo učinkovitost proizvodnje. Razvili so ga Japonci, ki so bili hud konkurenčni boj z ameriško in evropsko industrijo. Japonci so se hoteli prebiti na svetovni trg. Hoteli so proizvajati kvalitetnejše izdelke, kot jih je do tedaj poznal svet. Zato so na celotnem področju industrije uvajali spremembe, ki so obetale boljše rezultate. Tako so spremenili organizacijo dela, načrtovanje, raziskavo trga in posodobili proizvodnjo. Ugotovili so, da je pri vitki avtomatizirani proizvodnji zelo pomembno neprekinjeno delovanje. Pri analiziranju vzrokov za zastoje so ugotovili, kako pomembno je vzdrževanje. Spoznali so, kako pomembno je, da vsi zaposleni delajo z visoko motiviranostjo in si pri doseganju ciljev želijo nenehnih izboljšav. V prihodnosti bo uspešen le tisti, ki bo hitro razvijal nove izdelke ali storitve ter ob tem zniževal stroške proizvodnje. Danes ni več pomembno, da znamo nek izdelek narediti, ampak je pomembno, da ga naredimo po najnižji možni ceni. Prav to omogoča TPM, ki ga štejemo za temelj sodobne vitke proizvodnje, saj zagotavlja izjemne proizvodne dosežke, vidno spreminja delovno okolje oziroma izboljšuje pogoje delovnega mesta, v končni fazi pa povečuje tudi znanje in zadovoljstvo delavcev.

Če želimo uvesti TPM v proizvodnjo, moramo najprej sestaviti ustrezno ekipo strokovnjakov. Ti morajo biti dobro motivirani in čutiti odgovornost za uspeh uvajanja TPM. Potem razdelimo delo na posamezne faze ali korake in še naprej na

etape. Običajno to delo poteka več let, zato si ob delu ne smemo privoščiti raznih bližnjic ali stranpoti.

Neprenehoma se moramo truditi za izboljšave. Ko dosežemo določeno raven, se ne smemo predati zadovoljstvu in misliti, da smo najboljši in da se ne da ničesar več izboljšati. Prav v tem našem zadovoljstvu nas bo prehitela konkurenca in izgubili bomo trg in dobiček. To so neusmiljene zakonitosti globalnega tekmovanja med podjetji. Če se tega zavedamo, nam je TPM v veliko pomoč in daje dobre rezultate. Ti se kažejo:

- v spremenjenem odnosu do dela,
- v zagotavljanju socialne varnosti zaposlenih za celo življenjsko obdobje,
- v omogočanju napredovanja uspešnim in motiviranju zaposlenih,
- v možnosti prerazporejanja delavcev glede na potrebe,
- v zadovoljstvu zaposlenih, ki delajo v timih,
- v občutku, da delamo nekaj pomembnega,
- v dobrem zaslužku in
- v aktiviranju starejših delavcev z izkušnjami.

Glavni cilj TPM je, da s pomočjo vseh znanih metod, orodij in virov stalno dosegamo maksimalno učinkovitost delovnega sredstva. Pri tem znanje iz ekonomike in drugih ved združujemo v skupen rezultat in zadovoljstvo. Tako nenehno izboljšujemo proizvodnjo.

Vitka proizvodnja je eden od sistemov organizacije proizvodnje, ki daje najboljše rezultate. Zahteva postavitev timov vzdolž celotnih proizvodnih procesov in teži k čim tesnejši povezavi vseh aktivnosti z osnovnim namenom, da čim bolje izvedemo proizvodnjo. Vse motnje, ki ovirajo prost potek proizvodnega procesa, se kar najhitreje odpravljajo. Sem spadajo zastoji in prekinitve procesa, ki jih

najuspešneje rešuje vzdrževanje. Pri tem je bistvenega pomena TPM, ki take prekinitve v celoti zmanjšuje (Grilj, 2005).

TPM prispeva k zagotavljanju celovite kakovosti z naslednjim:

- z zanesljivim delovanjem strojev omogoča pravočasno proizvodnjo,
- s standardizacijo uporabe strojev obvladuje procese proizvodnje in izboljšuje kakovost,
- ureja organizacijo proizvodnje,
- znižuje stroške proizvodnje,
- ustvarja zadovoljnega kupca in proizvajalca.

Postopek vpeljave TPM

TPM uvajamo v podjetja po naslednjih korakih (Grilj, 2005):

1. odločitev uprave za TPM,
2. predstavitev TPM in izobraževanje,
3. postavljanje strukture uvajanja in vodenja TPM,
4. ocena dejanskega stanja,
5. izdelava programa uvajanja TPM,
6. začetek uvajanja,
7. kritična analiza stanja,
8. razvoj in postavitev samostojnega vzdrževanja,
9. razvoj in postavitev programiranega vzdrževanja,
10. izboljševanje tehnične usposobljenosti,
11. vključitev pridobljenega znanja v prakso,

12. določitev novih ciljev in nalepka TPM.

1. KORAK

V začetni fazi se mora uprava podjetja odločiti za uvajanje TPM. Podjetje se odloči, ali bo najelo zunanjega izvajalca ali pa bo za TPM odgovorna notranja ekipa zaposlenih. Obe strani imate prednosti in slabosti.

Zunanja ekipa: Prednost zunanjega izvajalca je ta, da že pozna metodo, kar pomeni manj truda za izobraževanje, druga prednost zunanjih izvajalcev pa je neobremenjenost z obstoječim stanjem. Slabost zunanje ekipe je predvsem slabo poznavanje proizvodnje v našem okolišu, saj je veliko lažje delati na že poznani stvari. Zunanje izvajalce je potrebno plačati, kar pa predstavlja dodaten strošek.

Notranja ekipa: Prednost notranje ekipe je v prvi vrsti poznavanje procesov, sodelavcev ter kulture, saj tako pride do lažjega sporazumevanje in izobraževanja. Slabost notranje ekipe je nepoznavanje metode, saj je za uvajanje TPM potrebno veliko izobraževanja in sprememba miselnosti.

2. KORAK

V tem obdobju se animatorji za TPM seznanjajo z metodo TPM in se ustrezno izobražujejo. Spoznati morajo, kaj predstavlja uvajanje tega sistema v proizvodnjo. Predvsem morajo spoznati specifičnosti svoje proizvodnje in njeno prilagajanje na TPM. Sodelujejo z vodilnim osebjem v proizvodnji in ga pripravljajo na spremembe. V tem obdobju lahko pride do odporov proti TPM, zato je naloga vodje projekta tudi premagovanje takih odporov.

3. KORAK

V tem koraku že prehajamo na natančno spoznavanje organiziranosti proizvodnje in postavljamo strukturo vodenja. Razčlenimo vsa dosedanja pravila in predpise o poslovnih dogodkih in predlagamo nova pravila v smislu uvajanja TPM. Postavimo skupine animatorjev in njihove vodje, tako da imamo pregled nad celotno proizvodnjo.

4. KORAK

Pri tem koraku že ocenjujemo stanje, ki ga imamo. Sedaj že poznamo značilnosti TPM in s tega vidika ocenjujemo:

- stanje prostorov (vse tehnične lastnosti in pomanjkljivosti zgradb),
- stanje strojev (obraba, netočnost in procesne meje obdelave),
- stanje transporta (vse lastnosti in značilnosti transportnih sredstev),
- stanje materialov in surovin,
- stanje naše učinkovitosti proizvajanja in spoštovanja rokov.

5. KORAK

V tem koraku izdelujemo program uvajanja TPM. Sem spada časovna opredelitev posameznih etap dela. Razčlenimo vse naše delovne načrte in kosovnice. Povsod se vprašamo, ali je obstoječa rešitev dobra, ali nam v proizvodnji delajo težave določeni sklopi itd. Vse to prilagajamo TPM. Potem analiziramo obstoječe rešitve in predlagamo ukrepe. Določimo postopnost izvajanja, navodila za izvajanje in odgovorno osebo.

6. KORAK

V tem koraku moramo razložiti cilje uvajanja TPM vsem zaposlenim. To je del izobraževanja delavcev. Pokazati jim moramo, kako se bodo postopki izvajali in kako bo od sedaj naprej teklo delo v proizvodnji. Opozoriti jih moramo, na katere značilnosti naj pazijo bolj in na katere manj. Definirati moramo vse podrobnosti in različne situacije. Razložiti moramo motnje v proizvodnji in postopke ukrepanja, če na primer nek del ni ustrezen ali če uporabljamo določene nadomestke. Vse takšne situacije razložimo z ustreznimi ukrepi. Zaposlenim v vodstvu prikažemo, kako TPM vpliva na večjo izkoriščenost in optimizacijo procesov. Pri vzdrževanju poudarimo, da se s to metodo samodejno odpravljajo okvare in da se tako razbremenijo vzdrževalci. Delavcem v proizvodnji predstavimo cilje te metode, tako da jih aktivno

vključimo v proces in jim s tem večamo motivacijo. Na koncu tega koraka izdelamo vmesno poročilo.

7. KORAK

Ta korak je najpomembnejši, saj ugotavljamo svoje slabosti. Če smo dosledni in natančni, jih moramo ugotoviti kar nekaj. Ocenimo, kje slabo delamo, kje imamo zastoje in prekinitve in kje naši kupci niso zadovoljni. S pridobljenim znanjem iz TPM odstranjujemo vzroke slabega dela. Sodelujemo z različnimi strokovnjaki, ki nam pomagajo pri reševanju problemov. Sodelavcem razložimo slabosti in predstavimo nove rešitve. Tako postavljamo temelj dobrega dela v prihodnosti. Pri analizi moramo biti kritični in se ne smemo zadovoljiti z mislijo, da se bolje ne da delati, da smo uporabili najsodobnejšo tehnologijo in da drugače ne gre.

