

# Primjena metoda održavanja u tvrtki Hartmann d.o.o.

---

Jambor, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:821940>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**PRIMJENA METODA ODRŽAVANJA U TVRTKI  
HARTMANN D.O.O.**

Završni rad br. 08/MEH/2019

Maja Jambor

Bjelovar, rujan 2019.



**Veleučilište u Bjelovaru**

**Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar**

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Jambor Maja**

Datum: 28.06.2019.

Matični broj: 001646

JMBAG: 0314016140

Kolegij: **ODRŽAVANJE MEHATRONIČKIH SUSTAVA**

Naslov rada (tema): **Primjena metoda održavanja u tvrtki Hartmann d.o.o.**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Proizvodno strojarstvo**

Mentor: **dr.sc. Stjepan Golubić**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., predsjednik
2. dr.sc. Stjepan Golubić, mentor
3. Danijel Radočaj, mag.inž.meh., član

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 08/MEH/2019

U radu je potrebno:

- opisati tvrtku
- opisati metode održavanja općenito
- opisati proizvodnu opremu
- opisati vrste kvarova i načine otklanjanja kvarova
- opisati rad i način održavanja postrojenja za izradu podložaka i linije za tisak i pakiranje
- opisati mjere sigurnosti
- opisati dokumentaciju u održavanju
- dati prijedloge za poboljšanje postojećeg stanja.

Zadatak uručen: 28.06.2019.

Mentor: **dr.sc. Stjepan Golubić**

### *Zahvala*

Iskreno zahvaljujem svom mentoru dr.sc. Stjepanu Golubiću koji je svojim savjetima i iskustvom pomogao u izradi završnog rada.

Veliku zahvalu dugujem svojim roditeljima koji su uložili veliki trud da uspijem doći do završetka studija i koji su mi bili moralna podrška za vrijeme školovanja.

Najveću zahvalu posvećujem svojem zaručniku koji je bio uz mene u svim dobrim i lošim trenucima, koji mi je uvijek bio najveća podrška i koji mi je pomogao svojim stručnim znanjem i iskustvom.

# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2. O TVRTKI HARTMANN</b> .....                                    | <b>2</b>  |
| <b>3. ODRŽAVANJE</b> .....   | <b>4</b>  |
| 3.1 Ciljevi planiranja održavanja .....                              | 5         |
| <b>4. VRSTE I METODE ODRŽAVANJA</b> .....                            | <b>6</b>  |
| 4.1 Korektivno održavanje .....                                      | 7         |
| 4.1.1 Po ukazanoj prilici.....                                       | 8         |
| 4.2 Preventivno održavanje .....                                     | 8         |
| 4.2.1 Održavanje na temelju stanja .....                             | 8         |
| 4.3 Kombinirano (plansko) održavanje .....                           | 9         |
| 4.4 Terotehnoško održavanje.....                                     | 9         |
| 4.5 Logističko održavanje .....                                      | 9         |
| 4.6 Održavanje zasnovano na pouzdanosti.....                         | 9         |
| 4.7 Ekspertni sustavi održavanja .....                               | 10        |
| 4.8 Samoodržavanje.....  | 10        |
| 4.9 Cjelovito produktivno održavanje.....                            | 10        |
| <b>5. KVAROVI</b> .....  | <b>11</b> |
| 5.1 Trošenje .....   | 12        |
| 5.2 Korozija .....   | 14        |
| 5.3 Lom na elementima postrojenja.....                               | 16        |
| <b>6. OTKLANJANJE KVAROVA</b> .....                                  | <b>17</b> |
| <b>7. ALATI ZA POBOLJŠANJE KVALITETE I RJEŠAVANJE PROBLEMA</b> ..... | <b>18</b> |
| 7.1 Matrični dijagram.....   | 18        |
| 7.2 Dijagram srodnosti.....  | 19        |
| 7.3 Matrica prioriteta .....   | 20        |
| 7.4 Strijela dijagram.....   | 21        |
| 7.5 Programske karte.....  | 22        |
| <b>8. POSTROJENJE ZA IZRADU PODLOŠKA</b> .....                       | <b>24</b> |
| 8.1 Palper .....   | 24        |
| 8.1.1 Opis rada palpera.....   | 24        |
| 8.1.2 Održavanje palpera.....  | 26        |
| 8.2 Palper kada.....   | 26        |
| 8.2.1 Opis rada palper kade.....                                     | 27        |
| 8.2.2 Održavanje palper kade.....                                    | 28        |
| 8.3 Počistač i fiber sorter .....                                    | 28        |
| 8.3.1 Održavanje pročistača i fiber sortera.....                     | 30        |
| 8.4 Unosna kada.....   | 30        |
| 8.4.1 Opis rada unosne kade.....                                     | 30        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 8.4.2      | Održavanje unosne kade.....   | 31        |
| 8.5        | <i>Strojna i nivo kada</i> .....  | 31        |
| 8.5.1      | Opis rada strojne i nivo kade.....  | 31        |
| 8.5.2      | Održavanje strojne i nivo kade.....   | 33        |
| 8.6        | <i>Stroj za izradu podložaka MM41</i> .....                                     | 34        |
| 8.6.1      | Opis rada stroja za izradu podložaka MM41.....                                  | 34        |
| 8.6.2      | Održavanje stroja za izradu podložaka MM41.....                                 | 37        |
| 8.7        | <i>Uvođenje automatizacije u postrojenje i njezin doprinos održavanju</i> ..... | 38        |
| 8.8        | <i>Česti kvarovi na postrojenju za izradu podložaka</i> .....                   | 40        |
| <b>9.</b>  | <b>ODRŽAVANJE I RAD LINIJE ZA TISAK I PAKIRANJE</b> .....                       | <b>41</b> |
| 9.1        | <i>Dinester</i> .....   | 41        |
| 9.1.1      | Opis rada i održavanje.....   | 41        |
| 9.2        | <i>Ljepilica</i> .....  | 42        |
| 9.2.1      | Opis rada i održavanje.....   | 42        |
| 9.3        | <i>Uređaj za tisak</i> .....  | 43        |
| 9.3.1      | Opis rada i održavanje.....   | 43        |
| 9.4        | <i>Slagač i pakirer</i> .....   | 45        |
| 9.4.1      | Opis rada i održavanje.....   | 45        |
| 9.5        | <i>Oštećenja koja nastaju tijekom rada na liniji za tisak i pakiranje</i> ..... | 46        |
| <b>10.</b> | <b>TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA KVAROVA</b> .....                                      | <b>47</b> |
| 10.1       | <i>Termografija</i> .....   | 48        |
| 10.2       | <i>Ispitivanje ulja u strojevima</i> .....                                      | 50        |
| 10.2.1     | Vizualni pregled ulja.....  | 50        |
| 10.2.2     | Mjerenje kontaminacije ulja vodom.....  | 51        |
| 10.2.3     | Mjerenje kontaminacije ulja čvrstim česticama.....                              | 51        |
| 10.3       | <i>Testiranje elektromotora</i> .....   | 51        |
| 10.3.1     | Ispitivanje trofaznih elektromotora pod naponom.....                            | 52        |
| <b>11.</b> | <b>MJERE SIGURNOSTI</b> .....   | <b>53</b> |
| <b>12.</b> | <b>DOKUMENTACIJA U ODRŽAVANJU</b> .....   | <b>55</b> |
| <b>13.</b> | <b>ZAKLJUČAK</b> .....  | <b>57</b> |
| <b>14.</b> | <b>LITERATURA</b> .....   | <b>58</b> |
| <b>15.</b> | <b>SAŽETAK</b> .....  | <b>59</b> |
| <b>16.</b> | <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>60</b> |

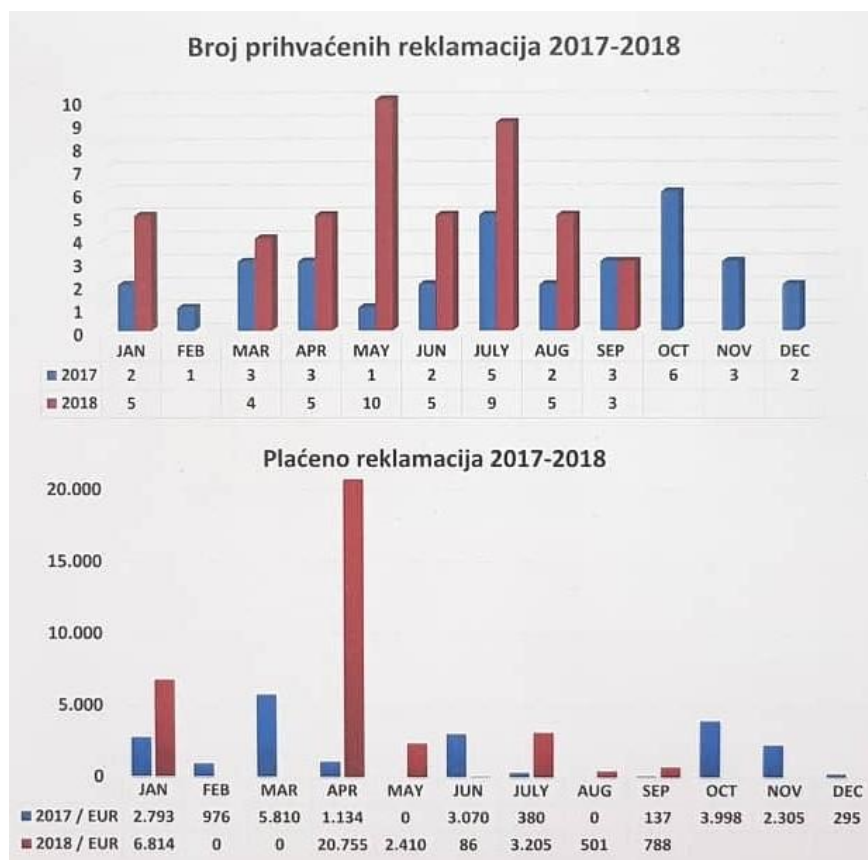
## 1. UVOD

Ovaj rad napisan je na temelju znanja stečenog za vrijeme obavljanja stručne prakse, temelju dostupne literature i na temelju znanja stečenog tijekom obrazovanja na Veleučilištu u Bjelovaru. Svrha ovog završnog rada je prikazati važnost održavanja industrijskog postrojenja te prikazati održavanje postrojenja u tvrtki Hartmann. Značajan dio rada čini osvrt na način rada postrojenja u Hartmannu. Hartmann je vodeći svjetski proizvođač pakiranja za jaja te je odličan kao primjer da se pokažu prednosti i svrha održavanja postrojenja, ali i da se razmisli o nedostacima koji bi mogli poboljšati održavanje cjelokupnog postrojenja. U radu su priložene i slike koje omogućuju jednostavnije razumijevanje teksta koji opisuje način rada postrojenja. Održavanje je veoma odgovoran posao jer nepravilnim načinom vođenja istog može doći do neplaniranih zastoja i nepotrebnog trošenja vremena i novaca. Uočena je potreba za sve intenzivnije uvođenje automatizacije u postrojenja. Automatizacija je stekla veliku popularnost zbog niza prednosti, a najvažnija je da njome možemo realizirati određenu logiku koja nam omogućuje otkrivanje poteškoća u sustavu prije nego dođe do kvara i obavljanje više zadatah radnji pritiskom na samo jedno tipkalo. Zbog česte pojave kvarova, u ovom radu su opisani neki uzroci te su navedene metode kojima ih možemo što jednostavnije ukloniti. Kako bi bili u mogućnosti odrediti koji kvar je prioritet, a koji će se kvar zadnji ukloniti važno je poznavanje alata za poboljšanje kvalitete i rješavanje problema, pa je zbog toga u radu opisano nekoliko alata koji mogu biti od velike pomoći. U radu se daje mjesta i tehničkoj dijagnostici koja nam omogućuje bolje planiranje održavanja jer omogućuje uvid u stanje opreme. Spomenute su i mjere sigurnosti koje su u održavanju veoma važne i o kojim treba voditi brigu kako radnik ne bi ozlijedio sebe ili osobu koja se nalazi u blizini. Uz sve navedeno veliku važnost ima i tehnička dokumentacija kako bi se uspješno obavljalo dokumentiranje i prijenos informacija o popravcima i načinu popravljivanja.

## 2. O TVRTKI HARTMANN

Tvrtka Hartmann d.o.o. osnovana je 1917. godine, a glavno sjedište se nalazi u Danskoj. Uspoređujući je s drugim tvrtkama ističe se po tome što je vodeći svjetski proizvođač pakiranja za jaja. Posebnost ove tvrtke je u tome što je od malog dobavljača strojeva za proizvodnju papirnih vrećica izrasla u međunarodnog dobavljača ambalaže za jaja. Ambalaža za pakiranje jaja proizvodi se od prešanih vlakna i kao takva prodaje se na tržištu Europe, Sjeverne i Južne Amerike. Tvrtka Hartmann je 1999. godine osnovana i u Hrvatskoj, sa sjedištem u Koprivnici, gdje je zaposleno oko 190 radnika. Broj zaposlenih je iz godine u godinu sve veći. Za Hartmann se može reći da je sigurna tvrtka jer na milijun radnih sati nije zabilježena ni jedna ozljeda. Velikim iskustvom i inovacijama razvijen je podložak od kartona kojim se uklonila izrada rupa na prednjoj strani podloška. Proizvodi ove tvrtke se temelje na recikliranom papiru, koji je obnovljivi bio-razgradiv materijal. Pakiranja za jaja prodaju se tvrtkama za pakiranje, trgovačkim lancima i svim zainteresiranim klijentima. Riječ je o tvrtki koja svakodnevno radi na razvijanju svojih proizvoda i na razvijanju inovacija kojim se smanjuje onečišćenje okoliša. Tvrtka kontinuirano radi na smanjenju reklamacija. Broj prihvaćenih reklamacija i troškovi reklamacija prikazani su naslici 2.1. Prvi graf prikazuje broj prihvaćenih reklamacija na ordinati i mjesecima za 2017. i 2018. godinu na apscisi. Do kolovoza prevladavaju reklamacije u 2018. godini s najvećim porastom u svibnju, dok u rujnu se izjednačavaju i u zadnja tri mjeseca se vidi napredak 2018. godine u odnosu na 2017. Tako da u 2018. godini u zadnja tri mjeseca nema prihvaćenih reklamacija, dok u 2017. godini ih ima. Najmanji broj prihvaćenih reklamacija za 2017. godinu je u veljači, dok 2018. godina ima tri mjeseca u kojim nije bilo prihvaćenih reklamacija. Drugi graf sa slike 2.1 na ordinati prikazuje iznos potrošenog novca u 2017. i 2018. godini za reklamacije, a na apscisi mjesece. Iz grafa se vidi da je najveći trošak reklamacija u travnju 2018. godine i iznosi 20.755 eura, ali na kraju godine tj. u zadnja tri mjeseca se vidi napredak u kojem je 2018. godina bez troškova u svrhu reklamacija, a u 2017. godini ih ima.