8. KORAK

V tem koraku moramo ugotovitve prejšnje analize že uveljavljati v praksi. Najprej moramo poostriti tehnološko in delovno disciplino in ustvariti pogoje za industrijsko higieno. Pregledati moramo tudi delovno okolje in stroje, na katerih delamo. Če so tu kakšne pomanjkljivosti, jih takoj odpravimo. Pristopiti moramo k rednemu in natančnemu čiščenju. Postaviti moramo standarde, ki jasno povedo, kdaj je stroj čist. Če je potrebno, stroj prebarvamo, da bo lepši in bomo bolj zadovoljni. Če se pojavijo manjše napake, ki jih znamo odpraviti, storimo to sami, ne da bi klicali vzdrževalca. S tem nam bo rasla samozavest, da znamo tudi sami popravljati svoj stroj. To je izhodišče za nadaljnje izobraževanje delavcev na področju hidravlike, pnevmatike, mazanja itd. Vzpostaviti moramo samostojno vzdrževanje. To je način, da del manjših nalog vzdrževanja prevzamejo delavci sami in tako spoznajo svoj stroj. Pri resnejših okvarah, ki imajo lahko hude posledice, pa morajo takoj obvestiti vzdrževalce, ki lažje definirajo okvaro in jo popravijo.

9. KORAK

V tem koraku že postavljamo vzdrževanje na nove, boljše temelje. Določimo postopke preventivnega vzdrževanja. Za vsak stroj napišemo scenarij njegovega vzdrževanja. Določimo obrabljive dele in tiste dele, ki so za nas najpomembnejši. Določimo obdobne preglede stroja. V dokumentacijo o stroju vpisujemo vse podatke

in dodamo sestavne risbe, sheme in navodila, za katera smo v praksi ugotovili, da jih potrebujemo. Zagotovimo pregled osnovnega stanja stroja in z zapisnikom napak potrdimo stanje izrabljenosti posameznih strojev.

Potem določimo ravni vzdrževanja posameznega stroja. To odraža pomembnost stroja za našo proizvodnjo. Odločiti se moramo, kako bomo nek stroj spremljali. Izbor izvedemo po metodi ABC, vsekakor pa moramo vedeti, kateri stroji potrebujejo stalno nadzorstvo in kateri tega ne potrebujejo. Določiti moramo način spremljanja posameznih delov strojev in analizirati npr. lastno frekvenco stroja ali pa vibracije določenega pomembnega ležaja. Vse to spada k programiranemu vzdrževanju in nam omogoča boljše obvladovanje proizvodnje. Tako lahko preprečimo vse nenadne zastoje in povečujemo proizvodnjo.

Samostojno vzdrževanje in programirano vzdrževanje skupaj tvorita preventivno vzdrževanje. To pa je drago in podjetje samo se mora odločiti, v kakšnem obsegu ga bo izpeljalo, vendar se mora pri tem zavedati, da je vsak zastoj v proizvodnji še dražji.

10. KORAK

V tem koraku izboljšujemo tehnične usposobljenosti, utrjujemo prejšnje ugotovitve in spremljamo prejšnji korak v praksi. Utrditi moramo pridobljeno znanje s področja TPM in ga dnevno uporabljati pri delu. Sami se moramo še dodatno izobraževati in spet kritično analizirati svoje delo. Vsa odstopanja od TPM moramo zabeležiti in ugotoviti, zakaj je do njih prišlo. Pripraviti moramo revizijo prvotnega projekta TPM in ustrezno ukrepati.

11. KORAK

V tem koraku je predvideno združevanje vseh prejšnjih korakov s ciljem, da pridobljeno znanje vključimo v neposredno delo ter zasnovo novih proizvodov ali strojev. Sedaj nastopi kontroliranje vseh korakov z vidika spoštovanja predpisov in njihovega izvajanja v praksi. Kontrolo nad izvajanjem vrši vnaprej določena oseba, ki je zadolžena za spremljanje, občasno pa morajo tej osebi intervalno poročati o stanju. Stanje poročajo osebe, ki vodijo takšne vpeljave in so vključene v proces.

12. KORAK

To je zadnji korak, ki je nadaljevanje prejšnjega. Ovrednotimo naše predhodno delo in poudarimo pozitivne strani uvajanja TPM. Pohvalimo animatorje za dobro delo in jih spomnimo, da sedaj ni čas za »počivanje na lovorikah«, pač pa se moramo nenehno truditi za še boljše rezultate. Jasno moramo ugotoviti, da je uveljavitev TPM prinesla in izpolnila postavljene cilje. Nagraditi moramo najbolj prizadevne ljudi in jih javno odlikovati. Podeliti moramo nalepko TPM, ki bo vsem delavcem in presojevalcem pokazala, da je naš stroj vzdrževan po tej metodi. Tudi delavci bodo zadovoljni, da so dobro opravili svoje delo.

V svetu je že več velikih avtomobilskih podjetij uspešno izvedlo TPM v svojih enotah. Najbolj znani so Toyota, Renault, Nissan, Honda in drugi. Citroën pa je postavil svoj sistem in ga poimenoval Plan Mercure, ki na malo drugačen način pristopa k odpravljanju zastojev v proizvodnji.

Uvedba TPM pri projektu optimizacije procesa izdelave ohišja vodne črpalke

Postavili smo sistem preventivnega vzdrževanja. Izdelan je bil plan preventivnega vzdrževanja, ki je priložen v prilogi 4, načrt preventivnega vzdrževanja (v prilogi 5), ter kontrolne kartice za dnevno, tedensko, mesečno (v prilogi 6), 6-mesečno in letno vzdrževanje. Na sliki 21 operater izpolnjuje kartico vzdrževanja.

Slika 21: Operater izpolnjuje kartico vzdrževanja

4.2.3 Kazalnik učinkovitosti OEE

Opis in izračun OEE

Kazalnik, ki v okviru metode TPM neposredno kaže na uspešnost proizvodnega procesa, je skupna učinkovitost opreme oziroma OEE (angl. *Overall Equipment Effectiveness*), ki združuje dejavnike razpoložljivosti proizvodne opreme, zmogljivosti in kakovosti (Gider, 2006). V tem kazalniku je vpletenih »6 velikih izgub«. To so izgube, ki vplivajo na skupno učinkovitost opreme, in sicer:

- okvare,
- nastavitve,
- kratke zaustavitve,
- prenizka hitrost,
- izmet in dodelave,
- zagon, zmanjšan izkoristek materiala.

Skupno učinkovitost opreme (*OEE*) izračunamo po formuli (1) in je produkt treh dejavnikov:

- *Razpoložljivost* (vključuje izgube učinkovitosti zaradi okvar in nastavitev),
- *Uspešnost* (vključuje izgube učinkovitosti zaradi krajših zaustavitev, praznega teka in zmanjšane hitrosti),
- *Kakovost* (vključuje izgube učinkovitosti zaradi izmeta, dodelav, zagona in zmanjšanega izkoristka materiala).

$$OEE = razpoložljivost - uspešnost - kakovost \quad (1)$$

1. dejavnik: razpoložljivost

Dejavnik *razpoložljivost* izračunamo po formuli (2):

$$Razpoložljivost = \frac{čas\ delovanja}{planirani\ čas\ proizvodnje} \tag{2}$$

Količino *čas delovanja* izračunamo po formuli (3):

$$Čas\ delovanja = planirani\ čas\ proizvodnje - mastavitve - okvare \tag{3}$$

Posamezne količine v enačbah lahko določimo po spodnjih opisih:

- *planirani čas proizvodnje*: čas, ki nam je na razpolago za proizvodnjo. Če je stroj zelo drag in je ozko grlo, lahko za planirani čas proizvodnje upoštevamo kar skupni čas.
- *skupni čas*: čas, ki je na razpolago za delo (izmena, dan).
- *planirane zaustavitve*: čas, ko se oprema ne bo proizvajala in je znan že vnaprej (prekinitve v planirani proizvodnji, nezasedene izmene, odmori za malico).
- *neplanirane zaustavitve*: čas za nepredvidljive ustavitve in prekinitve (okvare, popravila, nastavitve, menjava orodij).

2. dejavnik: uspešnost

Dejavnik *uspešnost* izračunamo po formuli (4):

$$Uspešnost = \frac{dejanska\ hitrost}{ideal.\ hitrost} \times \frac{dejanski\ čas\ cikla \times izhod}{čas\ delovanja} \tag{4}$$

Pri čemer je:

- *izhod* (enota) skupno število enot (kos, liter, meter itd.), proizvedenih v času delovanja.
- *dejanska hitrost* (enota/h) hitrost, s katero teče stroj med proizvodnjo. Izmerimo jo tako, da počakamo nekaj proizvodnih enot in izmerimo čas.
- *dejanski čas cikla* (h/enoto) čas, ki ga dejansko porabimo za proizvodnjo ene enote.

- *idealna hitrost* (enota/h) hitrost, pri kateri naj deluje stroj in je podana pri specifikaciji konstruktorja.

3. dejavnik: kakovost

Dejavnik *kakovost* izračunamo po formuli (5):

$$Kakovost = \frac{izhod - izmet}{izhod} \tag{5}$$

Pri čemer je:

- *izhod* (enota) skupno število enot, proizvedenih v času delovanja stroja.
- *izmet* (enota) skupni izmet, proizveden v času delovanja stroja.

Stroji imajo navadno stopnjo OEE med 45 % in 65 %, cilj pa mora biti stopnja OEE od 85 % do 95 %.

Merjenje OEE v procesu izdelave ohišja vodne črpalke NG6

V okviru OEE kot dela TPM smo izdelali obrazec (na sliki 22) za spremljanje vseh treh dejavnikov, ki vplivajo na rezultat OEE, obrazec za spremljanje razpoložljivosti proizvodnje opreme, obrazec za spremljanje kakovosti (priložen v prilogi 7) in obrazec za produktivnost (v prilogi 8). Vse te dejavnike spremljamo v obrazcu za izračun OEE, ki ga izpolnjujemo tedensko. V obrazcu je celoten pregled uspešnosti na tedenski ravni, ki je osnova za izvajanje korektivnih akcij, ki jih zapisujemo v akcijski načrt na tedenskih sestankih. Tedenski obrazec vsebuje naslednje podatke: izračun OEE po dejavnikih ter skupni OEE, graf prikaza zastojev po vzrokih, graf prikaza izmeta po napakah in graf realizacije glede na plan.