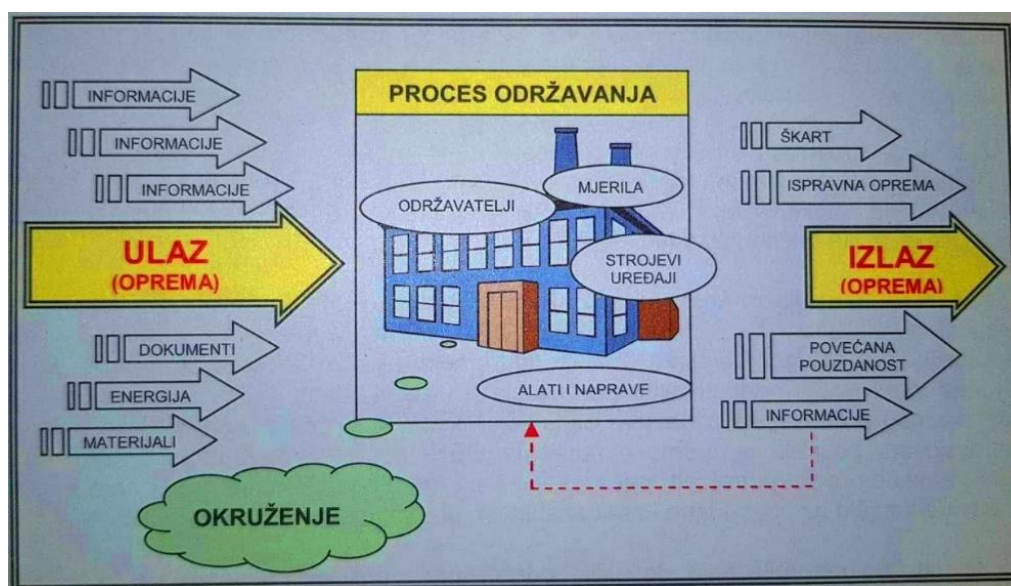




Slika 2.1: Prikaz reklamacija za 2017. i 2018. godinu [1]

### 3. ODRŽAVANJE

Termin *održavanje* (*maintenance, instandhaltung, manutenzione*) rabi se za opisivanje raznih zahvata koji podupiru osnovnu funkciju tehničkih i drugih sustava [2]. Svaka tvrtka nastoji osigurati što manji broj zastoja u proizvodnji i proizvodnju uz što manje troškove. Kako bi tvrtka poslovala ekonomično, a imala kvalitetan proizvod u zahtjevanim rokovima i u isto vrijeme bila konkurentna na tržištu potrebno joj je kvalitetno održavanje. Održavanje se može primijeniti u raznim područjima kao što su industrijska postrojenja, održavanje javnih objekata, održavanje radne sredine i u još mnogo različitih aktivnosti. Održavanje ima puno zadaća, ali osnovna je da pridonosi radnim sposobnostima sustava kako bi ti sustavi bili u stanju izvoditi svoju funkciju. Pravilnom organizacijom održavanja omogućuje se učinkovito uklanjanje nastalih neispravnosti i ponovno puštanje postrojenja u rad. Kada bi se održavanje promatralo kao procesni pristup onda bi to značilo da ima ulaz i izlaz. Na slici 3.1 je na slikoviti način prikazan procesni pristup. Na ulazu se nalaze postrojenja kojima je potreban popravak ili na kojima se vrše preventivni postupci održavanja. Također se može uočiti da se na ulazu pojavljuju još neki utjecajni čimbenici koji imaju utjecaj na izvršenje održavanja. U procesu održavanja su važne ovlaštene osobe koje uz pomoć naprava, mjernih uređaja, dijagnostičke opreme i ostalih potrebnih sredstava izvode postupke koji doprinose radu postrojenja u zadovoljavajućem stanju. Na izlazu, odnosno poslije izvođenja operacija održavanja se nalazi ispravna oprema sa istim ili puno boljim karakteristikama rada. Na izlazu dobivamo i informacije koje mogu biti korisne za planiranje tjeka izvođenja sljedećih operacija održavanja.



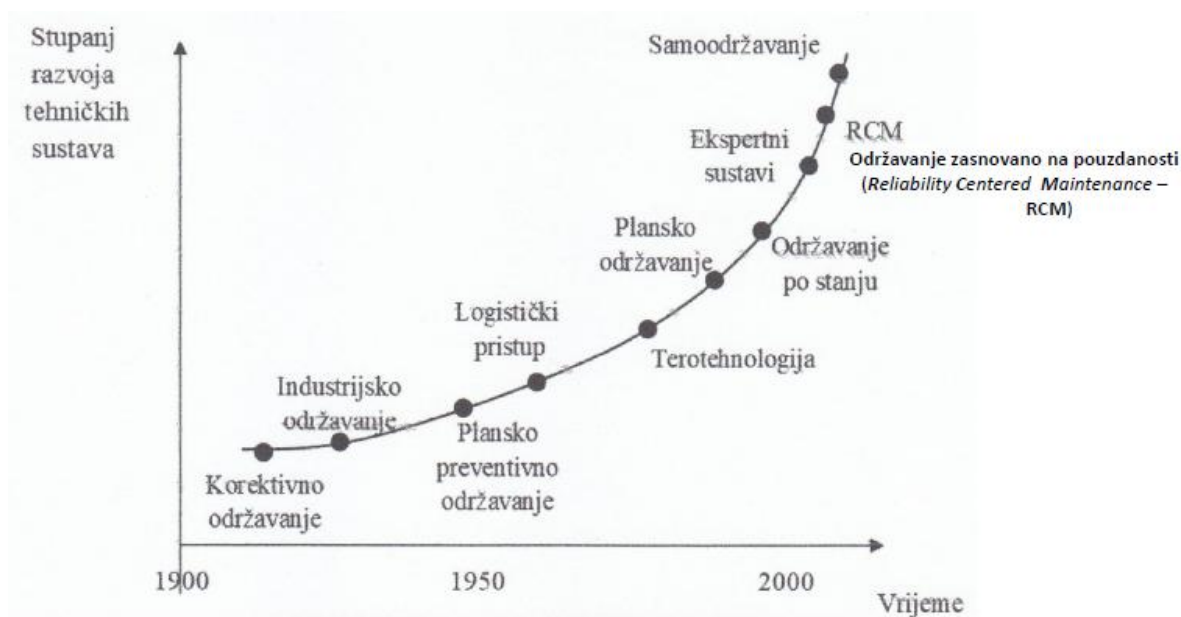
Slika 3.1: Općeniti proces održavanja [3]

### 3.1 Ciljevi planiranja održavanja

Kad se spominju ciljevi u održavanju oni moraju biti jasni, ostvarivi, te prostorno i vremenski usklađeni. Najbolje ih je napisati jer samo na taj način izražavaju potrebu za izvršenjem neke aktivnosti koja je zadane kvalitete i u zadanom vremenu. U slučaju kad ciljevi u održavanju nisu dovoljno jasno definirani i razumljivi djelatnicima tada ih je teško ostvariti. Svaki cilj održavanja treba imati početnu i konačnu razinu do koje treba stići. Za vrijeme definiranja cilja važno je uvidjeti sve zapreke i moguće načine prevladavanja tih zapreka. Održavanje sustava zahtjeva vremenski ograničene sustave što povlači da rezultat mora biti vidljiv u određenom vremenskom razdoblju. Za kvalitetno upravljanje planom održavanja važno je uvidjeti dosadašnje nedostatke, a kako bi to bilo moguće potrebno je dobiti informacije osoblja na održavanju. Važno je uvidjeti nedostatke kako bi se moglo kvalitetno odrediti ciljeve za poboljšanje. Ciljevi koji bi pridonijeli radu industrijskog postrojenja su veoma konkretni, a neki od njih su: poboljšanje radnih karakteristika za povećanje proizvodnosti, produžetak rada strojeva između dva zastoja, ulaganje u opremu za tehničku dijagnostiku koja omogućuje kraće zastoje zbog kraćeg vremena dijagnosticiranja kvara, uvođenje opreme za automatsko testiranje koja omogućava testiranje potpuno automatski, educiranje zaposlenika kako ne bi došlo do kvarova izazvanih neznanjem, uvođenje automatizacije industrijskog postrojenja koji omogućuje da se na vrijeme uoči kvar i da se smanji mogućnost dodatnih kvarova, redovito servisiranje, usporavanje zastarijevanja postrojenja, održavanje radne sposobnosti tehnološke opreme na potrebnoj razini. Za održavanje sustava su veoma važni dugoročni i kratkoročni planovi. Kratkoročni planovi su za ciljeve visokih prioriteta, dok dugoročni mogu imati rok za ostvarenje do 5 godina. Izvješća su veoma važna za svakog sudionika održavanja kako bi svi mogli biti informirani o svakom mijenjanju rasporeda i uzrocima istih. U analizi napretka se prikazuje napredak u odnosu na cilj, obavlja se na kraju svake godine te se u isto vrijeme može definirati i plan za novu godinu. Tada je najlakše definiranje plana za novu godinu obzirom da se lako može prilagoditi uzimajući u obzir nedostatke plana od prethodne godine. Ciljevi održavanja mogu se podijeliti na dvije vrste, tehničko tehnološki i ekonomski. Tehničko tehnološki uključuju uvođenje inovacija i usavršavanje radnih sredstava. Ekonomskim ciljevima pripada: povećanje proizvodnosti i smanjenje troškova proizvodnje.

## 4. VRSTE I METODE ODRŽAVANJA

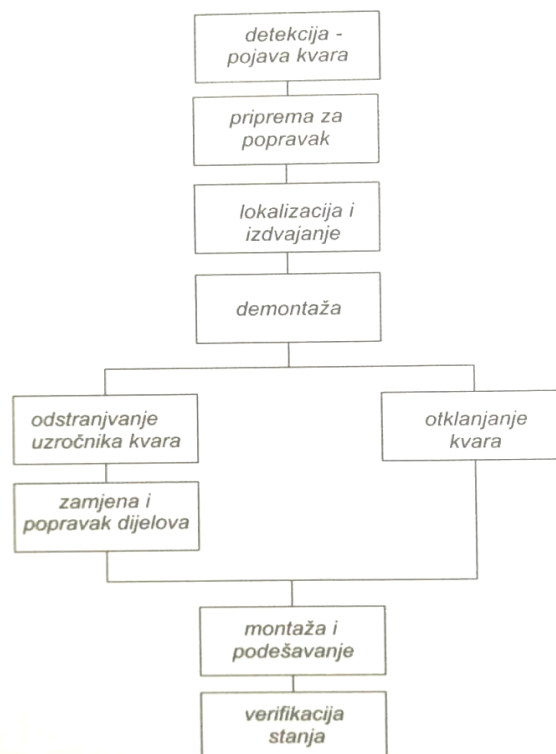
Operacije održavanja mogu se provoditi u više različitih varijanti. Neke varijante se razlikuju u detaljima koji na prvi dojam ne djeluju važno, ali ti detalji mogu biti jako važni za obilježja sustava. Važno je znati u kakvom je stanju sustav zbog toga što se samo takvim načinom može saznati što treba učiniti. Koliko se zna o stanju sustava govori količina i kvaliteta informacija, a informacije mogu biti objektivne (do informacija se došlo mjerenjem fizikalnih veličina u sustavu) i subjektivne (informacije koje su donesene na temelju prosudbe radnika koji poznaje sustav). Točnost informacija o sustavu je veoma važna jer svaka netočna informacija može odvesti praćenje stanja sustava u krivom smjeru ili produljiti vrijeme postupaka održavanja. Kada se odabere vrsta održavanja može se reći da je sustav tada prisvojio važno obilježje koje ga najbliže opisuje. Na slici 4.1 prikazan je razvoj metoda održavanja kroz povijest. Jasno se vidi da je korektivno održavanje razvijeno u počecima te kako je vrijeme prolazilo povećavao se stupanj razvoja tehničkog sustava. Vrhunac razvitka je poslije 2000. godine kada je razvijena metoda samoodržavanja.



Slika 4.1: Prikaz razvoja metoda održavanja kroz povijest [4]

## 4.1 Korektivno održavanje

Korektivnim održavanjem se smatraju popravci koji se izvode nakon otkaza. Prvo se sustav nađe u stanju otkaza, a nakon toga slijedi utvrđivanje kvarova i poduzimanje mjera koji dovode do toga da se sustav vraća u funkcionalno stanje. Pod korektivno održavanje spadaju i hitni popravci koji se izvode u trenutku utvrđivanja nedostatka neke funkcije sustava. Postoje razne grane industrije koje koriste razne nazive za korektivno održavanje, a jedan od njih je iznenadno održavanje. U ovoj metodi nije moguće unaprijed planirati vrijeme popravka jer nikad ne znamo u koje će vrijeme nastupiti kvar. Na slici 4.2 prikazan je redoslijed postupaka koji se izvode po nastanku kvara. Vidi se organizacija od pojave kvara sve do verifikacije odnosno utvrđivanje ispravnosti. Ova metoda se može primjenjivati samo ako ni na bilo koji način ne dolazi do opasnosti za radnika. Za ovaj pristup je važno imati veliki broj održavatelja koji postaju aktivni tek nakon pojave kvara. Zadatak ovakvog djelovanja je da se kvar otkrije u što kraćem vremenu i da se što kvalitetnije ukloni uz minimalne troškove koji mogu biti uzrokovani zastojem. U ovoj metodi se mogu prepoznati određene prednosti i nedostaci. Prednosti su: oprema se koristi do potpunog iskorištenja i mali su troškovi organizacije. Nedostatak korektivnog održavanja je čekanje na kvar što predstavlja mogućnost da dođe do većih oštećenja.



Slika 4.2: Princip korektivnog održavanja [3]

#### 4.1.1 *Po ukazanoj prilici*

Ova metoda se može smatrati dijelom korektivnog održavanja. Obavlja se tijekom korektivnog održavanja odnosno za vrijeme uklanjanja kvara, na elementima koji nisu u kvaru. Obično uključuje aktivnosti kao što su: bojanja, podmazivanja, zamjena dijelova i čišćenje.

## 4.2 Preventivno održavanje

Pod pojmom preventivnog održavanja podrazumijeva se niz postupaka koji se poduzimaju radi sprječavanja pojave stanja u kvaru, odnosno za održavanje finomehaničkog sustava u granicama funkcionalne ispravnosti, u određenom vremenskom intervalu [3]. Iz prethodnog se zaključuje da se sve operacije održavanja izvode prije nego nastupi kvar i iz tog razloga je potrebno utvrđivanje potrebe za njegovim izvođenjem. Ovakvim načinom održavanja se u određenim granicama može garantirati za pouzdanost sustava. Preventivno održavanje se može podijeliti prema vrsti i karakteru postupaka te prema načinu izvođenja.

Prema vrsti i karakteru održavanje može biti:

1. Osnovno održavanje
  - Pregled prije, tijekom i poslije upotrebe
2. Periodični pregledi
  - Čišćenje i podmazivanje
3. Kontrolni pregledi
4. Održavanje po stanju
  - S kontrolom parametra i kontrolom pouzdanosti

Preventivno održavanje je najzastupljeniji pristup i temelj je svim ostalim pristupima.

#### 4.2.1 *Održavanje na temelju stanja*

Održavanje na temelju stanja je dio preventivnog održavanja te je nastalo usporedno s razvojem elektronike i instrumenata na temelju kojih se mogla dati procjena o stanju opreme. Na temelju mjerenja različitih parametara kao što su vibracije rukavca ili povećanog šuma ležaja daje se ocjena stanja opreme u budućnosti. Ova metoda omogućuje smanjenje troškova održavanja, a razlikuje se u odnosu na preventivno održavanje po tome što se održavanje bazira na rezultatima mjerenja.

### **4.3 Kombinirano (plansko) održavanje**

Metoda kombiniranog održavanja predstavlja spoj dvije metode. Obje metode su opisane u potpoglavlju 4.1 i 4.2, a radi se o korektivnom i preventivnom održavanju. Preventivno održavanje se izvodi u situacijama kada se kvar može predvidjeti, a korektivno održavanje se primjenjuje kod slučajnih kvarova odnosno kvarova koje nije moguće predvidjeti. Korektivno održavanje se primjenjuje onda dok se preventivno po ekonomskim ili drugim kriterijima ne preporučuje. Iz prethodnog se zaključuje da nije moguće primjenjivati samo preventivno ili samo korektivno održavanje i iz toga razloga je nastala kombinacija tih dviju metoda koju nazivamo kombinirano ili plansko održavanje.

### **4.4 Terotehnološko održavanje**

Terotehnološko održavanje je nastalo početkom 70. godina u Velikoj Britaniji. Ova metoda nastala je na temelju preventivnog održavanja, a osmislio ju je Dennis Parkes [5]. Najvažnija činjenica je da stručnjaci održavanja trebaju svojim znanjem izravno ili posredno sudjelovati u svim fazama životnog vijeka opreme što znači da moraju sudjelovati od ideje o nabavci do otpisa iste. Ovakvim pristupom su stručnjaci održavanja sve više sudjelovali u odlučivanju o kupovini nove opreme što je rezultiralo manjim troškovima održavanja tijekom eksploatacije i većoj raspoloživosti opreme.

### **4.5 Logističko održavanje**

Logističko održavanje je razvijeno u Americi, a razvijanje je pokrenuo B. Blanchard [5]. To je metoda koja se razvijala paralelno sa terotehnološkim pristupom u Europi. Kao i terotehnološko održavanje i logističko održavanje je nastalo na temelju preventivnog održavanja. Logističko održavanje je metoda u kojoj se pažnja pridaje projektiranju, proizvodnji opreme te na kraju i njenoj uporabi. Cilj ove metode je da se kroz projektiranje i proizvodnju opreme izvede sve kako bi oprema imala visok stupanj pouzdanosti i lako održavanje.

### **4.6 Održavanje zasnovano na pouzdanosti**

Prva primjena održavanja zasnovanog na pouzdanosti se bilježi u avionskoj industriji. Ovakav pristup održavanju omogućuje da svaki dio postrojenja ima svoje sigurnosno minimalno održavanje koje može doprinijeti povećanju pouzdanosti i sigurnosti. Veza faktora sigurnosti i pouzdanosti se analizira kod konstruiranja mehaničkih komponenti. U ovoj metodi se uzima u obzir održavanje elemenata pogona u sadašnjem

stanju, a ne u stanju u kojem će biti kasnije. Pouzdanost se u fazi razvoja industrijskog postrojenja procjenjuje ili predviđa što uključuje i usporedbu sa sličnim sustavima koji su već u upotrebi.

#### **4.7 Ekspertni sustavi održavanja**

Ekspertni sustavi održavanja se zasnivaju na napretku hardvera i softvera te u konačnici umjetnoj inteligenciji. Umjetnu inteligenciju predstavljaju baze podataka i mehanizmi zaključivanja. To je metoda koja se zasniva na tome da se kvarovi prepoznaju na temelju ulaznih parametara (koje može davati senzor) te se preporučuju odgovarajuća djelovanja na održavanju. Djelovanja koja se preporučuju su bazirana na pohranjenom znanju stručnjaka.

#### **4.8 Samoodržavanje**

Metoda samoodržavanja je metoda budućnosti koja se i danas razvija. Ovu metodu čini više ekspernih sustava koji šalju naloge robotiziranoj tehnološkoj liniji koja je sačinjena od lako zamjenjivih modula. Module zamjenjuje robotska ruka, a zamjena modula se naziva agregatna zamjena jer se zamjena obavlja bez zastoja proizvodnje ili uz minimalno vrijeme zastoja.

#### **4.9 Cjelovito produktivno održavanje**

Drugi naziv za ovu metodu je Totalno produktivno održavanje, a razvijena je tijekom 70. godina u Japanu, u tvrtki Toyota. Ova metoda je nastala na temelju preventivnog održavanja, a prva tvrtka izvan Japana koja ju je primjenila je Renault. Najčešće se primjenjivala u slučajevima masovne proizvodnje. Metoda se bazira na povjeravanju održavanja osoblju koje rukuje s opremom. Primjena ove metode je dugotrajan proces, a uključuje poštivanje pravila 5s što znači: čišćenje (jap. *Seiso*), urednost (jap. *Seiri*), red (jap. *Seiton*), čistoća (jap. *Seiketsu*), disciplina (jap. *Shisuke*) [5].



## 5. KVAROVI

Neispravnosti na industrijskim postrojenjima se događaju svakodnevno i zahtijevaju što bržu intervenciju kako bi vrijeme stajanja postrojenja ili rada postrojenja sa smanjenom kvalitetom bilo što kraće te kako bi gubici bili što manji. Obzirom na funkcionalno stanje industrijskog postrojenja neispravnosti se mogu podijeliti na nebitnu i bitnu neispravnost. Nebitna neispravnost je slučaj u kojem je sustavu narušena ispravnost, ali još uvijek može biti u funkciji. Druga vrsta je bitna neispravnost, a njome se smatra slučaj kada na sustavu nastupi kvar koji onemogućuje sustavu da bude u funkciji. Nebitne neispravnosti se ne smiju zanemariti jer vremenom mogu napredovati prelaskom u bitnu neispravnost što bi dovelo do kvara postrojenja. Prethodno navedenim se zaključuje da je kvar vrsta neispravnosti koja onemogućuje daljnje funkcioniranje sustava. Granice kvara mogu se odrediti pomoću dijagnostičke opreme. Postupak se odvija tako da pomoću mjernih uređaja mjerimo karakteristiku koja pomaže u lociranju kvara. Do granice kvara se može dolaziti i na druge načine, a preporuča se korištenje preporuka proizvođača tehničkih sustava te na temelju normi ili iskustava. Postoji više podjela kvarova, ali jedna od najviše korištenih je na:

1. Početne kvarove
2. Slučajne kvarove
3. Vremenske kvarove
4. Prouzročene kvarove.

Početni kvarovi su kvarovi koji nastaju u početnom vremenu korištenja sustava. Nastaju zbog propusta u konstrukciji, pogreškama pri montaži, puštanju u pogon i raznim drugim aktivnostima koje su vezane za početni rad sustava. Slučajni kvarovi nastaju iz nepoznatih razloga i zato su to kvarovi za koje je najteže otkriti njihov uzrok. Vremenski kvarovi nastaju zbog pojava koje se javljaju s vremenom najčešće zbog nedostatka sposobnosti materijala da zadovolji tražene kriterije. Tako se s vremenom zbog neotpornosti materijala pojavljuje trošenje, korozija, zamor, starenje i još mnogo sličnih pojava. Prouzročeni kvarovi nastaju zbog neznanja ili nepažnje ljudi koji rade s tehničkim sustavom. Kako bi se takva vrsta kvarova smanjila postoji potreba educiranja radnika za rad sa tehničkim sustavom na kojem radnik radi. Kako bi bilo moguće pratiti i izračunati pouzdanost sustava tijekom rada potrebno je voditi zapise o kvarovima. Zapisi o kvarovima mogu biti po želji korisnika, ali o svakom kvaru bi se trebalo znati kako se kvar

manifestira, lokacija kvara, vrijeme pojave kvara, tko je uočio kvar i režim rada u kojem se kvar pojavio. Najčešće manifestacije kvarova su: povećanje škarta, zastoji u procesu, šumovi, udare i na kraju opasnost za radnike. Slika 5.1 prikazuje kada krivulju, a graf na slici je označen s vjerojatnosti kvara na osi ordinata te uhadavanjem, stalnom vjerojatnosti kvara i trošenjem na osi apscisa. Prikazani graf je označen s tri krivulje koje predstavljaju vjerojatnost kvara za: postrojenje bez održavanja(1), postrojenje s idealnim preventivnim održavanjem(2) te postrojenje sa stvarnim preventivnim održavanjem(3). Iz grafa se može iščitati da je vjerojatnost kvara najmanja kod idealnog preventivnog održavanja(2). Krivulja (1) i (3) su veoma slične te se može zaključiti da je vjerojatnost kvara kod postrojenja bez održavanja i kod postrojenja sa stvarnim preventivnim održavanjem gotovo ista. Iako su krivulje (1) i (3) slične, ipak se preporučuje preventivno održavanje postrojenja jer je tada manja vjerojatnost trošenja pojedinih dijelova koji se ne mijenjaju prilikom na primjer korektivnog održavanja.

Uzroci kvarova mogu biti različiti, a kroz nekoliko sljedećih poglavlja biti će objašnjeni neki od njih.



Slika 5.1: Kada krivulje [4]

## 5.1 Trošenje

Trošenje elemenata na stroju je u praksi veoma česti problem koji dovodi do rada s manjim preciznostima. Znanost koja istražuje procese trošenja, trenja i podmazivanja zove se tribologija. Svrha tribologije je u najvećoj mjeri smanjiti ili ako je moguće ukloniti gubitke do kojih dolazi zbog trošenja ili trenja. Trošenje materijala se zasniva na gubitku materijala, ali u trošenje materijala se uključuju i oštećenja bez promjene volumena i mase.

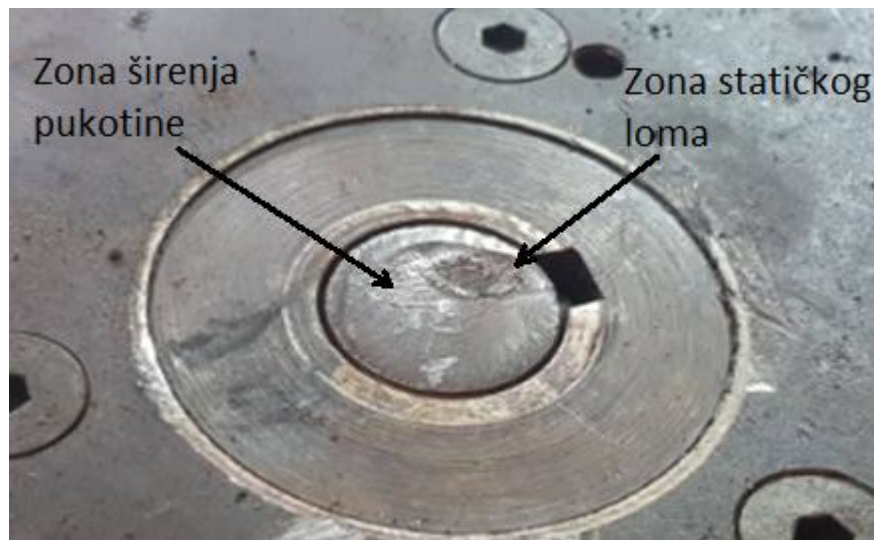
Cilj je da se proces trošenja što više uspori i da bude pod kontrolom. Posljedice trošenja određenih materijala mogu biti različite, a neke od njih su: potpuno uklanjanje materijala s površine i premještanje materijala prema dodirnim površinama.

Osnovni mehanizmi trošenja su: abrazijski, adhezijski, erozija i sudari, kemijski (erozijski), induciran električnim lukom te zamor. Isključujući zamor, ostali mehanizmi se pojavljuju postupnim odstranjivanjem materijala. Trošenje najčešće započinje jednim mehanizmom, a nastavi nekim drugim i zato se obično radi o kombinacijama trošenja.

Adhezijsko trošenje se pojavljuje u slučaju kad se neravnine ili izbočine uslijed klizanja u kontaktu smiču. Posljedica adhezijskog trošenja je odvajanje dijelova s jedne površine i naljepljivanje odvojenih dijelova na drugu površinu.

Abrazijsko trošenje nastaje uslijed klizanja hrapave tvrde površine ili čestice po mekšoj površini. Kod ove vrste trošenja tvrde čestice uzrokuju trošenje istiskivanjem materijala. Često dolazi do grebanja i nastajanja brazdi na mekšoj površini. Adhezijsko i abrazijsko trošenje povezuje činjenica da su oba mehanizma djelotvorna za vrijeme fizičkog kontakta između dvije površine. Brzina abrazijskog trošenja je u većini slučajeva velika, a u usporedbi s adhezijskim trošenjem je dva do tri reda veličine veća.

Zamor materijala nastaje kada je strojni dio izložen smanjenju čvrstoće nekog materijala zbog promjene veličine i smjera naprezanja. Lomovi koji nastaju zbog zamora materijala ne ovise o vrsti naprezanja ni o vrsti materijala. Važno je napomenuti da naprezanja koja uzrokuju zamorni lom su ispod granice tečenja. Zamor materijala započinje nastankom pukotine koja nije vidljiva golim okom. Ta pukotina je obično duljine oko 0.05 mm. Važan uzrok nastanka pukotine na površini su nominalna naprezanja koja su najveća na površini, a pukotina nastaje tamo gdje je naprezanje najveće. Širenje pukotine traje sve dok se presjek ne smanji do te mjere da naprezanja u njemu dostignu vrijednost statičke čvrstoće materijala te dolazi do trenutka nastupanja nasilnog prijeloma. Na površini takvog loma se može vidjeti zona statičkog loma i zona širenja pukotine. Zona statičkog loma je veoma grube površine u usporedbi sa zonom širenja pukotine koja je glatke površine. Na slici 5.2 prikazan je nastanak zamora te se mogu uočiti prethodno spomenute zone.



Slika 5.2: Zamor materijala

## 5.2 Koroziija

Koroziija je prirodni fenomen koji uzrokuje propadanje materijala tj. njegovih svojstava uslijed kemijskog djelovanja plina ili kapljevine. Veoma je važno razlikovati kemijsku i elektrokemijsku koroziiju.

Kemijska koroziija se odvija u neelektrolitima odnosno u medijima koji ne provode električnu struju. Dolazi do reakcije metala s električki nevodljivom okolinom. Jedan od najvažnijih i najčešćih primjera je spajanje metala s kisikom iz suhih plinova kao što je zrak. Ovaj primjer se događa pri radu uređaja na visokim temperaturama. Brzina kemijske koroziije ovisi o strukturi metala, o temperaturi, napetosti i naprezanjima.

Elektrokemijska koroziija se javlja na metalima i legurama u dodiru s elektrolitima (voda, lužina, sol), pri čemu dolazi do reakcije oksidacije i redukcije. Oksidacija je reakcija kojom neka tvar oslobađa elektrone te nastaje druga tvar. Redukcija je reakcija suprotna oksidaciji pa je tako to reakcija kojom neka tvar veže elektrone te tada nastaje druga tvar. Oksidaciju karakterizira anodni proces gdje dolazi do otapanja metala i stvaranja elektrona, a redukciju katodni proces gdje dolazi do trošenja elektrona. Od materijala se najčešće očekuje da imaju dobra mehanička svojstva, svojstva obradivosti te da uz sve to imaju i dobru korozijsku otpornost. Takva očekivanja u određenoj mjeri se mogu zadovoljiti samo korištenjem visokokorozijski postojanih materijala, a konstrukcijski materijal koji ne pripada toj skupini teško može zadovoljiti navedena svojstva i zato se koriste postupci zaštite od koroziije, a neki od njih su: zaštita od koroziije nanošenjem prevlaka, električne metode zaštite, konstrukcijsko-tehnološke mjere i drugi.

Slika 5.3 prikazuje dva slučaja korozije, od kojih lijeva slika prikazuje koroziju na rasvjetnom stupu, a desna slika prikazuje brod koji tone. Prema izvještaju francuske istraživačke agencije Bureau d'Enquetes sur les Accidents en Mer iz siječnja 2000., zaključeno je da je do nesreće došlo zbog korozije koja je oslabila trup broda, što je dovelo prvo do njegova savijanja i na kraju do katastrofalnog brodoloma [6].

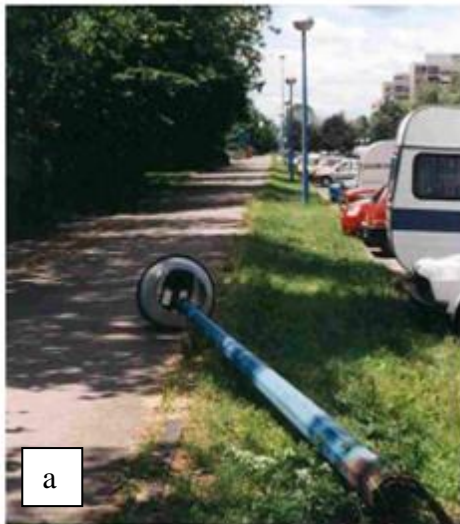
Troškovi izazvani korozijom mogu biti direktni i indirektni.

Direktni troškovi izazvani korozijom [6]:

- Zamjena korodirane opreme
- Održavanje
- Provođenje zaštite.

Indirektni troškovi izazvani korozijom [6]:

- Zaustavljanje proizvodnje/pogona
- Gubitak proizvoda(propuštanje iz tankova i cjevovoda)
- Smanjenje stupnja iskoristivosti – efikasnosti
- Onečišćenje/kontaminacija proizvoda
- Onečišćenje okoliša
- Predimenzioniranje konstrukcija.