Slika 22: Tedenski obrazec OEE na informativni tabli

4.2.4 Metoda 5S

Opis metode

Metoda 5S se je razvila ob metodi TPM in drugih metodah s ciljem nenehnega izboljševanja na delovnih mestih. Izvajati se začne v osmem koraku TMP . Na tem mestu je treba poudariti, da nekatera podjetja začnejo izvajati metodo 5S v koraku 6, vendar je praksa pokazala, da se s tem doseže manjši učinek. Ko enkrat z metodo začnemo, jo moramo tudi stalno spremljati in nadgrajevati. Imenuje se po petih japonskih besedah, ki se začenjajo na S in se nanašajo na urejanje dela. Zato ima ta metoda 5 področij, ki skupno zagotavljajo uspeh. To so:

1. SORTIRANJE IN ODSTRANJEVANJE NEPOTREBNIH STVARI *(Seiso).* Izločiti nekoristne stvari in potrebne stvari namestiti tako, da je iskanje lažje. Konkretno očistiti, obrisati, posesati, pomesti, pomiti delovno okolje.

2. ORGANIZIRANJE POTREBNIH STVARI *(Seiri).* Tisto, kar je potrebno, zložiti in postaviti tako, da lahko takoj vzamemo, kadar potrebujemo.

3. ČIŠČENJE *(Seiton).* Stalno vzdrževati v čistem in higieničnem stanju svoje delovno mesto, okolje in stroje, s katerimi delamo.

4. STANDARDIZACIJA *(Seiketsu).* Principe 5S vgradimo v redne delovne postopke, da nam postanejo navada.

5. DISCIPLINA *(Shisuke).* Spoštovanje pravil, načel, za katera se dogovorimo in jih resnično izpolnjujemo.

Iz vsega je razvidno, da je pri postopku 5S velik poudarek na urejanju, redu in disciplini na delovnih mestih, obenem pa je prisotno veliko spoštovanje tehnološkega predpisa, ki ureja postopke dela. Z veliko prizadevnostjo izvajalcev dela in njihovih nadrejenih bo uspeh zagotovljen. Ljudje bodo radi hodili na delo, saj to zagotavlja njihovo eksistenco. Na delovnih mestih bodo zadovoljni, ker bodo urejena, lepa in čista. Učinek dela se bo dvignil (Grilj, 2005).

Uvedba metode 5S v proces izdelave ohišja vodne črpalke NG6

Med projektom, opisanem v tem diplomskem delu, smo uvedli elemente 5S, ki so opisani v nadaljevanju.

1. Sortiranje in odstranjevanje nepotrebnih stvari

Izvedli smo skupinsko akcijo čiščenja in odstranjevanja vseh nepotrebnih stvari, kot je prikazano na sliki 23. Pri čiščenju smo bili pozorni na malenkosti (čistili smo tudi za stebri, pod mizami itd.) in tako dobili občutek zares čistega prostora. Nepotrebne stvari smo odstranili, ostale pa primerno shranili in uredili. Slika 24 prikazuje ureditev transportne poti. Vse stvari smo postavili tako, da so dostopnejše in se lažje čistijo in vzdržujejo.

Slika 23: Odstranjevanje odvečnih stvari

Slika 24: Urejanje transportne poti

2. Organiziranje

V naslednjem koraku smo poskrbeli za najboljšo možno organizacijo delovnih mest. Stvarem, ki jih delavci pri svojem delu potrebujejo, smo določili stalni prostor (glej sliko 25), nepotrebne pa smo odstranili. Tako smo odpravili izgubo časa za iskanje, nepotrebno hojo in izgubo nepotrebne energije ter izboljšali prej nevarne delovne pogoje.

Slika 25: Urejanje potrebnega orodja

3. Čiščenje

Določili smo predpise čiščenja in redne preglede urejenosti in čistoče. Čistost okolja je pomembna, ker se ljudje v čistih in svetlih prostorih bolje počutimo in tudi lažje delamo. Vzdrževanje čistoče je sprotno, saj tako čiščenje zahteva najmanj napora.

Čistilom in čistilnim pripomočkom smo določili stalni prostor hranjenja v omari (slika 26), uredili pa smo jih tako, da so čim lažje dosegljivi. Standardizirali smo tudi mesto hranjenja čistil v omari s čistili, standard pa nalepili na samo mesto shranjevanja čistil (slika 27). Stalni prostor in redna uporaba delovne pripomočke ohranjata v dobrem stanju, zato je tudi delo z njimi lažje.

Slika 26: Definiran prostor za čistila

Slika 27: Standard hranjenja čistil in orodij, nameščen na omari za shranjevanje pripomočkov za čiščenje

4. Standardizacija

Naš namen je bil standardizirati aktivnosti za ohranitev in izboljšanje čistoče, urejenosti in redu. S standardizacijo poskrbimo za to, da vzdržujemo predhodne tri točke metode 5S in preprečujemo vrnitev stanja na raven pred začetkom uvajanja te metode. Tako preprečimo ponovno nalaganje nepotrebnih stvari na delovnem mestu in okoli njega ter ponovno iskanje orodij, ker se zaposleni ne držijo dogovorjenega.

Standard čiščenja zajema celotno delovno celico. V njem je točno določeno, kaj, kdaj in kako natančno je treba čistiti delovno okolje. Standard je prikazan v prilogi 9.

Določili smo, kaj je potrebno očistiti: opremo, stroje, vpenjalne priprave, mize, orodje, vozičke; prostor: okolico strojev, tla celice, tla delovnega mesta pri pralni napravi, okolico vozičkov z ostružki.

Določil smo interval čiščenja, in sicer na izmeno, pri čemer čiščenje ne sme trajati več kot 10 minut. Delavec na stroju prekine z delom 10 minut pred koncem izmene in opravi vse potrebne aktivnosti čiščenja.

5. Disciplina

Pomen discipline je ohranjati pridobljeno stanje in ga nenehno izboljševati. Če redu in čistoče ne vzdržujemo, se bo območje hitro vrnilo v prejšnje stanje. Na tem mestu je treba omeniti, da je bilo treba vložiti veliko truda v komunikacijo z delavci, da so razumeli, da sta čistoča in vzdrževanje zelo pomembna za proizvodnjo. V ta namen smo na območju celice namestili nekaj orodij, ki vedno opozarjajo in spodbujajo k čistoči: slike pred in potem, slogani, ogledi oddelkov, pohvale, itd. (prikazano na sliki 28).

Slika 28: Prikaz slik na informativni tabli: stanje pred izboljšavo in po njej

4.2.5 Metoda rdeče oznake

Opis metode

Vzporedno z metodo 5S smo uporabljali tudi orodje za odpravljanje pomanjkljivosti, ki smo ga poimenovali »rdeče oznake« (*angl. Red Tagging*).

Sistem rdečih oznak sestavljajo delavci oziroma operaterji področja, ki ga pokrivajo. Kot že ime samo pove, so to rdeče oznake, ki opisujejo neko nezaželeno stanje. Uporabljamo jih lahko povsod, kjer zaznamo naslednje lastnosti:

- pomanjkljivosti,
- napake,
- poškodbe,
- nepravilnosti itd.

Njihov cilj je, da se na izbranem področju odpravljajo zgoraj naštete lastnosti. Tako pridemo do želenih rezultatov področja, večje urejenosti, boljše sposobnosti procesa itd.

Sestava

Sistem rdečih oznak sestavljajo:

- rdeče oznake,
- shema območja,
- načrt odprave.

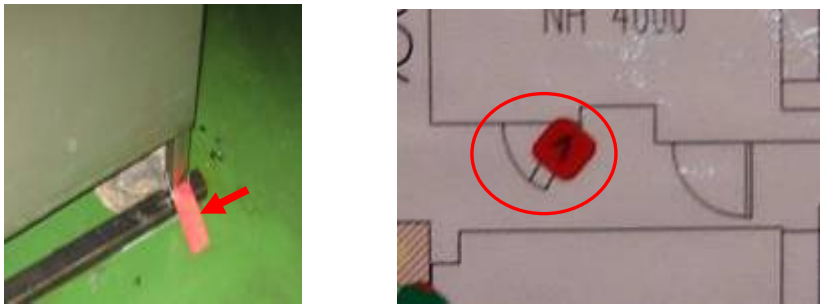
Rdeče oznake

Rdeče oznake so sestavljene iz dveh delov:

- posredne ali informativne rdeče oznake,
- neposredne ali realne rdeče oznake (na sliki 29).

Razlika med njimi je, da se informativne oznake uporabljajo za lažjo preglednost in interpretacijo lastnosti, realne pa so včasih skrite na območju, ki ga pokrivajo, in jih nameščamo neposredno na izvor napake.

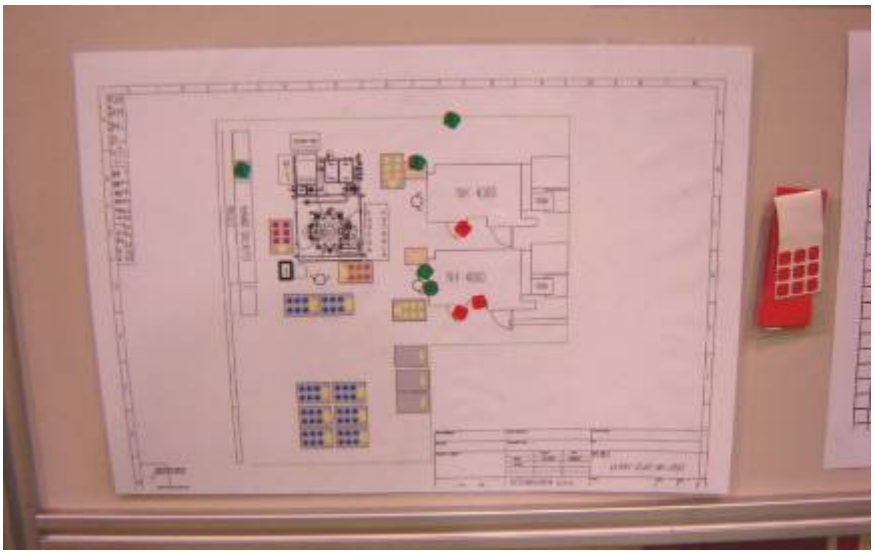
Informacijske rdeče oznake so majhne samolepilne rdeče pike premera 1 cm. Neposredne rdeče oznake pa so lističi v pravokotni obliki 10 x 2 cm.