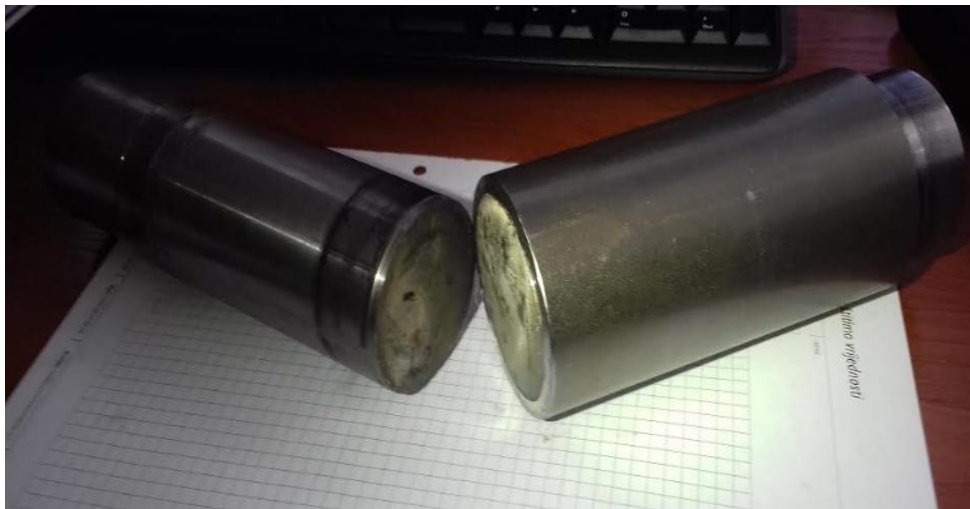


Slika 5.3: a) Primjer korozije ukopanog temeljnog dijela rasvjetnog stupa, b) Primjer posljedice korozije odnosno brodolom tankera Erika [6]

### 5.3 Lom na elementima postrojenja

Lom je jedan od ozbiljnijih oblika kvarova na industrijskim postrojenjima. U trenutku kada se pojavi lom, daljnje korištenje elementa nije moguće. Do pojave loma industrijskih elemenata dolazi u trenutku kada veličina vanjskog opterećenja prijeđe otpornost (čvrstoću) elemenata. Na slici 5.4 prikazan je lom na vratilu koji je nastao uslijed prevelikog opterećenja. Vratilo je korišteno u sušari tvrtke Hartmann za prijenos gibanja pomoću lančanika na transportnoj traci.

Lomove dijelimo na dvije skupine, a to su: plastični i krti. Kod plastičnog loma dolazi do plastične deformacije koja je najčešće popraćena promjenom oblika. Bitno je postizanje što manje težine postrojenja i zato se koriste materijali s povećanom granicom razvlačenja i povećanom čvrstoćom. Materijali s povećanom granicom razvlačenja i povećanom čvrstoćom nemaju karakteristike plastičnosti što ukazuje da vrlo rijetko dolazi do plastičnog loma kod industrijskih postrojenja. Druga skupina lomova su krti lomovi koji podrazumijevaju zamor materijala.



Slika 5.4: Prikaz slomljenog vratila u tvrtki Hartmann

## 6. OTKLANJANJE KVAROVA

Popravljanje strojnih dijelova u održavanju može se izvoditi na više načina, a to su :

- Klasični postupci
- Posebni postupci obrade
- Postupci obrade karakteristični za održavanje.

Klasični postupci obrade kao što su glodanje, tokarenje, bušenje, turpijanje i drugo u održavanju se po pojedinim specifičnostima razlikuju u odnosu na iste postupke kod izrade novih dijelova. Specifične razlike se uočavaju uspoređujući gotov proizvod u odnosu na sirove obratke. U specifične razlike se ubrajaju: vrsta završne obrade, stupanj istrošenosti i hrapavost. Izbor postupaka obrade uvelike ovisi o obliku predmeta i vrsti materijala.

Pod pojmom „posebni postupci obrade“ podrazumijevaju se obrada laserom, vodenim mlazom, ultrazvukom i elektroerozijom. Prethodno nabrojani postupci se obično koriste u serijskoj proizvodnji novih predmeta.

Postupci obrade karakteristični za održavanje su:

- Zavarivanje- postupak koji se koristi za spajanje polomljenih ili napuknutih dijelova
- Navarivanje- postupak kojim se na površini materijala dodaje sloj drugog materijala radi poboljšanja karakteristika materijala ili povećanja dimenzija
- Metaliziranje- postupak kojim se na istrošene površine nanosi sloj metala
- Platiniranje- postupak u kojem se na osnovni materijal, vrućim valjanjem nanosi traka iz drugog metala
- Lijepljenje- postupak koji omogućuje spajanje dijelova u čvrste nerazdvojive spojeve.

Bez obzira na to koji način uklanjanja nedostatka sa strojnih dijelova se odabere, na kraju slijedi korištenje montažnih shema koje nam omogućuju lakše sklapanje dijelova u sklopove. Nakon što su sklopovi ispitani ugrađuju se u stroj. U hitnim slučajevima se nastoji doraditi gotov proizvod, jer ako radimo novi tada je potrebno: odraditi izmjere, izraditi nacrt i upisati potrebne tolerancije te predati skicu vanjskoj tvrtci na izradu.

Neki od postupaka koriste se u radionici održavanja (zavarivanje, navarivanje, lijepljenje, bušenje, turpijanje), a ostali se koriste kada radove na održavanju izvode vanjski izvođači.

## **7. ALATI ZA POBOLJŠANJE KVALITETE I RJEŠAVANJE PROBLEMA**

Kako bi bilo moguće ukloniti uzroke problema i poduzeti određene mjere za poboljšanje važno je znati odabrati i upotrijebiti pravi alat. U procesu poboljšanja se mogu koristiti različite matematičko-statističke metode i alati. Novi zahtjevi i različiti problemi zahtijevaju razvijanje postojećih metoda i alata. U nastavku će biti objašnjeno nekoliko alata zbog uvida u mogućnost poboljšanja kvalitete održavanja. Veoma je važno znati u kratkom vremenu pronaći rješenje u održavanju kako postrojenje ne bi stajalo. Važno je i određivanje prioriteta kako važni poslovi ne bi bili odgođeni. Na kraju je bitno spomenuti da je važno koristiti alat za planiranje i prikaz nepredvidivih okolnosti. U sljedećim potpoglavljima će biti objašnjeni sljedeći alati koji se koriste u procesu održavanja: Matrični dijagram, Dijagram srodnosti, Matrica prioriteta, Strijela dijagram i Programske karte.

### **7.1 Matrični dijagram**

Ovo je alat koji omogućava timu da na vizualan način utvrdi povezanost odabranih kriterija i liste zahtjeva što mu omogućuje određivanje prioriteta zahtjeva. Određeni prioritetni zahtjevi su potrebni za buduće rješavanje problema. Metoda može najviše pridonijeti zahtjevnijim projektima gdje se mogu provoditi systemske analize ili tražiti optimalna rješenja. Metoda je vrlo jednostavna te na početku zahtjeva definiranje kriterija te definiranje zahtjeva. Sljedeći korak je da se za svaki zahtjev definira veza s kriterijom upotrebljavajući određene simbole. Slijedi množenje kriterija s vrijednošću simbola te zbrajanje vrijednosti svakog reda. Na kraju postupka slijedi utvrđivanje prioriteta zahtjeva.

Vlastiti primjer matričnog dijagrama prikazan je na slici 7.1, radi lakšeg razumijevanja prethodnog teksta. Kao inspiracija za izradu matričnog dijagrama korištene su aktivnosti koje su uočene u tvrtki Hartmann.

Zahtjevi prema tablici na slici 7.1:

- Zahtjev 1- čišćenje šahtova
- Zahtjev 2- zamjena elektromotora stroja
- Zahtjev 3- puknuće kabla rasvjete (u jutarnjoj smjeni).

Kriteriji mogu biti različiti ovisno o situaciji, u ovom slučaju korišteni su sljedeći: utjecaj na proizvodni proces (A), novčana šteta (B) i sigurnost radnika (C). Prema navedenim kriterijima najveći prioritet ima zamjena elektromotora stroja (Zahtjev 2), jer



nam onemogućuje pokretanje stroja što znači da proizvodni proces stoji, a novčana šteta raste. Sljedeći prioritet je čišćenje šahtova (Zahtjev 1) iz razloga što je nužno osigurati otjecanje otpadne vode, u suprotnom dolazi do novčane štete. Puknuće kabla rasvjete ima najniži prioritet obzirom da se radi o jutarnjoj smjeni te ne izaziva zastoje, novčane štete ni ugrožene sigurnosti radnika. Prioritet puknuća kabla rasvjete bi se znatno promjenio da se radi o noćnoj smjeni.

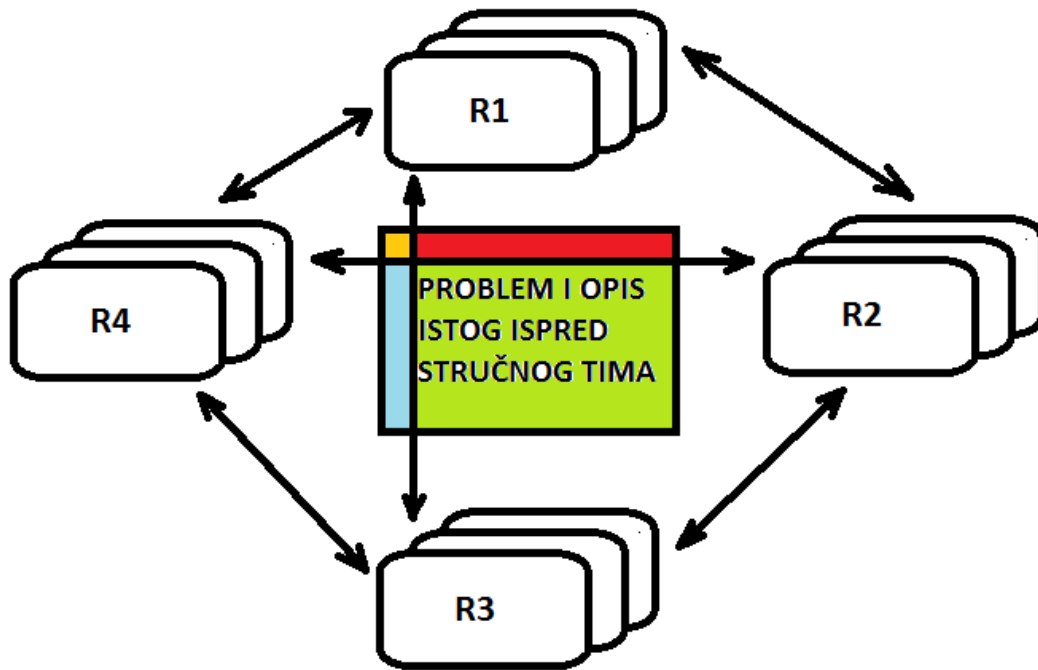
★ JAKA VEZA- 3 BODA  
 ♥ UMJERENA VEZA- 2 BODA  
 ○ SLABA VEZA- 1 BOD

| ZAHTJEV   | KRITERIJ |     |     | SUMA | PRIORITET |
|-----------|----------|-----|-----|------|-----------|
|           | A=1      | B=1 | C=2 |      |           |
| ZAHTJEV 1 | ○        | ★   | ○   | 6    | 2         |
| ZAHTJEV 2 | ★        | ♥   | ♥   | 9    | 1         |
| ZAHTJEV 3 | ♥        | ○   | ○   | 5    | 3         |

Slika 7.1: Matrični dijagram

## 7.2 Dijagram srodnosti

Ovo je intuitivna tehnika koja omogućuje pronalaženje uzroka problema. Na jednostavan način omogućuje timu da skupe veliki broj ideja. Ideje se smatraju rješenjima koja se svrstavaju u skupine s ciljem utvrđivanja i razumijevanja problema. Cilj je pronaći najbolje rješenje za određeni problem. Postupak započinje opisom problema pred timom koji sudjeluje u donošenju ideja. Zatim slijedi razmišljanje o idejama i zapisivanje istih na kartice. Sljedeći korak je grupiranje ideja u skupine te kreiranje glavne kartice za skupinu. Postupak završava traženjem povezanosti između skupina. Na slici 7.2 prikazan je primjer dijagrama srodnosti.



Slika 7.2: Dijagram srodnosti [4]

### 7.3 Matrica prioriteta

Ovo je veoma dobar alat za tim kojem se voditelj trudi predočiti listu problema i obratiti pozornost na problem koji je najvažniji. Matrica prioriteta je matrica koja omogućuje sortiranje problema s liste prema prioritetima. Za ovaj alat je neophodno definirati kriterij odlučivanja i svaki kriterij zasebno ponderirati ponderom važnosti. Izrađuje se matrica u kojoj se u prvi stupac unosi lista problema, a u prvi redak se unose kriteriji i rezultat. Da bi matrica bila kompletna u sjecište stupca i retka se upisuje procjena važnosti problema prema prije zadanim kriterijima. Rezultat prema pojedinom kriteriju je umnožak pondera i procjene važnosti. Na kraju se dobiva konačan rezultat koji je jednak zbroju rezultata po svim kriterijima. Na slici 7.3 prikazana je vlastita matrica prioriteta za određivanje problema s najvećim prioritetom, takav problem ima i najveću brojčanu vrijednost. Kao inspiracija za izradu matrice prioriteta korišteni su problemi nastali tijekom odrađivanja stručne prakse u tvrtki Hartmann.

Problemi prema tablici na slici 7.3:

- Problem 1- prestanak rada programabilnog logičkog kontrolera
- Problem 2- iznenadno gašenje vakum sistema
- Problem 3- potreba za zamjenom elektropneumatskog ventila

Kriteriji se određuju ovisno o situaciji, a u ovom slučaju su sva tri problema vezana za proizvodni proces pa su zato korišteni sljedeći kriteriji: utjecaj na proizvodni proces (kriterij 1) i novčana šteta (kriterij 2). Prema zadanim kriterijima najveću brojčanu vrijednost ima prestanak rada programabilnog logičkog kontrolera (Problem 1), koji onemogućuje pokretanje stroja, a samim time proizvodni proces stoji što rezultira sve većom novčanom štetom. Sljedeći problem po brojčanoj vrijednosti je potreba za zamjenom elektropneumatskog ventila (Problem 3), jer može onemogućiti dovod mase na stroj što znači da bi stroj bio u zastoju, a zbog zastoja stroja bi postojala i novčana šteta. Iznenadno gašenje vakum sistema (Problem 2), ima najmanju brojčanu vrijednost pa je to problem koji će se zadnji rješavati zbog toga što taj problem uzrokuje povremeno stajanje stroja, ali se ipak privremeno može raditi s tim problemom.

|           | KRITERIJ | KRITERIJ 1 |    | KRITERIJ 2 |    | REZULTAT |
|-----------|----------|------------|----|------------|----|----------|
| PROBLEM   |          | PONDER     | 2  | PONDER     | 4  |          |
| PROBLEM 1 |          | 13         | 26 | 8          | 32 | 58       |
| PROBLEM 2 |          | 9          | 18 | 3          | 12 | 30       |
| PROBLEM 3 |          | 11         | 22 | 5          | 20 | 42       |

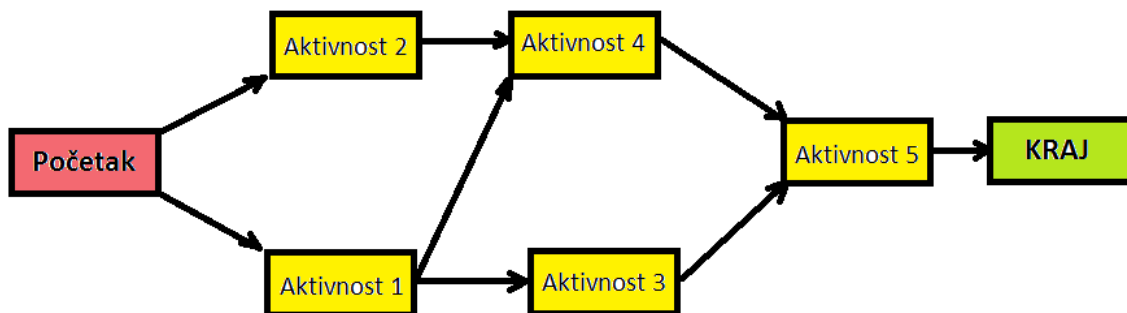
7.3: Matrica prioriteta

## 7.4 Strijela dijagram

Ovo je alat koji omogućuje planiranje zadataka i specifičan je po tome što je za njegovu primjenu potrebno znati niz podzadataka i njihovo vremensko trajanje. Ovaj alat je veoma jednostavan i ne bi ga se trebalo zapostavljati jer mnogi imaju problem sa planiranjem ozbiljnijih projekata. Neki projekti imaju mnogo aktivnosti gdje dolazi do toga da jedna aktivnost ne može krenuti ako prethodna nije završila i zato treba organizirati da se aktivnosti rješavaju po određenom redoslijedu. Ukoliko postoji više aktivnosti može doći do problema planiranja istih. Strijela dijagram se sastoji od pravokutnika u koji je potrebno upisati aktivnosti i ako je potrebno vrijeme za realizaciju iste. Pravokutnici su povezani strijelama kako bi se mogao odrediti redoslijed izvršavanja aktivnosti. Strijela dijagram se počinje čitati s lijeve strane pa tako prvi pravokutnik s lijeve strane predstavlja početak projekta. Slika 7.4 prikazuje strijela dijagram koji nam omogućuje organizaciju aktivnosti prema određenom redoslijedu.

Primjer redosljeda aktivnosti na temelju opažanja u tvrtki Hartmann :

- Aktivnost 1- montiranje elektroničkih komponenti u razvodni ormar
- Aktivnost 2- ožičavanje elektroničkih komponenti u razvodnom ormaru
- Aktivnost 3- montiranje razvodnog ormara
- Aktivnost 4- spajanje vanjskih uređaja(primjer: elektromotor)
- Aktivnost 5- testiranje i puštanje u rad.

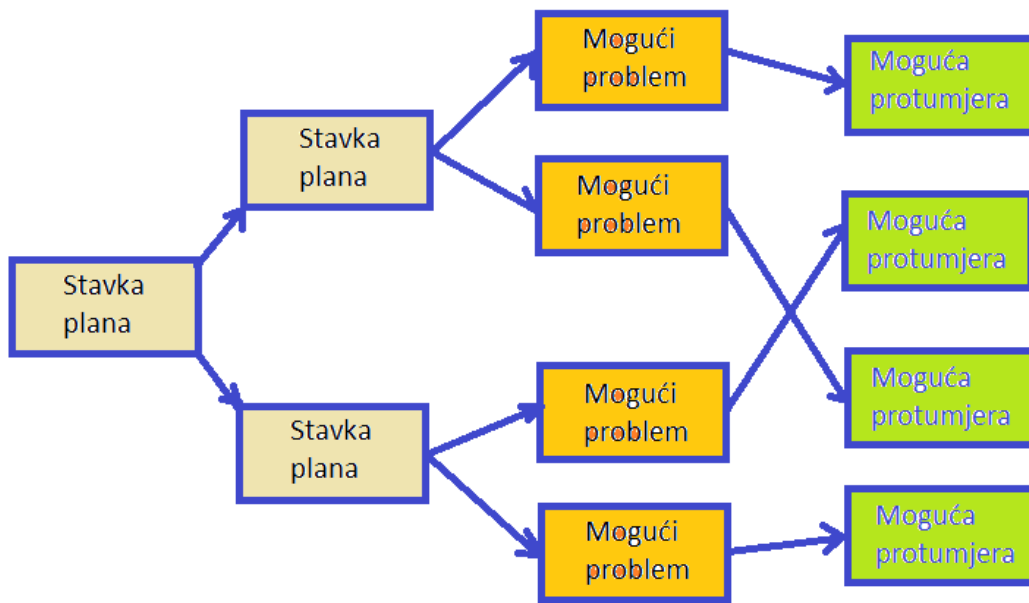


Slika 7.4: Strijela dijagram [4]

## 7.5 Programske karte

Programske karte su jako koristan alat koji omogućuje prikaz svakog događaja i nepredvidivih okolnosti za koje postoji i najmanja mogućnost da se pojave tijekom izvršavanja aktivnosti. Karta se izrađuje tako da obuhvaća aktivnosti od pojave problema pa sve do rješavanja istog. U programske karte možemo upisivati osim neočekivanih događaja i planove djelovanja kako bi ih se spriječilo. Na taj se način problem može unaprijed predvidjeti kao i njegovo rješavanje. Na slici 7.5 prikazana je programska karta koja služi za prikaz događaja (aktivnosti) te predočavanje mogućih problema tijekom izvršavanja tih aktivnosti i na kraju prikazivanje protumjera za moguće probleme.

Postoji mnogo različitih aktivnosti za koje se može izraditi programska karta, a u nastavku će biti navedene situacije koje su uočene u tvrtki Hartmann i prepoznate su kao dobar primjer. Prva aktivnost je ožičavanje razvodnog ormara i testiranje. Mogući problem je da testiranje pokazuje negativne rezultate odnosno da je krivo ožičeno te nakon toga slijedi kao protumjera provjeravanje spojenih žica preda shemi. Sljedeći primjer je prepoznat kod rastavljanja cijevi. Može doći do pucanja prirubnice, a kao protumjera se obavlja zamjena novom ili se na korištenoj vrše postupci obrade kao što je zavarivanje i strojna obrada.



Slika 7.5: Programska karta [4]

## 8. POSTROJENJE ZA IZRADU PODLOŠKA

U ovom poglavlju će biti opisan način rada i održavanje postrojenja za izradu podložaka. Zbog lakšeg razumijevanja postrojenje je podijeljeno na nekoliko cjelina, a to su: palper, palper kada, pročistač i fiber sorter, strojna i nivo kada, stroj. Zbog lakšeg opisa upotrebljeni su termini koji se koriste u tvrtki Hartmann.

### 8.1 Palper

Palper je kada u kojoj se melju papir, drvenjača i celuloza. Glavni sastojak mase u palperu je papir.

#### 8.1.1 *Opis rada palpera*

Papir, drvenjača i celuloza se stavljaju na transportnu traku koja ih odvodi u palper. Prije nego što se materijal postavlja na transportnu traku u palper se pušta velika količina vode to jest količina vode koja zauzme pola palpera. Mješavina tih materijala mora biti u određenoj koncentraciji da bi se mogla koristiti na stroju. Koncentracija mase na palperu mora biti između 4,30 % i 4,50 %, a kada ista masa dođe do stroja njezina koncentracija je mnogo manja. U slučaju da je koncentracija mase prevelika, dodaje se još vode koja smanjuje koncentraciju. Na slici 8.1 prikazano je kako izgleda palper kada se u njoj nalazi masa. Dok djelatnik na pripremi mase vizualno utvrdi da je masa zadovoljavajuće koncentracije tada pali pumpu palpera koja odvodi masu iz palpera kroz sito koje se nalazi u palperu. Na pojedinim palperima postoji mogućnost promjene brzine vrtnje noža koji radi tijekom cijelog ciklusa mljevenja mase u palperu. Na slici 8.2 prikazan je nož i sito palpera koji ima oblik elise. Čim je manja razina mase u palperu tada djelatnici smanjuju brzinu vrtnje noža koji osim prethodno navedene uloge ima i ulogu brisanja sita. Nož palpera se pokreće elektromotorom snage 90 kW. Remenica elektromotora palpera i remenica koja se nalazi na osovini noža su povezane sa šest klinastih remena. Na slici 8.3 prikazan je spoj elektromotora i agregata palpera, u tvrtki Hartmann.



Slika 8.1: Prikaz rada palpera (palper pun mješavine i traka koja dovodi materijal u palper)



Slika 8.2: Sito i nož palpera



Slika 8.3: Spoj elektromotora i agregata (remenice, osovine i spojke) palpera

### 8.1.2 *Održavanje palpera*

Kod palpera se jednom godišnje tj. za vrijeme remonta, kao dio preventivnog održavanja rastavlja elektromotor palpera i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji te se provjerava opće stanje elektromotora. U provjeru općeg stanja elektromotora spadaju radnje kao što su: provjera rada ventilatora, potrošenost osovine, prisutnost maziva i ispravnost podnožja. Jednom tjednom se termovizijom provjerava temperatura elektromotora ili više puta, ako postoji potreba u svrhu korektivnog održavanja. Na remontu se također provjerava stanje remenice na elektromotoru, stanje remenice na palperu i stanje klinastih remena. Po potrebi, odnosno ovisno o stanju, mijenjaju se ležajevi i čahura na osovini palpera. Provjerava se stanje noža palpera, ako su uočene nepravilnosti u radu kao što su vibracije tada se kvar sanira slanjem noža na balansiranje. Elektromotor pumpe mase palpera podliježe rastavljanju jednom godišnje te se mijenjaju ležajevi, ispituju se namotaji i provjerava se opće stanje elektromotora. Kod pumpe se mijenjaju ležajevi, brtve, provjerava se stanje kućišta rotora i statora. Na mjesečnoj bazi se vizualnim načinom provjerava stanje sita koje po potrebi podliježe zavarivanju, a takav pristup se smatra kontrolnim pregledom.

## 8.2 Palper kada

Palper kada se koristi kako bi bilo moguće omogućiti zalihu za prepumpavanje mase u unosnu kadu. To je kada u kojoj se pohranjuje nepročišćena masa.



### 8.2.1 Opis rada palper kade

Pripremljena mješavina iz palpera odlazi preko pumpe u palper kadu. Unutar kade nalazi se mješalica koja ne dozvoljava da se masa nakupi na dno, a voda da se digne na površinu. Na dnu kade nalazi se pumpa koja preko pročištača i fiber sortera protjera masu u unosnu kadu. Protok pumpe je 3000 l/min. S vanjske strane palper kade nalazi se senzor razine koji mjeri razinu mase u palper kadi. To je senzor koji je osjetljiv na tlak. Mjerni opseg mu je od 0 do 1 bar, a ekvivalentni strujni izlaz mu je 4 do 20 mA. Preračunavanjem prethodnih parametara, dobije se da je 1 metar mase jednak tlaku od 0,1 bar. Visina kade je 3 metra, dok razina mase dosegne 2,5 metra, tada programabilni logički kontroler automatski zaustavlja rad pumpe palpera, da ne bi došlo do prelijevanja mase iz palper kade. Na slici 8.4 prikazana je palper kada izrađena od inoksa. Godinama unazad sve vrste kada su bile betonirane, a na slici 8.5 prikazana je jedna od takvih. U današnje vrijeme teži se tome da sve kade budu izrađene od nehrđajućeg čelika, s obzirom da su izložene utjecaju vode i vlage.



Slika 8.4: Palper kada



Slika 8.5: Betonirana palper kada

### 8.2.2 *Održavanje palper kade*

Svi zahvati vezani za palper kadu se obavljaju kao preventivno održavanje jednom godišnje osim u slučajevima kada nije nužno to obaviti prije, kao korektivno održavanje. Palper kada i cijevi palper kade se čiste svake godine. Čisti se senzor razine i provjerava se ispravnost membrane. Elektromotor pumpe palper kade i elektromotor mješalice podliježu rastavljanju jednom godišnje i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji te se provjerava opće stanje elektromotora. Kod pumpe se mijenjaju ležajevi, brtve, provjerava se stanje kućišta rotora i statora. Mješalica podliježe mijenjanju ležajeva, provjeri osovine, kućišta i podmazivanju dijelova pomoću mazalice.

### 8.3 **Počistač i fiber sorter**

Pročistač služi za uklanjanje teških čestica kao što su klamerice koje se mogu naći u velikim količinama papira. Izgled pročistača prikazan je na slici 8.6. Masa palper kade pomoću pumpe prolazi kroz ventil do pročistača. Na pročistaču se nalazi i dolaz vode koja se miješa s masom, a ta mješavina prolazi kroz konusno kućište u kojem se nalazi puž. Puž je nalik navoju vijka kroz čije kanale prolazi mješavina mase i vode. Kad mješavina mase i vode prolazi kroz kanale puža, dolazi do vrtložnog strujanja. Nakon završetka puža mješavina mase i vode se dalje vrtložno giba te na kraju konusnog kućišta, zahvaljujući centrifugalnoj sili, izbacuje teške čestice na ispust pročistača.

Pročišćena masa se protjera na odlaz, kroz cjevovod do fiber sortera. Za masu u pročišćavaču je važna koncentracija, jer ako je koncentracija prevelika neće doći do odvajanja teških čestica zbog manje brzine strujanja. U slučaju da je koncentracija premala doći će do odvajanja teških čestica, ali će se masa u unosnoj kadi nepotrebno prorijediti. Fiber sorter služi za uklanjanje lakih i teških čestica koje nisu filtrirane u pročišćavaču. Pumpa tjera masu iz pročišćavača te dolazi u kućište fiber sortera. U kućištu fiber sortera se nalazi sito i nož. Nož se nalazi na vratilu kojeg preko remenice pokreće elektromotor snage 30 kW. Nož služi za brisanje sita. Na dnu kućišta se nalazi odlaz za uklonjene čestice. Na slici 8.7 prikazano je kućište fiber sortera. Pročišćena masa odlazi kroz sito i cjevovod u unosnu kadu.



Slika 8.6: Pročišćavač



Slika 8.7: Kućište fiber sortera

### 8.3.1 *Održavanje pročištača i fiber sortera*

Održavanje pročištača i fiber sortera je jednostavno iz razloga što nema puno složenih elemenata. Na pročištaču i fiber sorteru se jednom godišnje ispiru cjevovodi što spada u preventivno održavanje. Provjeravaju se pneumatski ventili za ispuštanje i dolaz mase te ručni ventili za dolaz vode. Naziv za takve aktivnosti održavanja je kontrolni pregled. Elektromotor fiber sortera se rastavlja te se mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji i provjerava se opće stanje elektromotora. Ležajevi vratila fiber sortera se provjeravaju i po potrebi mijenjaju.

## 8.4 Unosna kada

Pročišćena masa dolazi preko pročištača i fiber sortera u unosnu kadu. To je kada u kojoj se pohranjuje pročišćena masa.

### 8.4.1 *Opis rada unosne kade*

Unutar unosne kade se nalazi mješalica koja ne dozvoli da se masa nakupi na dno, a voda da se dignu na površinu. Na dnu kade nalazi se pumpa čija je uloga prepumpavanje mase u strojnu kadu. Protok pumpe je 550 l/min. Elektromotor ove pumpe nije upravljiv preko upuštača (eng. *Soft Starter*) koji služi za lagani zalet elektromotora već preko frekventnog pretvarača. Frekventni pretvarač nam omogućuje reguliranje brzine elektromotora, a samim time i promjenu protoka mase kroz pumpu, koja je priključena na

osovinu elektromotora. Brzina vrtnje pumpe uvjetovana je potrebnom količinom mase u strojnoj kadi. S vanjske strane unosne kade nalazi se senzor razine koji mjeri razinu mase u kadi. To je senzor koji je osjetljiv na tlak. Senzor razine ima istu funkciju i karakteristike rada kao kod palper kade. (Mjerni opseg mu je od 0 do 1 bar, a ekvivalentni strujni izlaz mu je 4-20 mA. Preračunavanjem prethodnih parametara dobije se da je 1 metar mase jednak tlaku od 0.1 bar. Visina kade je 3 metra, dok razina mase dosegne 2,5 metra tada programabilni logički kontroler automatski prekida rad pumpe palpera da ne bi došlo do prelijevanje mase iz unosne kade.). Unosna kada izgleda isto kao i kada palpera, a prikazana je u poglavlju 8.2., na slici 8.4. Između unosne kade i pumpe se nalazi T komad na koji dolazi cijev za vodu. Količina vode kroz cijev je regulirana stupnjem otvorenosti elektro-pneumatski upravljivog ventila. Voda koja dolazi služi za razrjeđivanje mase kako, bi se približili optimalnoj ili potrebnoj koncentraciji mase. Mjerenje stvarne koncentracije vrši se pomoću mjerača koncentracije koji je montiran na vertikalnoj cijevi i na metar visine od pumpe, a koji je također povezan s programabilnim logičkim kontrolerom.