Slika 29: Neposredna in informativna rdeča oznaka

Shema območja

Shema prostora je grafična oblika pogleda na mesto, kjer uporabljamo tehniko rdečih oznak. Shema je formata A3 in prekrita s folijo, da se oznake lahko odstranijo. Shema prostora se namesti neposredno na mesto uporabe, biti mora dobro vidna in jasno opredeljena, da jo razumejo tudi drugi. Slika 30 prikazuje shemo območja na informativni tabli v celici obdelave.



Slika 30: Shema območja

Načrt odprave

Na načrtu odprave rdečih oznak smo definirali rdečo oznako in njeno odpravo. Načrt je sestavljen iz datuma postavitve, odgovorne osebe za postavitev, roka odprave rdeče oznake in odgovorne osebe za odpravo napake.

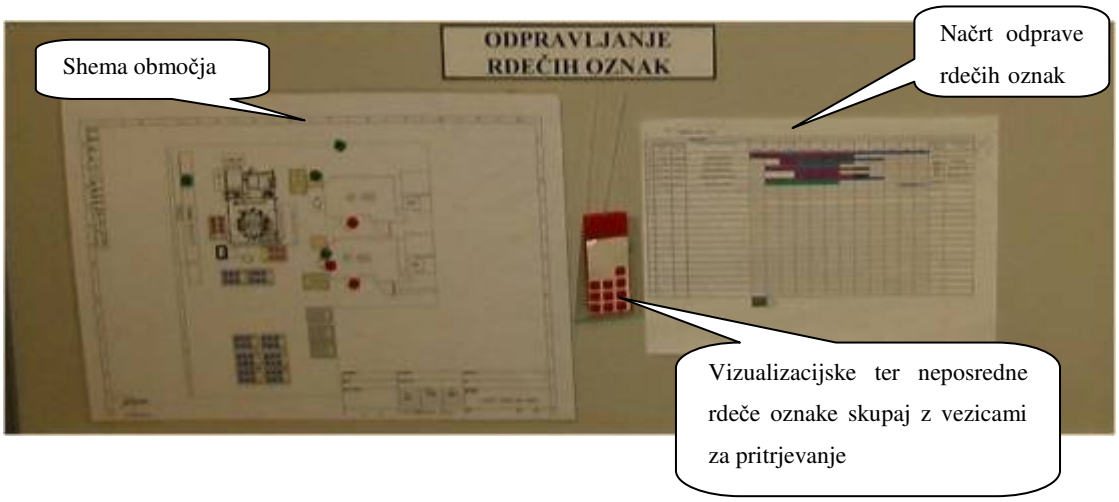
Pri načrtu odprave je zelo pomembno, da je rok odprave pomanjkljivosti oziroma napake kar se da točno določen, tako ne prihaja do nepotrebnih prekoračitev rokov. V ta namen se z vzdrževalcem, ki je zadolžen za odpravo napake, ob postavljanju načrta posvetujemo o možni izvršitvi. Pri postavljanju roka odprave rdeče oznake se uporablja kombinacija dveh barv: modra predstavlja načrtovani teden odprave, rdeča barva pa prekoračitev roka odprave. Primer načrta odpravljanja rdečih oznak je predstavljen na sliki 31.

Odprava rdečih oznak

Plan
Po planu
Zamuja

Postavitev				Odprava							
Št.	Datum začetka / Start Date	Odgovoren/ Responsible Person	Opis problema / Problem Description	KT27	KT28	KT29	KT30	KT31	KT35	Odgovoren/ Responsible Person	Opis aktivnosti / Action Description
1	3.7.2006	Pisk	Poškodba stroja z vozičk(NH)							Boris	Namestitev zaščite
2	3.7.2006	Pisk	Poškodba stroja z vozičk(Pralna)							Boris	Namestitev zaščite
3	3.7.2006	Čeferin	Kontrolna miza razpada							Silvij	Namestitev podpore
4	3.7.2006	Robi Z.	Ureditev kontrolne mize							Delavci	Miza urejena
5	3.7.2006	Aleš.T	Ureditev cevi							Silvij	
6	3.7.2006	Kosmač	Problem praznjenja posode							Silvij	
7	3.7.2006	Pisk	Popravilo koles na vozičkih (90°)							Silvij	
8	3.7.2006	Boris	Popravilo vozičkov - oblika							Silvij,Boris	Dodatna pregrada
9	3.7.2006	Tomaž R.	Program not found							Tomaž	
10	3.7.2006	Robi Z.	Ureditev mesta za izmet							Boris	Označitev s trakom
11	3.7.2006	Uroš.O.	Mesto za čistilni pribor							Aleš	(omarice)
12	7.9.2006	Aleš.T	Puščanje ventila (spoj)							Boris, Silvij	Zamenjan ventil
13	7.11.2006	Boris Š.	Položaj spihovalnika (NH B)							Silvij, Boris	Spihovalnik urejen
14	7.11.2006	Boris Š.	Miza pranja- ureditev							Ivan/Boris	
15											
16											

Slika 31: Načrt odprave rdečih oznak



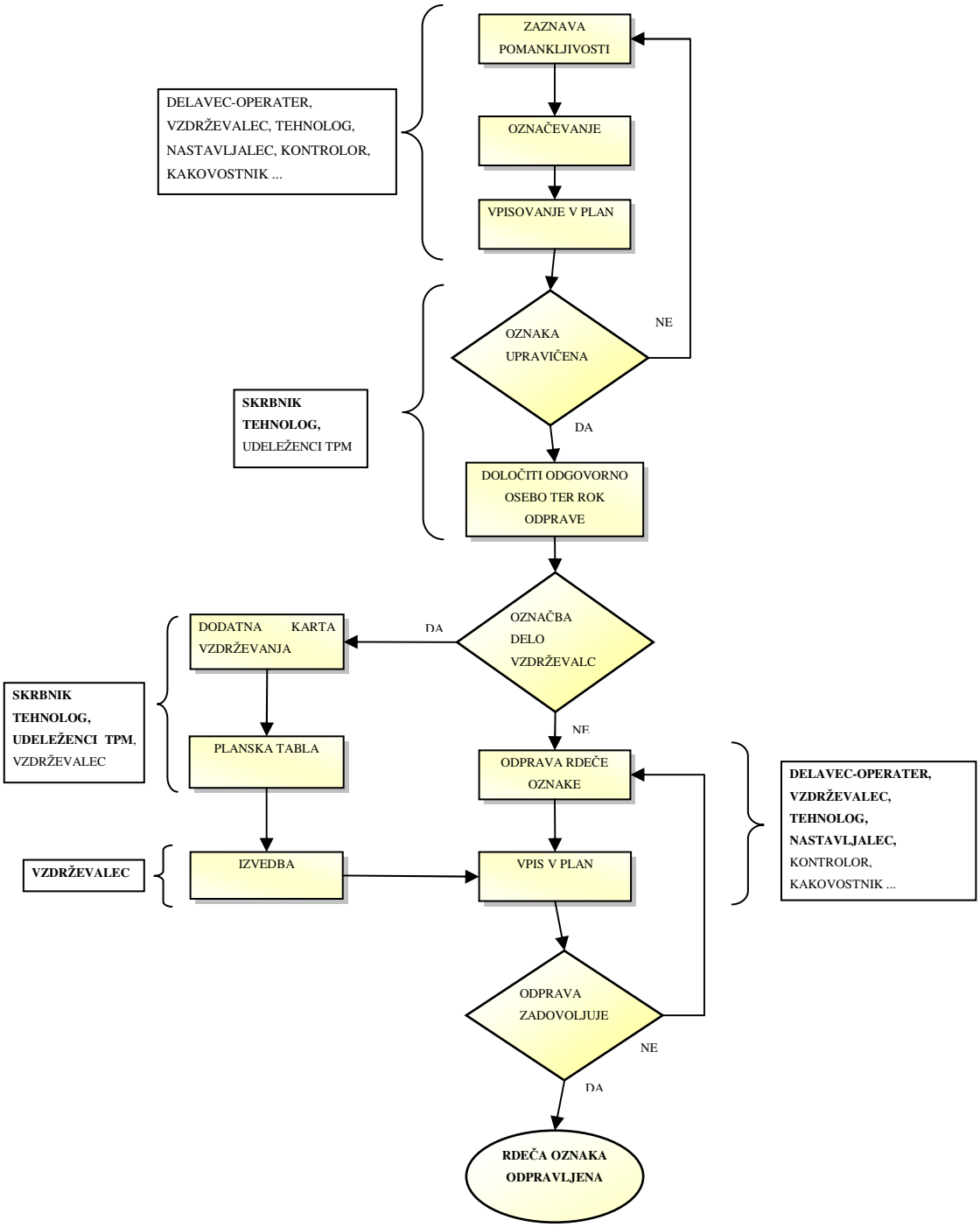
Slika 32: Prikaz odpravljanja rdečih oznak na informativni tabli

Uvedba metode rdeče oznake v proces izdelave ohišja vodne črpalke NG6

Na področju obdelovalne celice, natančneje na informativni tabli (slika 32), je postavljena shema oziroma »layout« celice. Ko delavec na tem področju zazna neko neustrezno stanje, vzame rdeč listek in ga namesti na pripadajoče mesto. Na listek napiše pomanjkljivost (npr. pušča olje, premalo zraka, vrata ne ostajajo odprta itd). Nato na shemo območja nalepi še rdečo piko, da tudi drugi lahko vidijo, kje se napaka nahaja. Delavec napako vpiše še v načrt odprave in jo pravilno oštevilči. Če je rdeča oznaka upravičena, tehnolog ali skrbnik celice poda načrt odprave in glede na napako določi ustrezno osebo za njeno popravilo. Če gre pri odpravi za vzdrževalno delo (okvara stroja, naprave itd.), je zanjo odgovoren vzdrževalec. Pri takšni rdeči oznaki se izda dodatno karto vzdrževanja, ki se nahaja na vizualizacijski tabli vzdrževanja. Pravilno izpolnjena karta se doda v načrt preventivnega vzdrževanja na planski tabli, ki jo bom opisal v nadaljevanju.