#### 8.4.2 *Održavanje unosne kade*

Održavanje vezano za unosnu kadu se obavlja jednom godišnje kao preventivno održavanje ili prije kao korektivno održavanje, ako je to potrebno. Postupci održavanja unosne kade su isto kao i prethodno opisani postupci održavanja palper kade. Unosna kada i cijevi unosne kade se čiste svake godine. Čisti se senzor razine i provjerava se ispravnost membrane. Elektromotor pumpe unosne kade i elektromotor mješalice podliježu rastavljanju jednom godišnje i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji te se provjerava se opće stanje elektromotora. Kod pumpe se mijenjaju ležajevi, brtve te se provjerava stanje kućišta rotora i statora. Mješalica podliježe mijenjanju ležajeva, provjeri osovine i kućišta, podmazivanju dijelova pomoću mazalice.

### 8.5 **Strojna i nivo kada**

Strojna kada služi za skladištenje mase. Nivo kada sadrži preljevnu pregradu koja omogućuje održavanje određene razine mase, a višak mase odlazi u strojnu kadu.

#### 8.5.1 *Opis rada strojne i nivo kade*

Masa protječe iz unosne u strojnu kadu preko pumpe unosne kade. Rukovatelj stroja zadaje razinu mase u strojnoj kadi na *HMI* (eng. *Human machine interface*) panelu. Unutar kade se nalazi mješalica koja ne dozvoljava da se masa nakupi na dno, a voda da se dignu na površinu. S vanjske strane strojne kade se nalazi senzor razine koji komunicira s

programabilnim logičkim kontrolerom. Programabilni logički kontroler na temelju dobivenih podataka određuje intezitet rada pumpe unosne kade da bi se približno održavala zadana razina u strojnoj kadi. S vanjske strane kade nalazi se pumpa strojne kade koja prepumpava masu u nivo kadu. Koncentracija mase u strojnoj kadi mora iznositi oko 1.4%. Između strojne kade i pumpe se nalazi T komad na koji dolazi cijev za vodu. Količina vode kroz cijev je regulirana stupnjem otvorenosti elektro-pneumatski upravljano ventila. Na slici 8.8 prikazan je elektro-pneumatski upravljivi ventil, montiran na cijev strojne kade. Voda koja dolazi služi za razrjeđivanje mase kako bi se približili optimalnoj ili potrebnoj koncentraciji mase. Mjerenje stvarne koncentracije vrši se pomoću mjerača koncentracije koji je montiran na vertikalnoj cijevi na metar visine od pumpe, te je također povezan s programabilnim logičkim kontrolerom. Strojna kada izgleda isto kao i kada palpera, a prikazana je u poglavlju 8.2, na slici 8.4. Masa se iz strojne kade prepumpava u nivo kadu. Koncentracija mase u nivo kadi treba iznositi između 1.00% do 1.10%. Smještaj kade je uvjetovan time da se mora nalaziti na većoj visini od stroja. Nivo kada sadrži senzor razine. To je senzor koji je osjetljiv na tlak. Kao što je opisano u prethodnim poglavljima mjerni opseg mu je od 0 do 1 bar, a ekvivalentni strujni izlaz mu je 4-20 mA. Masa iz nivo kade se odvodi slobodnim padom do korita stroja, ali između nivo kade i korita stroja (1 metar od stroja), nalazi se elektro-pneumatski ventil za doziranje postotka mase. U nivo kadi se nalazi preljev na visini od 600mm, on služi da se masa ne izlije i da višak mase izlazi kroz preljevnu pregradu u strojnu kadu. Izgled nivo kade prikazan je na slici 8.9.



Slika 8.8: Elektro-pneumatski upravljivi ventil na cijevi strojne kade



Slika 8.9: Nivo kada

### 8.5.2 *Održavanje strojne i nivo kade*

Održavanje vezano za strojnu kadu se obavlja kao preventivno, jednom godišnje ili prije ako je potrebno. Strojna i nivo kada podliježu sličnim postupcima održavanja kao što su postupci održavanja palper i unosne kade. Strojna kada i cijevi strojne kade se čiste svake godine. Čisti se senzor razine i provjerava se ispravnost membrane. Elektromotor pumpe strojne kade i elektromotor mješalice podliježu rastavljanju jednom godišnje i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji te se provjerava opće stanje elektromotora. Kod pumpe se mijenjaju ležajevi, brtve, provjerava se stanje kućišta rotora i statora. Mješalica podliježe mijenjanju ležajeva, provjeri osovine i kućišta, podmazivanju dijelova pomoću mazalice. Nivo kada se redovito na remontu ispiru kao i njezini dovodi i odvodi. Elektromotor pumpe nivo kade podliježe rastavljanju jednom godišnje i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji te se provjerava opće stanje elektromotora.

## 8.6 Stroj za izradu podložaka MM41

Stroj za izradu podložaka MM41 omogućuje da se tekuća masa određene koncentracije pretvori u krutu masu formiranu u obliku podložaka za jaja. Dio postrojenja koji je dodatak stroju, slagač i pakirer omogućuju pakiranje određene količine polugotovih podložaka u papirnate vreće.

### 8.6.1 Opis rada stroja za izradu podložaka MM41

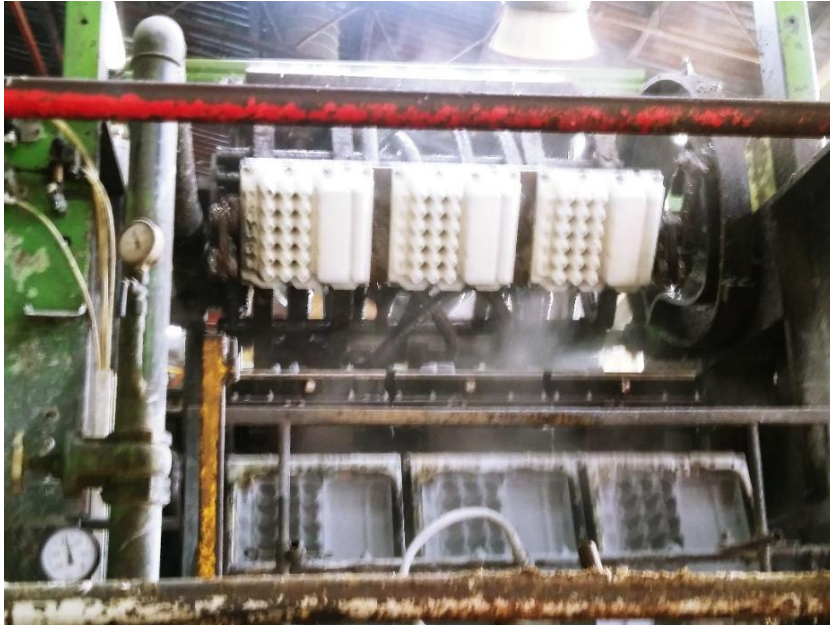
U korito stroja dolazi masa iz nivo kade i voda za konačno rjeđenje mase. Na cijevi za dovod vode nalazi se elektro-pneumatski ventil kojim se regulira količina puštene vode u korito stroja. Rukovatelj stroja određuje koncentraciju mase na HMI panelu, a ventili koji su automatizirani propuštaju određenu količinu mase i vode, koja je potrebna za željenu koncentraciju. Željena koncentracija mase na stroju je 1%. Na dnu korita stroja nalazi se i cijev za ispušt mase što omogućuje djelatnicima da isprazne korito stroja ukoliko određena situacija to zahtjeva. Iznad korita stroja nalazi se rotor na kojem su šest redova usisnih formi. Na slici 8.10 prikazane su usisne forme skinute sa stroja i očišćene. Usisna forma u ciklusu uranjanja u korito stroja je u vakuumu tako da navuče masu na mrežicu forme. Navučena masa je visine do 3 mm. U ciklusu izranjanja prvi rotor se uklapa s drugim rotorom na kojem su tri reda presnih formi. Presne forme čiste se rotacijskom četkom pogonjenom elektromotorom snage 2,2 kW. Postavljena je na konstrukciju stroja tako da dodiruje presne forme kod svakog okretaja i na taj način ih čisti. Na slici 8.11 prikazana su oba rotora, gornji ima postavljenje presne forme, a na donjem su postavljene usisne forme. Presne forme služe da bi se masa koja se navukla na usisnu formu uprešala. Nakon uprešavanja, na usisnoj formi se isključuje vakuum i uključuje zrak, a na presnoj formi se uključuje vakuum pomoću kojeg preuzima polugotov podložak. U trenutku dolaska presne forme u određeni položaj (iznad rešetke) tada se isključuje vakuum i uključuje zrak pod tlakom od 0.5 bar te izbacuje podložak na rešetku po kojoj se kreće kroz sušaru stroja. Rešetke s podloščima kontinuirano se kreću kroz sušaru, a unutar sušare se postiže temperatura do 200 °C. U sušaru odjednom stane oko 600 rešetki. Svaka sušara ima 5 temperaturnih sonde koje služe za regulaciju temperature u sušari. Temperatura se postiže plamenikom snage 1000 kW. U plameniku se nalaze tri elektromotora čiji se moment prenosi na ventilatore klinastim remenima. Ventilator za dotok radnog zraka nalazi se u centru plamenika. Ventilator za dotok svježeg zraka nalazi se na usisu svježeg zraka plamenika. Ventilator plamenika omogućuje potreban tlak na ubrizgavačima koji služe za



ubrizgavanje plina. Plin se koristi za postizanje željene temperature. Izgled sušare s rešetkama prikazan je na slici 8.12. Nakon završetka procesa sušenja koji traje oko 15 minuta po ciklusu, podlošci se istresaju s rešetke na kosinu koja omogućuje lagano zaustavljanje podložaka do transportne trake. Izgled kosine i mehanizma koji obavlja istresanje podložaka vidljiv je na slici 8.13. Transportnu traku pokreće elektromotor snage 2.2 kW. Podlošci se odvođe po transportnoj traci do slagača i separatora. Na slagaču se nalazi optički senzor koji broji podloške te kad se dostigne željena količina podložaka, separator odvađa željeni paket. Slika slagača prikazana je na slici 8.14. Taj paket podložaka transportira se u pakirer koji pakira gotovu robu u vreću. Ovisno o tipu podložaka, određena količina se ručno stavi u pakirer. Nakon toga se spusti tabla pakirera te pneumatski cilindar na kojem je potisna ploča komprimira unaprijed određenu količinu podložaka na željenu dimenziju. Kad su podloški komprimirani, cilindar se vraća unazad te se otvaraju vrata u kojima se nalazi vreća. Kad su vrata otvorena cilindar sa potisnom pločom gura željeni proizvod u vreću. Po završetku potisna ploča se vraća, vrata se zatvaraju i tabla pakirera se vraća u početni položaj.



Slika 8.10: Usisne forme



Slika 8.11: Rotori na stroju (bijeje forme su presne, a sive usisne )



Slika 8.12: Sušara s postavljenim rešetkama



Slika 8.13: Kosina i mehanizam koji omogućuju prebacivanje podložaka na transportnu traku



Slika 8.14: Slagač podložaka

### 8.6.2 *Održavanje stroja za izradu podložaka MM41*

Održavanje stroja je zahvat koji traje najdulje, a rastavljanje se obavlja jednom godišnje, kao preventivno, a po potrebi i prema stanju, ovisno o problemima u radu i po preporuci rukovatelja na stroju. Rastavlja se elektromotor pogona stroja i reduktor. U reduktoru se provjerava zračnost zupčanika i mijenja se ulje. Provjerava se zračnost svih zupčanika, lančanika i ležaja na stroju. Testira se ispravnost pneumatskih, elektro-pneumatskih i ručnih ventila. Elektromotori na stroju podliježu rastavljanju jednom

godišnje i mijenjaju se ležajevi, ispituju se namotaji i provjerava se opće stanje elektromotora. Korito stroja se detaljno ispire kao i senzor razine. Provjerava se ispravnost adapter ploča rotora stroja. Obavlja se detaljno čišćenje presnih i usisnih formi. Kod sušare se izvlači svih 600 rešetki nad kojima se vrši centriranje i popravljavanje mrežica. Na rešetkama se nekoliko minuta ostavlja sredstvo za skidanje masnoće nakon čega slijedi ispiranje vodom pod tlakom. U sušari se provjerava ispravnost svih lančanika i kućišta lančanika. U kućište lančanika se stavljaju određene količine mazivog sredstva. Sva kućišta lančanika se otvaraju i mijenjaju se ležajevi. Svake godine se vrši struganje stjenke sušare i lanca da bi se uklonila gareš nastala zbog visoke temperature i vlage. Provjerava se ispravnost temperaturnih sondi koji ima 5 komada u svakoj sušari. Na ventilatorima u sušari se mijenjaju ležajevi i maziva. Unutar ventilatora se provjeravaju ležajevi, ispravnost osovine i remenice, lopatica ventilatora te klinasti remeni i elektromotor ventilatora. Postupak se ponavlja za svaki ventilator. Na transportnim trakama se provjerava mehaničko stanje traka, elektromotori, osovine s ležajevima i razni senzori. Na pakirerima se provjerava pneumatska instalacija, pneumatski cilindri i vodilice. Kod separatora se provjerava traka za separiranje, rastavlja se elektromotor i provjeravaju se senzori.

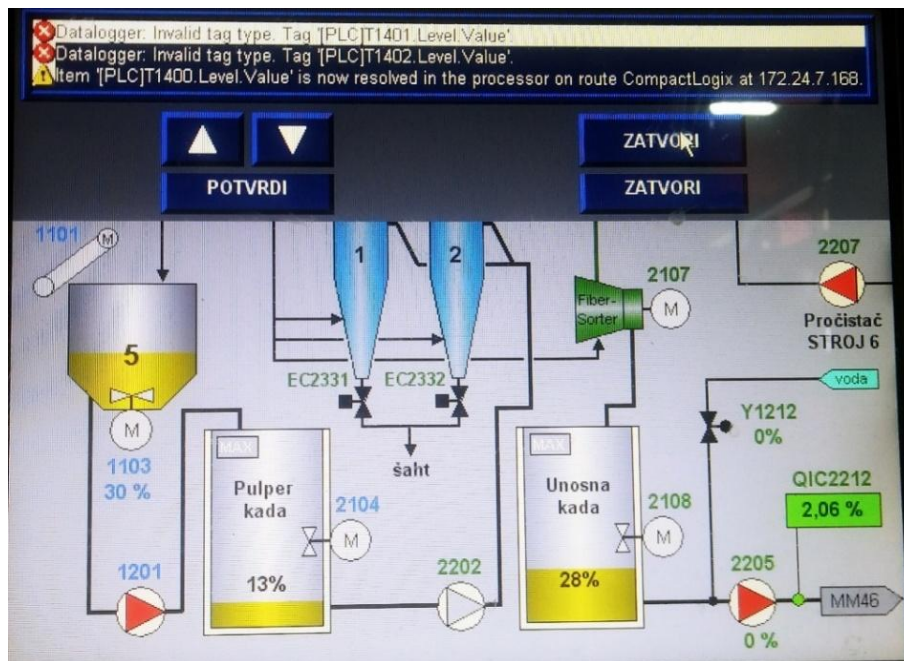
## **8.7 Uvođenje automatizacije u postrojenje i njezin doprinos održavanju**

Uvođenje automatizacije u postrojenja uvelike omogućuje lakše ostvarivanje kvalitetnog održavanja. Prednost automatizacije je što se smanjuje opterećenje radnika i omogućuje da se na lagan način mijenjaju parametri postrojenja. Moguće je s jednog mjesta vidjeti kvarove, sve parametre i razlog pojedinih kvarova.