Odgovorna oseba napako v celici odpravi in na shemi čez rdečo piko nalepi zeleno, v načrt pa zapiše datum odprave. Če gre za dodatno karto vzdrževanja, se ta odstrani, tako je razvidno, da je bila napaka odpravljena. Karto se arhivira, tako da imamo dober pregled nad posegi, ki so bili na stroju že opravljeni.

Pri rdečih oznakah je pomembno, da ne pride do prenasičenosti, kar pomeni, da jih je potrebno sproti odpravljati. Delavec, ki bo videl rdeče oznake, na tem stroju ne bo hotel delati, skliceval se bo na pomanjkljivosti in na nevarne delovne razmere. Če rdeče oznake ni možno odpraviti v predpisanem časovnem roku, je potrebno postopek začasno ustaviti. Potek rdečih oznak je prikazan na sliki 33.



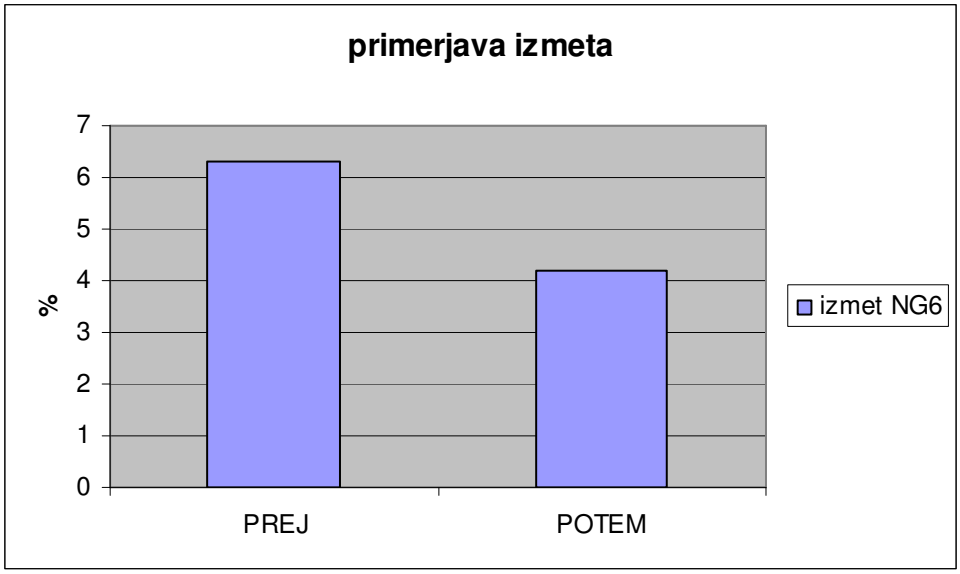
Slika 33: Potek uvajanja metode rdečih oznak

5 REZULTATI

Optimizacija procesa je prinesla odlične rezultate, saj se je povečala produktivnost, zmanjšal se je delež slabih kosov, zmanjšali so se stroški, zmanjšali so se zastoji itd.

5.1 Izmet

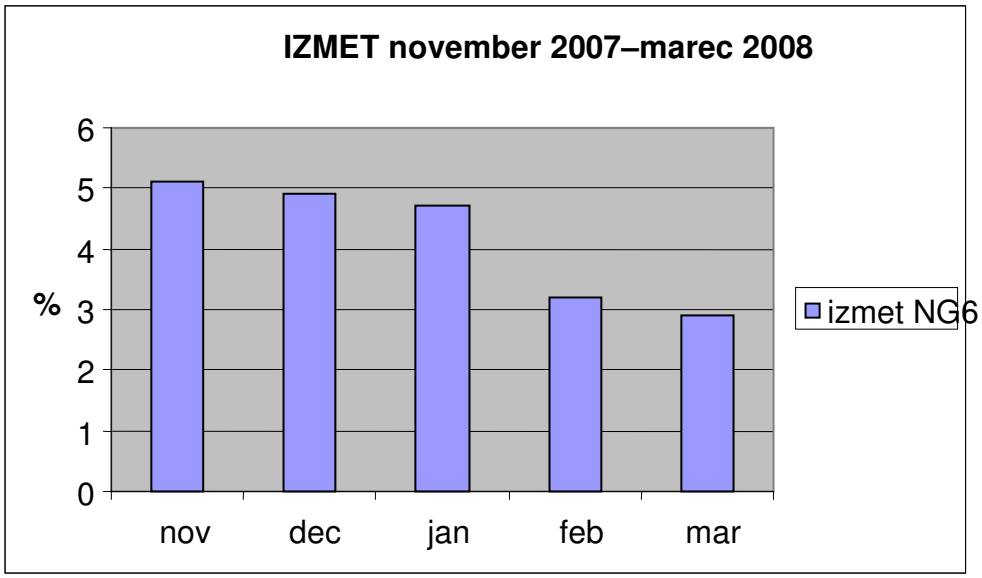
Na sliki 34 je predstavljen izmet za obdobje petih mesecev pred optimizacijo in po optimizaciji procesa obdelave ohišja motorja NG6. Pred optimizacijo je bil povprečen mesečni delež izmeta 6,3 % (PREJ: obdobje junij–oktober 2007), po optimizaciji pa 4,2 % (POTEM: obdobje november 2007–marec 2008), kar pomeni da smo izboljšali proces za 33 %.



Slika 34: Izmet na operaciji obdelava NG6 pred optimizacijo procesa in po njej

5.1.1 Izmet po optimizaciji procesa

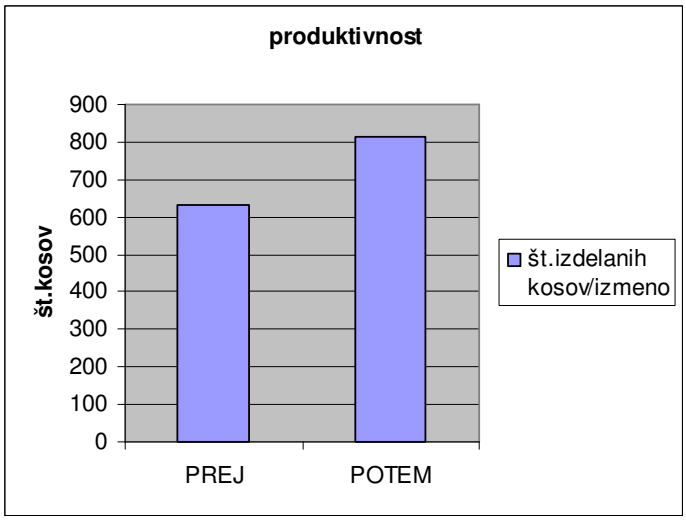
Na sliki 35 je prikazano gibanje izmeta v odstotkih po optimizaciji procesa. Opazovali smo petmesečno obdobje po projektu od novembra 2007 do marca 2008. Iz grafa je razvidno konstantno padanje deleža izmeta. Podatki kažejo na to, da je bil pristop pravilen, hkrati pa pomenijo dodatno motivacijo za nadaljnje delo.



Slika 35: Izmet pri operaciji obdelave NG6 v obdobju po optimizaciji (november 2007–marec 2008)

5.2 Produktivnost

Na sliki 36 je prikazana produktivnost pred robotizacijo procesa in po njej. Pred robotizacijo je produktivnost znašal 630 kosov na izmeno (PREJ: obdobje junij–oktober 2007), po robotizaciji pa 813 kosov na izmeno (POTEM: obdobje november 2007–marec 2008). Produktivnost smo na ta način povečali za 29 %.

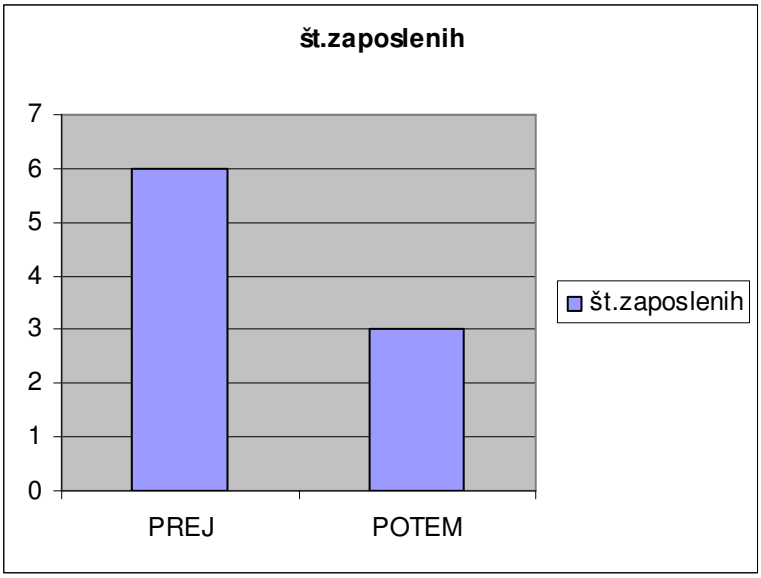


Slika 36: Produktivnost pred robotizacijo procesa in po njej

5.3 Stroški dela

Ob robotizaciji procesa smo zmanjšali tudi število operaterjev, ki jih proces zahteva za nemoteno delovanje. Iz prejšnjih 6 operaterjev (PREJ: obdobje junij–oktober 2007) smo število potrebnih ljudi

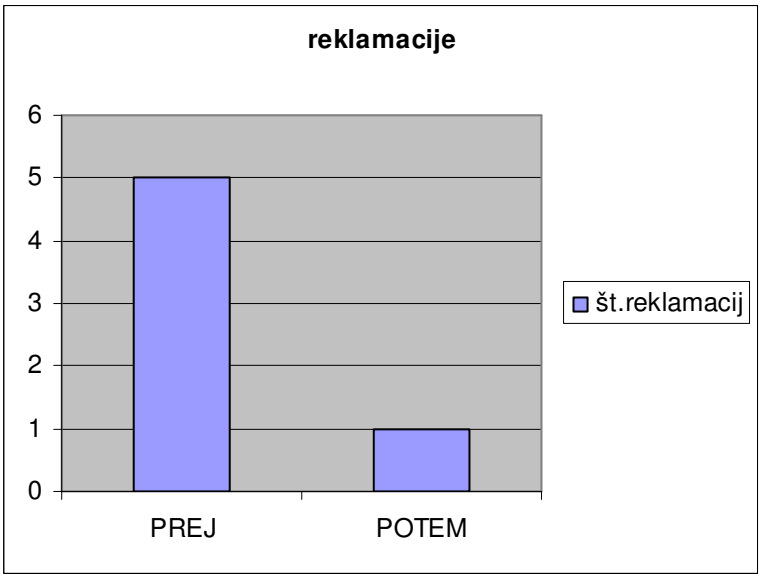
zmanjšali na 3 operaterje (POTEM: obdobje november 2007–marec 2008), kar predstavlja kar 100-odstotno izboljšanje glede na predhodno stanje, prikazano na sliki 37.



Slika 37: Število zaposlenih pred robotizacijo procesa in po njej

5.4 Število reklamacij

Pred optimizacijo je bilo v obdobju petih mesecev prejetih pet reklamacij, kar je pomenilo povprečno 1 reklamacijo na mesec. Po uvedenih izboljšavah na procesu smo v obdobju petih mesecev prejeli eno reklamacijo, kar pomeni, da smo proces bistveno izboljšali ter da smo z nadzorovanim procesom skoraj v celoti zajezili možnost, da pride do kupca kos, ki je neskladen s tehnično dokumentacijo. Na sliki 38 je prikazano število reklamacij v petmesečnem obdobju pred projektom (PREJ: obdobje junij–oktober 2007) in petmesečnem obdobju po izvedbi projekta (POTEM: obdobje november 2007–marec 2008).



Slika 38: Število prejetih reklamacij pred in po uvedenih izboljšavah

5.5 Nemerljivi rezultati

Poleg rezultatov, ki so merljivi in so predstavljeni v tem poglavju, smo s projektom dosegli tudi veliko drugih pozitivnih učinkov, ki pa so težko merljivi in se pokažejo šele na dolgi rok. Ti učinki so:

- preglednost proizvodnega procesa, ki jo je prinesla vizualizacija na delovnem mestu,
- povečanje tehnološke usposobljenosti zaposlenih,
- občutek pripadnosti projektu in s tem tudi izboljšanje odnosa do procesa,
- odprava dela v štirih izmenah,
- odprava večine delovnih sobot,
- povečanje motivacije zaposlenih.

Pozitivni rezultati projekta so bili objavljeni tudi v internem časopisu podjetja Hidria Rotomatika (v prilogi 3; Tratnik, 2007).

6 ZAKLJUČKI

V pričujočem diplomskem delu je opisan projekt optimizacije proizvodnega procesa, ki smo ga izpeljali v projektnem timu. Projekt smo izvajali 12 mesecev. Pri tem je projektni tim intenzivno sodeloval, vodil in strokovno usmerjal pa ga je vodja projektnega tima. Vodja projektnega tima je periodično poročal vodstvu o napredku projekta.

V okviru projekta smo izvedli tehnološko-procesne izboljšave (instalacija robota, sistemi poka-yoke in uvedba sledljivosti) in organizacijske izboljšave (timsko delo, vizualizacija, TPM, merjenje OEE, uvedba metode 5S, uporaba metode rdečih oznak).

Z izvedbo zgoraj navedenih aktivnosti smo dosegli naslednje rezultate: zmanjšan izmet za 33 %, povečana produktivnost za 29 %, zmanjšanje števila potrebnih ljudi za izvajanje operacije za 50 % in zmanjšanje število reklamacij za 80 %. Poleg teh merljivih rezultatov pa je projekt prinesel tudi druge pozitivne učinke, kot so urejenost delovnega mesta, zmanjšanje števila delovnih sobot, aktivna vključitev operaterjev v proces terpovečanje zadovoljstva zaposlenih in vodstva.

Delo projektnega tima se z opisanimi rezultati ni končalo. Tim je še vedno aktiven in nadaljuje z nenehnimi izboljšavami procesa. Po zgledu tega procesa nameravajo v v poslovni enoti Livarstvo v prihodnosti izboljšati tudi druge proizvodne procese.

7 LITERATURA

Gider, F. (2006). Vitka proizvodnja, gradivo za seminar. Ljubljana: Zavod za tehnično izobraževanje.

Grilj, C. (2005). Vzdrževanje strojev in naprav. Slovenska Bistrica: Izza.

Komponente iz aluminija. Pridobljeno 20. 7. 2008 s svetovnega spleta: http://www.hidria-rotomatika.si/odlitki.asp

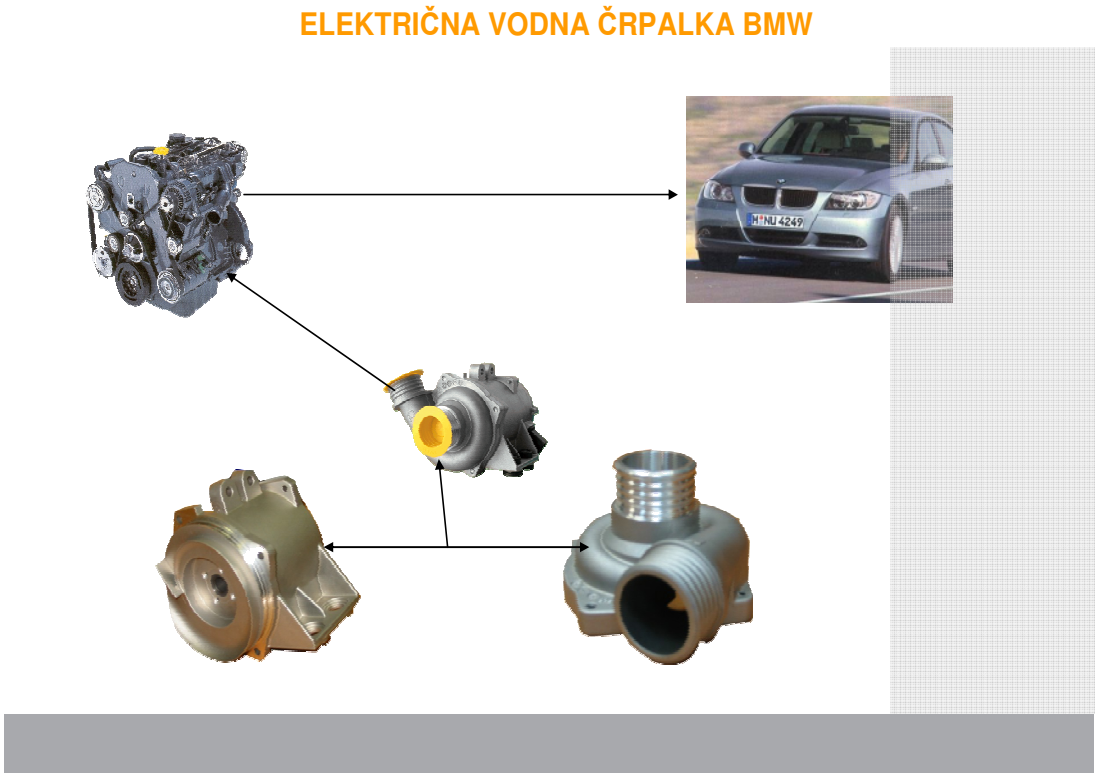
Novak, M. (2007). Predstavitev projekta Pierburg. Interno gradivo Hidria Rotomatika.

O Hidrii Rotomatiki. Pridobljeno 20. 7. 2008 s svetovnega spleta: http://www.hidria-rotomatika.si/oRotomatiki.asp

Organizacijska struktura. Pridobljeno 20. 7. 2008 s svetovnega spleta: http://www.hidria-rotomatika.si/organizacijskaStruktura.asp

Tratnik, D. (2007). Robotizacija obdelave ohišja motorja Pierburg. Modro, 26, str. 4.

PRILOGA 1: Slikovni prikaz predstavitve izdelka



PRILOGA 2: Agregat BMW, v katerem je vgrajeno ohišje vodne črpalke NG6

PRILOGA 3: Kopija članka v reviji MODRO, ki poroča o projektu

Simon Volčina

Na PE Rotomatika Fans prišli do novih skladiščnih kapacitet

Zaradi izredno uspešnega poslovanja in vsakoletne rasti prodaje, smo se na PE Rotomatika Fans odločili oz. smo bili primorani povečati skladiščne kapacitete. Dogovorili smo se za postavitev šotora v skupni izmeri 420 m², ki se nahaja za stavbo PE Rotomatika Fans. V ta del skladišča se bo selil del dosedanjega skladišča, ki je do sedaj delilo prostore s proizvodnjo ventilatorjev. S to potezo smo pridobili tudi nove površine za širitev proizvodnje. Postavitev šotora je vsekakor začasna rešitev, saj nam pričakovani trend rasti proizvodnje, s tem pa potreba po večji zalogi embalaže in reprodukcijskega materiala, narekuje iskanje novih - trajnejših rešitev.