U nastavku će biti naveden primjer automatizacije postrojenja za izadu podložaka. Automatizacijom je omogućeno da pritiskom jednog tipkala na kontrolnoj ploči, programabilni logički kontroler pokrene postupak prepumpavanja palper kade u unosu kadu kroz pročištač i fiber sorter. Ta procedura obuhvaća postupak u kojem se određenim redosljedom i u zadanom vremenskom razdoblju pali pumpa palper kade, pumpa vode, ventili za ispust i dolaz pročištača, ventili za ispust fiber sortera i još mnogo drugih akcija koje su potrebne da se odradi jedan ciklus.

Kada automatizaciju povezujemo s održavanjem onda je bitno naglasiti jednu veliku prednost, a to je da nam program programabilnog logičkog kontrolera omogućuje zvučnu i vizualnu signalizaciju greške kako jedan kvar ne bi prouzročio još nekoliko drugih već se

pritiskom na jednu tipku ili automatski može zaustaviti cijeli sustav ako je tako predviđeno. Na slici 8.15 je prikazan HMI panel, koji prikazuje SCADA (eng. *Supervisory Control and Data Acquisition*) sustav, a iz kojeg se može vidjeti da je došlo do greške u radu i tada se postupa ovisno o tome kako je zadano u programu programabilnog logičkog kontrolera. Prikazuju se i upozorenja koja ako se ne uzimaju u obzir dovode do greške. Na kontrolnoj ploči se mogu pratiti parametri kao što su: razina mase u kadama, stanje pumpi, ventila i elektromotora. U slučaju dok su aktivni tada su zelene boje, ako su u stanju greške onda su crvene boje, a ako nisu aktivni tada su crne ili sive boje. Također se može iščitati otvorenost regulacijskih ventila i koncentracija mase. Na HMI panelu je koncentracija prikazana u pravokutniku koji je ispunjen zelenom bojom. Programabilni logički kontroler i HMI panel, Ethernet komunikacijom razmjenjuju podatke s razvodnim ormarom i to omogućuje da se greška osim na HMI panelu, vizualno signalizira i na razvodnom ormaru, a izgled razvodnog ormara je prikazan na slici 8.16.



Slika 8.15: SCADA sustav na HMI panelu



## **9. ODRŽAVANJE I RAD LINIJE ZA TISAK I PAKIRANJE**

Nakon procesa koji je opisan u prethodnim poglavljima, podložak dolazi kao polugotov proizvod na liniju za tisak i pakiranje. Linija za tisak i pakiranje je završni proces nakon kojeg je podložak za jaja spreman za prodaju. Tako podložak za jaja kao polugotov proizvod prolazi kroz dinester, ljepilicu, tisak, slagač i pakirer. Nakon što prođe sve faze tada se govori o gotovom proizvodu. U sljedećim poglavljima će biti opisan put podložaka za jaja od polugotovog do gotovog proizvoda.

### **9.1 Dinester**

Dinester je spremnik u koji se umeće određena količina podložaka te omogućuje kontinuirano izbacivanje podložaka na transportnu traku.

#### **9.1.1 Opis rada i održavanje**

Rukovatelj linije za tisak dobiva kontejner pun podložaka koji dolazi iz druge hale gdje se obavlja postupak opisan u prethodnom poglavlju. Nakon otvaranja kontejnera uzima oko 60 podložaka i stavlja u dinester. Dinester je spremnik za podloške koji ovisno o položaju prepreke na transportnoj traci izbacuje podložak na traku. Položaj prepreke na transportnoj traci prepoznaje kapacitivni senzor. Prepreke na transportnoj traci služe da bi onemogućile micanje podložaka s trake i nalaze se u razmaku od 50 cm. Na dnu dinestera se nalazi mehanizam koji u određenom vremenskom razdoblju izbacuje po jedan podložak. Ispod dinestera se nalaze tipkala koja omogućuju pokretanje i zaustavljanje cijelog ciklusa, što je prikazano na slici 9.1.

Dinester podliježe korektivnom održavanju. Najčešći slučaj je kvar mehanizma koji izbacuje podložak, a rješava se zamjenom s ispravnim.



Slika 9.1: Dinester

## 9.2 Ljepilica

Ljepilica je dio linije za tisak i pakiranje koji uz pomoć dva bubnja za prijenos etikete i dva valjka za ljepilo prenosi etiketu na podložak.

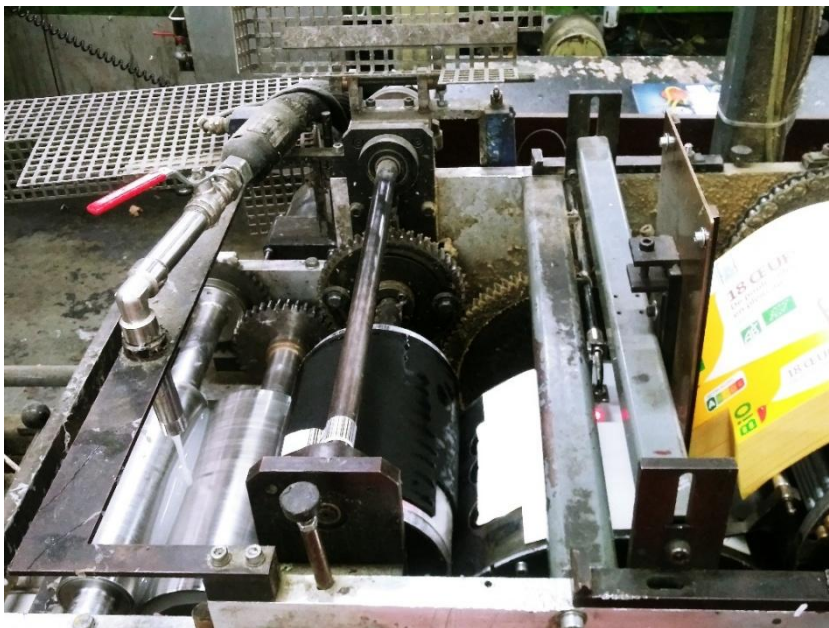
### 9.2.1 Opis rada i održavanje

Rukovatelj linije za tisak umetne 500 etiketa u mali dinester iz kojeg veliki bubanj pomoću silikonske usisne prihvatnice uhvati etiketu te prenosi na mali bubanj koji usisnom prihvatnicom dolazi u kontakt sa spužvicom za ljepilo. Koriste se dva bubnja zbog suprotnog smjera okretaja. Vakuum koji je potreban za usisne prihvatnice se stvara pomoću malih vakuum pumpi smještenih neposredno iznad ljepilice. Na spužvici za ljepilo je nanesen tanki sloj ljepila koji se prenese na etiketu. Zatim se bubanj nastavi gibati dalje gdje dolazi u kontakt etikete s podloškom te se tada etiketa zalijepi za podložak. Tanki nanos ljepila koji se nalazi na spužvici ostvaruje se pomoću dva valjka koji se gibaju jedan prema drugome, a između kojih teče ljepilo za etikete. Na slici 9.2 je prikazana ljepilica na kojoj se vidi ulijevanje određenih količina ljepila. Valjke pogoni elektromotor snage 0.18 kW. Taj tanki nanos ljepila koji se napravi na ta dva valjka se prenosi na treći valjak na kojem je spužvica za ljepilo.

Održavanje ljepilice se odvija na dnevnoj bazi, kao preventivno održavanje. Ljepilicu je potrebno svakodnevno čistiti. Neophodno je ulijevati određene količine ljepila u



spremnik s ljepljom ovisno o potrošnji, odnosno trenutnoj razini. Iznenadni kvarovi rješavaju se korektivnim održavanjem.



Slika 9.2: Ljepilica

### 9.3 Uređaj za tisak

Uređaj za tisak je uređaj koji prenosi određenu količinu boje po određenoj šabloni na podložak.

#### 9.3.1 Opis rada i održavanje

Proces tiskanja započinje tako da rukovatelj linije za tisak dodaje potrebnu količinu i vrstu boje u spremnik za boju. Boja se prenosi iz spremnika pomoću prijenosnog valjka na valjke za razmazivanje kojih je ukupno pet komada. Debljina nanosa boje određena je mehanizmom na spremniku boje koji se podešava sa šest vijaka koji su smješteni od krajnje lijeve do krajnje desne strane spremnika. Tim vijcima rukovatelj linije ima mogućnost doziranja nanosa boje na određena područja podloška. Boja koja se razmazala na valjcima za razmazivanje se prenosi na šablonu koja se nalazi na valjku neposredno ispred zadnjeg valjka za razmazivanje. Šablona tiska koji se tiska na podložak izrađena je od polimera. Boja s polimera se prenosi na gumu koja je smještena na zadnjem valjku za razmazivanje. Boja se prenosi s polimera na gumu zbog suprotnog smjera vrtnje valjka na kojem se nalazi polimer i zbog sprečavanja uništenja polimera. Nakon dodira polimera i gume boja se prenosi na podložak te u tom trenutku nastaje tisak. Na podložak je moguće otisnuti četiri različite boje.

Postoji tri vrste tiska, a to su: bočni, gornji i donji. Na slici 9.3 prikazan je gornji tisak, a na slici 9.4 prikazan je bočni tisak. Sve vrste tiska zasnivaju se na istom principu rada.

Održavanje se provodi svakodnevno, kao preventivno održavanje. Obavlja se čišćenjem i dodavanjem potrebne količine boje. Povremeno dolazi do istrošenosti polimera i gume na valjku koje je onda potrebno zamijeniti ovisno o stanju. Ostali dijelovi uređaja za tisak podliježu korektivnom održavanju.



Slika 9.3: Gornji tisak



Slika 9.4: Bočni tisak

## 9.4 Slagač i pakirer

Slagač omogućuje brojanje podložaka te odvajanje željene količine, a pakirer omogućuje da se gotova roba pakira u papirnate vreće te je kao takva spremna za prodaju.

### 9.4.1 Opis rada i održavanje

Podlošci se odvođe po transportnoj traci do slagača i separatora. Na slagaču se nalazi optički senzor koji broji podloške te kad se dostigne željena količina podložaka, separator odvaja željeni paket. Taj paket podložaka transportira se u pakirer. Na slici 9.5 prikazan je slagač u radu, iz slike se može lakše razumjeti njegov način rada. Ovisno o tipu podložaka, određena količina se ručno stavi u pakirer. Nakon toga se spusti tabla pakirera te pneumatski cilindar na kojem je potisna ploča komprimira unaprijed određenu količinu podložaka na željenu dimenziju. Kad su podlošci komprimirani cilindar se vraća unazad te se otvaraju vrata u kojima se nalazi vreća. Kad su vrata otvorena cilindar sa potisnom pločom gura željeni proizvod u papirnatu vreću. Po završetku potisna ploča se vraća, vrata se zatvaraju i tabla pakirera se vraća gore. Na slici 9.6 prikazan je izgled pakirera.

Slagač i pakirer podliježu korektivnom održavanju što znači da se održavanje provodi tek po nastanku kvara.



Slika 9.5: Slagač



Slika 9.6: Pakirer

## 9.5 Oštećenja koja nastaju tijekom rada na liniji za tisak i pakiranje

Na liniji za tisak i pakiranje povremeno dolazi do kvarova koji se rješavaju korektivnim održavanjem.

Na ljepilici dolazi do istrošenosti spužvice za prijenos ljepila i tada je potrebno postaviti ispravnu spužvicu.

Kod prijenosa etikete iz malog dinestera dolazi do oštećenja usisnih prihvatnica što rezultira smanjenom kvalitetom pozicioniranja etikete na podložak. Oštećenu prihvatnicu potrebno je zamijeniti ispravnom.

Na tisku dolazi do oštećenja polimera i gume na valjku što rezultira nejasnim i nepotpunim otiskom.

## 10. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA KVAROVA

Termin dijagnostika (grč. *diagnosis*) korišten je najprije u medicini, gdje je imao široko značenje, a zapravo se može prevesti kao procjenjivanje, zaključivanje, prepoznavanje ili ocjenjivanje. Tehnička je dijagnostika utvrđivanje ponašanja određenog tehničkog sustava (opreme ili njezinog dijela) to jest mjerenje, a nakon toga obrada prikupljenih podataka i njihova analiza [2]. Kao što medicinska dijagnostika uključuje sve postupke kako bi se otkrila bolest pacijenta preko zapažanja uočenih simptoma tako i tehnička dijagnostika podrazumijeva postupke kojima se definiraju kvarovi postrojenja i opreme na temelju obavljenih ispitivanja, mjerenja i pregleda. Ispitivanje tehničkom dijagnostikom može se odvijati na više načina, povremeno, planski u zadanim terminima, a posljednja i najbolja mogućnost je postavljanje uređaja na postrojenje što nam omogućuje danonoćni dijagnostički nadzor.

Danas se najčešće apliciraju sljedeće metode tehničke dijagnostike u industriji [7]:

- Vibracijska dijagnostika (vibro-dijagnostika)
- Ultrazvučna dijagnostika
- Termovizijska (termografska) ispitivanja i beskontaktno mjerenje temperature
- Testiranja (ispitivanja) elektromotora i generatora
- Ispitivanja maziva
- Analiza nečistoća u mazivu
- Ugađanje rotora strojeva (ugađanje suosnosti i balansiranje)
- Ispitivanje sigurnosti električnih instalacija na strojevima.

Organizacijom i provedbom dijagnostičkog nadzora postižu se sljedeći povoljni učinci [7]:

- Smanjenje ukupnih troškova kompanije, poduzeća, obrta
- Povećanje pouzdanosti rada postrojenja
- Povoljni ekološki učinci i
- Povećanje sigurnosti na radu.

Troškovi tvrtke (poduzeća, tvornice, obrta) smanjuju se kroz [7]:

- Bolje planiranje aktivnosti održavanja
- Smanjenje škarta u proizvodnji
- Smanjenje potrošnje rezervnih (pričuvnih) dijelova i maziva
- Smanjenje potrebnih zaliha rezervnih dijelova i maziva
- Manju potrošnju energije
- Izbjegavanje kvara postrojenja.

U momentu kad uprava tvrtke donese odluku da krene u primjenu metoda tehničke dijagnostike, potrebno je provesti sljedeće aktivnosti [7]:

- Obaviti početnu edukaciju u tvrtki
- Kreirati strategiju razvoja primjene tehničke dijagnostike
- Definirati početnu organizaciju dijagnostičkog nadzora u poduzeću
- Formirati dijagnostičke skupine (ekipe)
- Obaviti nabavku odgovarajuće dijagnostičke opreme
- Provesti završnu edukaciju osoblja
- Kreirati planove pregleda i upute (naputke) za preglede
- Obaviti označivanje mjernih mjesta na strojevima
- Početi s dijagnostičkim nadzorom
- Promjeniti navike u organizaciji održavanja.

U nastavku će biti prikazane metode koje se primjenjuju za tehničku dijagnostiku kvarova u tvrtki Hartmann, a to su: termografija, ispitivanje ulja u strojevima i testiranje elektromotora.

## **10.1 Termografija**

Termografija se bazira na snimanju dijelova opreme specijalnim termovizijskim kamerama. Snimanje je najučinkovitije ako se održava po oblačnom vremenu kako bi se uklonila mogućnost da sunčano vrijeme uzrokuje odblijesak pa da odsjaj elementa navede na krivu dijagnostiku. Ipak ako nije moguće izbjeći sunčano vrijeme tada je potrebno

snimati dijelove iz više kutova. Termovizijska kamera je malih dimenzija i omogućuje snimanje u infracrvenom spektru zraka. Specifična je po tome što radi na način da različita temperaturna područja prikazuje različitim bojama. Infracrveno zračenje emitiraju sva tijela, neka više ili manje što ovisi o temperaturi tijela. Termografija osigurava pogled na okolinu bez vidljivog osvjetljenja. Koristeći termografsku kameru uočava se da su topli predmeti ističu u odnosu na pozadinu. U početku je bilo moguće snimanje samo vanjskih površina, ali kako se tehnologija razvijala tako je razvijena i mogućnost snimanja unutar kućišta stroja. Ova metoda ima široku primjenu u raznim područjima, a neka od njih su: medicinske slike, veterinarska medicina, nadzor, istraživanja i kontrola procesa.