Dejan Tratnik

Robotizacija obdelave ohišja motorja Pierburg

Julija smo v PE Livarstvo investirali v prvo robotsko posluževanje obdelave ohišja motorja Pierburg. Celotna investicija je znašala 85.000 EUR.

S slednjo smo poenostavili delo ter zmanjšali število delavcev iz šest na tri ter dvignili produktivnost za 20 %.

Robotska celica...

Izdelek ohišja motorja Pierburg je sestavni del električno gnane vodne črpalke za BMW, katero izdeluje naš kupec Pierburg in je prva električno gnana vodna črpalka v serijski proizvodnji.
Na leto dobavimo 350.000 ohišij motorja, ki se jih vgrajuje v modele BMW serije 3, 5, 6 in 7.

Vodna črpalka, ki se vgrajuje v osebni avto BMW serije 3, 5, 6 in 7

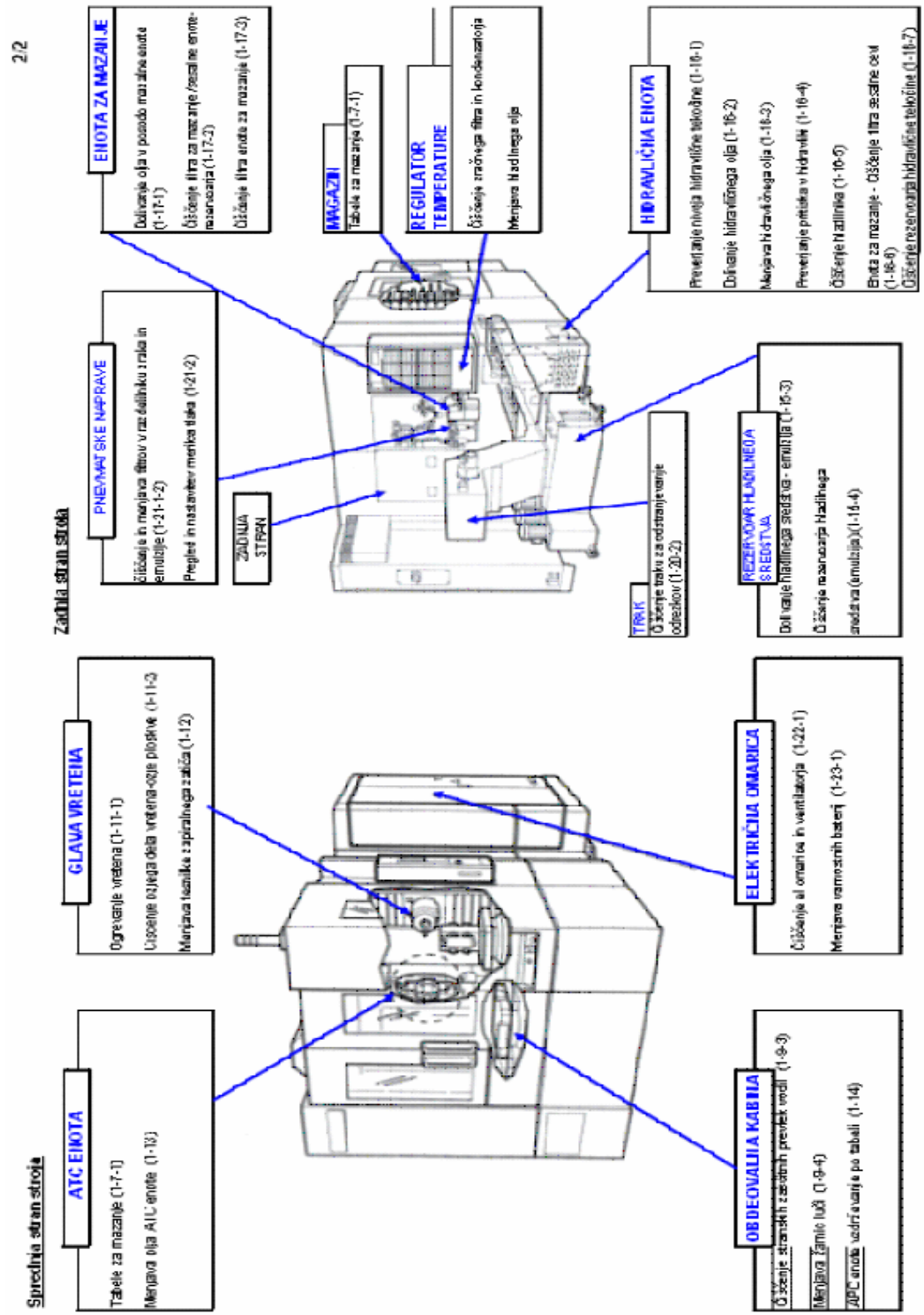
Robotizacijo nam je uspelo uvesti v proizvodnjo v kratkem času, za kar so še posebej zaslužni operaterji na stroju: Matej Vidmar, Urban Pisk in Andrej Koblar ter celotna ekipa obdelave v PE Livarstvo.

Ekipa obdelave (iz leve Dejan Tratnik, Silvester Čeferin, Mitja Menard, Roman Novak, Boris Šturm, Boštjan Kavčič, Peter Lapanja in Urban Pisk)

PRILOGA 4: Plan preventivnega vzdrževanja

Interval pregleda		Aktivnost	Ref.	Ref SLO.	Oc. Čas	Kdo	Nova Ref
Po potrebi	Menjava	Menjava tesnilke zapiralnega zatiča	1-12	1-12		V	1-1
	Čiščenje	Čiščenje hladilnika	1-16-5	/		D	1-2
	Pregled	Priprava za zagon stroja po daljšem obdobju mirovanja	1-10	1-10		N	1-3
Dnevno	Mazanje	Kontrola in dolivanje hladilnega sredstva - emulzija	1-17-1	1-14-1		D	2-1
		Kontrola in dolivanje olja v posodo mazalne enote	1-15-3	1-13-3		D	2-2
		Kontrola in dolivanje hidravličnega olja	1-16-2	/		D	2-3
	Čiščenje	Čiščenje kabine	1-9-2	1-9-1		D	2-4
		Čiščenje stranskih zaščitnih prevlek vodil	1-9-3	1-9-2		D	
		Čiščenje traku za odstranjevanje odrezkov	1-20-2	1-17-2		D	2-5
	Pregled	Preverjanje pretoka zraka in maziva	1-17-4	1-11-1		V	2-6
		Pnevmatske naprave - pregled in nastavitev merilca tlaka	1-21-2	1-14-4		D	2-7
		Preverjanje pritiska v hidravliki	1-16-4	1-18-2		D	2-8
1 mesec	Čiščenje	Regulator temperature olja - čiščenje zračnega filtra in kondenzatorja	1-18-1	1-15-1	20	V	3-1
		Čiščenje rezervoarja hladilnega sredstva (emulzija)	1-15-4	1-13-4	480	V	3-2
		Čiščenje filtra za mazanje /sesalne enote-rezervoarja	1-17-2	1-14-2	15	V	3-3
		Čiščenje posode-rezervoarja mazalne enote	1-17-2	1-14-2	15	V	3-4
		Čiščenje filtra enote za mazanje	1-17-3	1-14-3	10	V	3-5
2 meseca	Čiščenje	Čiščenje el omarice in ventilatorja	1-22-2	1-19-6	15	V	4-1
		Enota za mazanje - Čiščenje filtra sesalne cevi	1-16-6	/	30	V	4-2
	Kontorla	Pnevmatske naprave - Pregled seperatorja zraka+menjava filtra	1-21-1	1-18-1	20	V	4-3
		Kontrolirati geometrijo stroja	3-4-9-1	/	30-60?	V	4-4
	Menjava	Menjava hidravličnega olja	1-16-3	/	30	V	4-5
4 mesece	Menjava	Menjava hladilnega olja	1-18-2	1-15-2	30	V	5-1
		Pnevmatske naprave - čiščenje in menjava filtrov v razdelilniku zraka in emulzije	1-21-1-2	1-18-1-2	30	V	5-2
Letno	Menjava	Menjava varnostnih baterij	1-23-1	1-20-1	20	V	5-3
		Menjava olja ATC enote	1-13	/	40	V	5-4
	Čiščenje	Čiščenje rezervoarja hidravlične tekočine	1-16-7	/	60	V	5-5

PRILOGA 5: Načrt preventivnega vzdrževanja



PRILOGA 6: Mesečna kontrolna karta vzdrževanja

Hidria Rotomatika

MESEČNA KONTROLNA KARTA VZDRŽEVANJA

Stroj: Mori Seiki	Tip stroja: NH 400 DCG	Inv. Št.:	Črka stroja: B

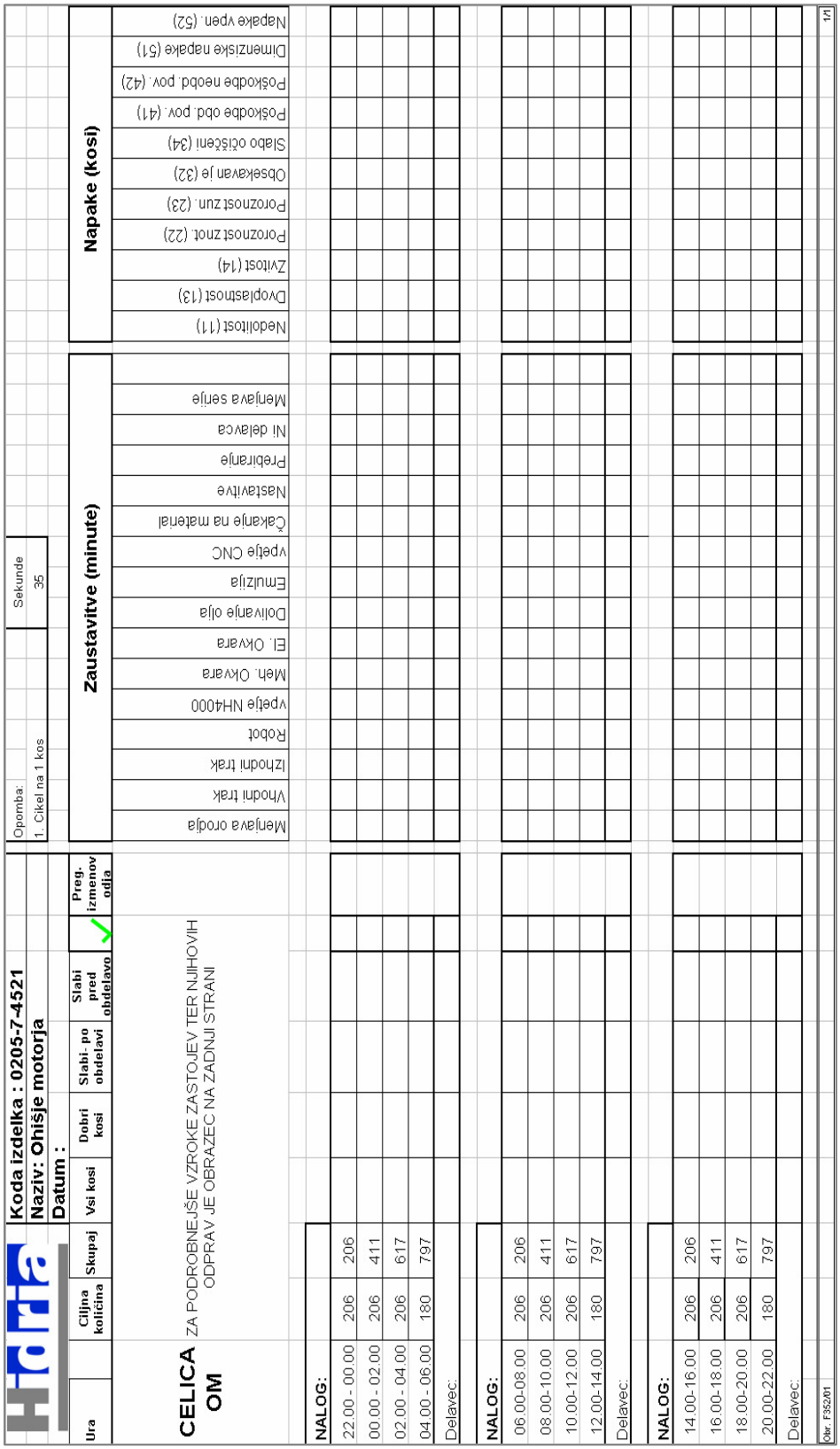
POZ.	AKTIVNOST	REF.
1-1	Regulator temperature olja - čiščenje zračnega filtra in kondenzatorja	1-18-1
1-2	Čiščenje rezervoarja hladilnega sredstva (emulzija)	1-15-4
1-3	Čiščenje filtra za mazanje /sesalne enote-rezervoarja	1-17-2
1-4	Čiščenje posode-rezervoarja mazalne enote	1-17-2
1-5	Čiščenje filtra enote za mazanje	1-17-3

1.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
2.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
3.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
4.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
5.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
6.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
7.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
8.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
9.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
10.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
11.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____
12.	Kontroliral: _____	Dne: _____	Poz.	☐	☐	☐	☐	☐	Podpis: _____

Opomba: Karton se preloži v naslednji mesec šele ko so opravljene vse aktivnosti.

Opombe:

PRILOGA 7: Obrazec za spremljanje razpoložljivosti proizvodnje, opreme in kakovosti



Ura	Ciljna količina	Skupaj	Vsi kosi	Dobri kosi	Slabi- po obdelavi	Slabi pred obdelavo	Preg. izmenov odja
CELICA OM	ZA PODROBNEJŠE VZROKE ZASTOJEV TER NJIHOVIH ODPRAV JE OBRAZEC NA ZADNJI STRANI						
NALOG:							
22.00 - 00.00	206	206					
00.00 - 02.00	206	411					
02.00 - 04.00	206	617					
04.00 - 06.00	180	797					
Delavec:							
NALOG:							
06.00-08.00	206	206					
08.00-10.00	206	411					
10.00-12.00	206	617					
12.00-14.00	180	797					
Delavec:							
NALOG:							
14.00-16.00	206	206					
16.00-18.00	206	411					
18.00-20.00	206	617					
20.00-22.00	180	797					
Delavec:							

Koda izdelka : 0205-7-4521
Naziv: Ohišje motorja
Datum :

Opomba: 1. Cikel na 1 kos
Sekunde: 35

Zaustavitve (minute): Menjava orodja; Vhodni trak; Izhodni trak; Robot; vpeže NH4000; Meh. Okvara; El. Okvara; Dolivanje olja; Emulzija; vpeže CNC; Čakanje na material; Nastavitve; Preširanje; Ni delavca; Menjava serije

Napake (kosi): Nedolitost (11); Dvoplastnost (13); Zvitost (14); Poroznost znot. (22); Poroznost zun. (23); Obsekavan je (32); Slabo očiščeni (34); Poškodbe obd. pov. (41); Poškodbe neobd. pov. (42); Dimenzijske napake (51); Napake vpen. (52)

Obr. F352/01 1/1

PRILOGA 8: Obrazec za spremljanje zmogljivosti

Hidria	STROJ - OBMOČJE	OBDOBJE	CILJI			
	CELICA OM	OKTOBER 2008	0205-7-4521	797 kos / izmeno	NORMATIV:	716
			0205-7-4611	706 kos / izmeno	NORMATIV:	665

Ni dosežen norm.
Dosežen norm.

			PRODUKTIVNOST (DOBRI+SLABI)																IZEMT (SLABI)								ZASTOJI	
DATUM	IZMENA	KODA	55	110	165	220	275	330	385	440	495	550	605	660	706	750	797	880	SKUPAJ	6	12	18	24	30	36	42	48	SKUPAJ	MIN.	VZROK
1	3																													
	1																													
	2																													
2	3																													
	1																													
	2																													
3	3																													
	1																													
	2																													
4	3																													
	1																													
	2																													
5	3																													
	1																													
	2																													
6	3																													
	1																													
	2																													
7	3																													
	1																													
	2																													
8	3																													
	1																													
	2																													
9	3																													
	1																													
	2																													
10	3																													
	1																													
	2																													
11	3																													
	1																													
	2																													
12	3																													
	1																													
	2																													
13	3																													
	1																													
	2																													
14	3																													
	1																													
	2																													
15	3																													
	1																													
	2																													
16	3																													
	1																													
	2																													
17	3																													
	1																													
	2																													
18	3																													
	1																													
	2																													
19	3																													
	1																													
	2																													
20	3																													
	1																													
	2																													
21	3																													
	1																													
	2																													
22	3																													
	1																													
	2																													
23	3																													
	1																													
	2																													
24	3																													
	1																													
	2																													
25	3																													
	1																													
	2																													
26	3																													
	1																													
	2																													
27	3																													
	1																													
	2																													
28	3																													
	1																													
	2																													
29	3																													
	1																													
	2																													
30	3																													
	1																													
	2																													
31	3																													
	1																													
	2																													

Page 1

	Sobote, nedelje, prazniki	1	Odstopanje pozicije	4	Čiščenje kosov	7	Izpad el. Toka	10	Čiščenje stroja	13	Ni opreme (kalibri,rokavice...)		
		2	Okvara stroja	5	Ni materiala	8	Ni embalaže	11	Zagon				
		3	Okvara vpenjalne	6	Ni delavca	9	Menjava orodja	12	Izobraževanje				

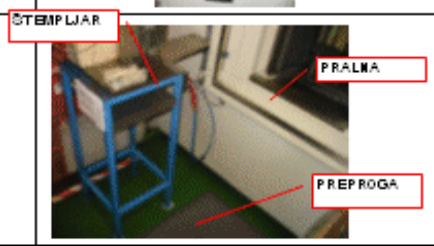
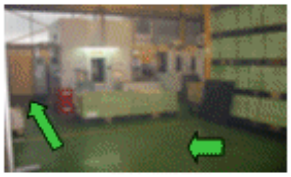
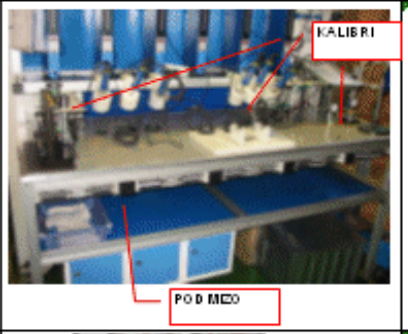
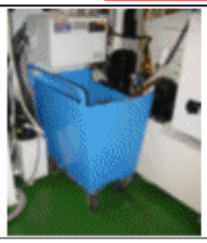
Obr. F353/01 1/1

PRILOGA 9: Standard čiščenja za redno dnevno čiščenje

Hidria Rotomatika	Št. navodila:		
	Izdaja:		Izdaja
	Datum izdaje:		26.8.2006

ČIŠČENJE NA IZMENO - CELICA A7

Izdelal:	Boris Šturm	Potrdil:	Uroš Čarino
Področje veljavnosti:	PE Livarstvo-Celica A7	Stroj:	Celica A7
Namen:	Dnevno čiščenje		

	AKTIVNOST	Slika	Poz	Navodilo
1	iščenje prednje strani obeh strojev + tl		1	Očistiti sprednjo stran stroja, ter po tleh
2	Čiščenje upenjalne priprave		2	Čiščenje upenjalne z vodo
3	Čiščenje in urejanje na pranju		3	Preveri urejenost ter čistost mesta na pranju:pralna, preproga,štemplikar
4	Čiščenje po celotni celici		4	Pomesti po celotni celici, ter po potrebi odstraniti neustrezne predmete
6	Čiščenje in urejanje kontrolne mize		5	Preveri prisotnost in očiščenost kalibrov. Urejenost ter čistost pod in na mizi.
7	Vozički		6	Preveri in po potrebi odstrani vozičke za ostružke in očistiti okolico laku