Termovizijske kamere nam omogućuju: mjerenje izolacije zgrade te na taj način saznajemo informacije o kvaliteti toplinske izolacije, detekciju propusnosti plina, detekciju pregrijavanja na spojnim mjestima ili osiguračima, snimanje dijelova u kretanju u stvarnom vremenu i mjerenje temperature na nepristupačnim mjestima. U industrijskim postrojenjima je važna prednost to što omogućuje nadzor opreme, kako ne bi došlo do pregrijavanja. Tako se čestim mjerenjem mogu spriječiti oštećenja rotorskih i statorskih namotaja, kao i oštećenja ležaja. Slika 10.1 prikazuje termovizijsku snimku elektromotora. Nedostaci termografije su: skupa oprema, precizna mjerenja mogu ometati refleksije drugih površina.



Slika 10.1: Prikaz elektromotora snimljenog termografijom

## 10.2 Ispitivanje ulja u strojevima

Najčešće se u praksi može vidjeti i čuti da se ulje mijenja periodično. Velike se uštede mogu postići ako se ulje ispituje i mijenja u trenutku kada njegove karakteristike budu umanjene do razine koja zahtijeva njegovu promjenu. Osim zamjene ulja postoji i mogućnost da se karakteristike rabljenog ulja poboljšaju prečišćavanjem i dodavanjem aditiva za reparaciju. Takav način djelovanja produljuje vijek upotrebe rabljenog ulja. Normalno je oslanjati se na propisane rokove zamjene ulja koji su obično predugi tako da se kvaliteta ulja smanji u puno kraćem roku što dovodi do prijevremenog trošenja dijelova na stroju.

Nad strojnim uljima provodi se širok spektar ispitivanja, a najvažnija su [7]:

- Vizualni pregled
- Mjerenje kontaminacije (onečišćenja) ulja vodom (voda u ulju)
- Mjerenje kontaminacije ulja čvrstim česticama
- Mjerenje parametara TAN (*Total Acid Number*) i TBN (*Total Base Number*)
- Mjerenje viskoznosti
- Kemijska analiza
- Indirektno ispitivanje mjerenjem vibracija stroja.

U sljedećem poglavlju su opisana tri ispitivanja od kojih se jedino prvo provodi u tvrtki Hartmann, a to je vizualni pregled. Ostala ispitivanja su: mjerenje kontaminacije ulja vodom i mjerenje kontaminacije ulja čvrstim česticama.

### 10.2.1 *Vizualni pregled ulja*

Na temelju vizualnog opažanja se može dobiti jasna informacija o stanju rabljenog ulja. Uspoređivanjem novog i rabljenog ulja se može dobiti informaciju o tome koliko je karakteristika rabljenog ulja oslabljena. Kod uspoređivanja važno je znati da novo ulje mora biti bistro, a rabljeno poprima u najgorem slučaju crnu boju, što ovisi o vrsti onečišćenja. Ova metoda nije potpuno pouzdana jer svaka osoba može imati drugačije mišljenje.



### 10.2.2 *Mjerenje kontaminacije ulja vodom*

Dovođenjem vode u izravan kontakt s uljem je vrlo štetno zbog toga što uvelike smanjuje radni vijek stroja. Radni vijek stroja se smanjuje zbog pojave korozije i povećanog habanja koje uzrokuje gubljenje uljnog filma. Kod hidrauličkih sustava ulje koje sadrži vodu može dovesti do problema zbog pojave smolastih taloga koji dovode do blokiranja hidrauličkih sustava. Prisustvo vode u ulju u manjim količinama ne izaziva značajne probleme jer se tada voda otopi u ulju, ali u većim količinama dovodi do zasićenja ulja te pojave slobodne vode. Zagrijavanje ulja je najjednostavnija metoda koja nam omogućuje provjeru prisutnosti vode u ulju. Ulje je potrebno pretočiti u čistu vatrostalnu čašu gdje je potrebno zagrijavanje na temperaturu 100-150 °C. Visoka temperatura dovodi do ključanja vode u ulju uz pojavu mjehurića i pucketanje. Ovo nije najpouzdanija metoda, ali omogućuje da se zaključi nalazi li se voda u ulju. Sljedeća metoda koja će biti opisana je Kalcijhidridni test. Ova metoda je jeftina i omogućuje ispitivanje sadržaja slobodne vode u ulju. Ulje koje je predviđeno za ispitivanje se prelije u uređaj za mjerenje, a zatim se u ulje ispusti ampula s kalcijhidridom. Kalcijhidrid reagira s vodom u ulju te uzrokuje razvijanje plina vodika pod tlakom. Mjerenjem tlaka određuje se sadržaj vode.

### 10.2.3 *Mjerenje kontaminacije ulja čvrstim česticama*

U ulju se mogu nalaziti različite vrste nečistoća kao što su pijesak, mulj i slično. Čestice nečistoća abrazivno djeluju na klizne površine te na različite načine nanose oštećenja. Najteži slučaj je kada grube čestice mogu dovesti do ispada komponente stroja. Izražavanje stupnja kontaminacije ulja čvrstim česticama definirano je normama. Često se upotrebljava mjerenje kontaminacije ulja čvrstim česticama pomoću laserskih elektroničkih uređaja. Za kalibraciju uređaja se koriste etalonska ulja koja sadrže određene količine čestica zadane veličine.

## 10.3 Testiranje elektromotora

Postoji veliki broj različitih metoda ispitivanja elektromotora, a u sljedećem potpoglavlju je opisano ispitivanje trofaznih elektromotora pod naponom tj. u pogonu. Testiranje elektromotora provodi se planski i to svaki tjedan, po potrebi i dva puta tjedno. Najčešći kvarovi kod elektromotora su: otkaz ležajeva, neravnoteža rotora, proboj izolacije statora prema masi tj. kućištu i drugo. Važno je rano otkrivanje kvarova da bi posljedice bile što manje, a uklanjanje kvarova što jeftinije.

### 10.3.1 *Ispitivanje trofaznih elektromotora pod naponom*

Dok je elektromotor pod naponom (u pogonu), obavljaju se sljedeća testiranja (ispitivanja) [7]:

- Vizualni pregled
- Mjerenje temperature
- Ispitivanje stanja ležajeva
- Ispitivanje kakvoće (kvalitete) napona napajanja, i
- Mjerenje parametara struje.

Vizualnim pregledom se provjerava čistoća ventilacijskih kanala i elektromotora. Slučaj da je elektromotor zauzjen dovodi do oštećenja izolacije namota. Najvažnije je da su rebra za hlađenje čista kako bi bila u mogućnosti odvoditi toplinu. Neizbježno je mjerenje temperature kućišta jer je potrebno provjeravati dali je temperatura u granicama propisanim za dani elektromotor. Temperatura se može mjeriti kontaktnim, bezkontaktnim termometrom i termovizijskom kamerom. Pregrijavanje dovodi do skraćanja radnog vijeka elektromotora. Ispitivanje stanja ležaja je veoma važno iz razloga što su oni potrošni dijelovi i česti uzrok zastoja elektromotora. Postoje različite metode ispitivanja stanja ležaja, a neke od njih su: mjerenje temperature ležaja i zvučni test ležaja stetoskopom. Nestabilan mrežni napon može dovesti do otkaza elektromotora i zato je ispitivanje kvalitete napona napajanja veoma važno. Preniski napon napajanja može dovesti do pregrijavanja koje uzrokuje preopterećenje elektromotora, a previsok napon također dovodi do pregrijavanja. Mjerenjem struje i usporedbom izmjerene vrijednosti s nazivnom strujom elektromotora možemo provjeriti dali je elektromotor preopterećen. Preopterećenje elektromotora dovodi do pregrijavanja i starenja izolacije. Preopterećenje elektromotora mogu nastati zbog prekida u električnoj mreži.

## 11. MJERE SIGURNOSTI

Mjere sigurnosti u održavanju su važne stvari o kojim treba voditi brigu kako radnik ne bi ozlijedio sebe ili osobu koja se nalazi u blizini.

Upoznavanje radnika s mogućim opasnostima i uvjetima koji pridonose štetnom djelovanju u nekom tehnološkom procesu, a posebice na njegovu radnom mjestu, te svim mjerama kojima se sprečava štetni učinak (rad na siguran način), dio je cjelovite zaštite na radu. Provjera usvojenog znanja i rada na utvrđeni način, ne samo prije stupanja na posao nego i u vrijeme u kojem rad postaje rutinski, pridonosi smanjenju ozljeda i drugih štetnih zdrastvenih učinaka [2].

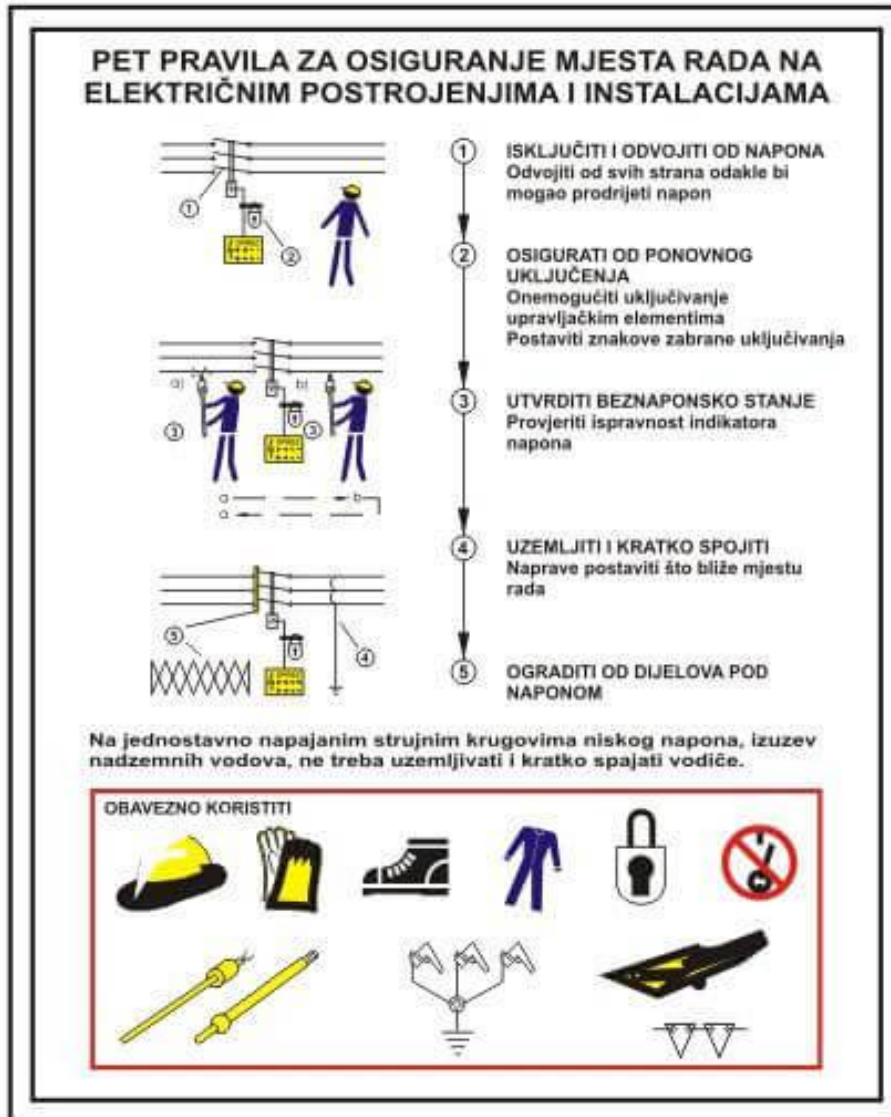
Opća pravila za rad na siguran način sa strojem su [8]:

- Strojem smije rukovati samo osposobljeni radnik
- Prije početka rada obavezno se uvjerite da rad stroja neće ugrožavati druge radnike
- Zabranjeno je podmazivanje i popravljanje dok stroj radi
- Ako pri radu postoji mogućnost ozljede oka, obavezno je nositi zaštitne naočale ili drugo propisano zaštitno sredstvo
- Koristiti samo ispravan alat
- Nositi radno odijelo koje stroj nikako ne može zahvatiti dok radi
- Prije radova provjeriti funkcionira li sigurnosna zaštita na stroju.

Prije početka radova u beznaponskom stanju mora se osigurati mjesto rada primjenom pet pravila sigurnosti prema sljedećem redoslijedu [8]:

1. Iskapčanjem odvojiti stroj ili uređaj od napona
2. Mjesto rada osigurati od mogućnosti slučajnog ukapčanja
3. Provjeriti beznaponsko stanje
4. Uzemljiti i kratko spojiti
5. Ograditi postrojenja.

Na slici 11.1 prikazana je oprema koju je potrebno koristiti kod rada na električnim postrojenjima te je vizualno i tekstualno objašnjen proces odnosno pravila zaštite za rad na električnim postrojenjima i instalacijama.



Slika 11.1: Pet pravila za osiguranje mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama [8]

## 12. DOKUMENTACIJA U ODRŽAVANJU

Vođenje dokumentacije u održavanju je složen posao koji u tvrtki Hartmann obično rade najmanje dvoje radnika. Brigu o dokumentaciji za strojarski dio vodi jedna osoba, a za električni dio druga osoba. U nastavku su opisani dokumenti koji su potrebni za vođenje dokumentacije u održavanju. Kako bi se uspješno obavljalo dokumentiranje i prijenos informacija o popravcima i o načinu popravljivanja koristi se različita dokumentacija koja može biti: konstrukcijska, tehnološka i radna. Međusobno se razlikuju po svom obliku.

Konstrukcijska dokumentacija je specifična po tome što se njome definira proizvod po raznim kriterijima kao što su: oblik, sastav, kvaliteta, funkcija. Konstrukcijsku dokumentaciju čine: montažni crteži sklopova, radionički crteži, električne i kinematičke sheme.

Montažni crteži se izrađuju s ciljem prikazivanja ovisnosti između dijelova sklopa, njihove funkcije i načina rada. Montažne crteže isporučuje proizvođač opreme ili stroja.

Radionički crtež prikazuje određeni dio stroja i sadrži podatke potrebne za proizvodnju.

Električne sheme prezentiraju način spajanja električnih uređaja na stroj. Te sheme se obično nalaze u razvodnim ormarima za koje su namijenjene.

Kinematičke sheme prikazuju ovisnost određenih elemenata koji se koriste za prijenos snage.

Tehnološka dokumentacija nosi sve informacije o opremi na temelju kojih se razrađuju zahvati bilo kojega suvremenog pristupa održavanju [2]. U tehnološku dokumentaciju spadaju dokumenti kao što su: upute o tekućem održavanju, popis preventivnih pregleda, tehnološki postupak popravljivanja, tehnološki postupak preventivnog pregleda, karta podmazivanja.

Podmazivanje strojeva i uređaja se obavlja uz dokument koji nosi naziv karta podmazivanja. Na karti se prikazuje crtež stroja sa svim važnim informacijama koje su nužne za podmazivanje.

Upute o tekućem održavanju prikazuju sve poslove koje je potrebno provesti dnevno, tjedno, tromjesečno i polugodišnje. Pridržavanje ovih uputa bi trebalo omogućiti nesmetani rad bez nepredvidivih kvarova.

Popis preventivnih pregleda se sastoji od osnovnih podataka o stroju i popisa svih dijelova koji podliježu ovakvim pregledima. Važno je da popis sadrži podatke o učestalosti pregleda i optimalnom vremenu da se pregled obavi.

Tehnološki postupak preventivnog pregleda opisuje strojni dio i sadrži podatke o načinu pregleda i mogućim kvarovima. Dokument koji postoji kako bi se po njemu obavljali radovi u održavanju nosi naziv tehnološki postupak popravljanja. To je dokument koji sadrži popis radnih operacija i zahvata te njihov redoslijed.

Radna se dokumentacija koristi za pokretanje planiranih ili potrebnih poslova te za planiranje, praćenje zahvata i troškova održavanja [2]. Radnu dokumentaciju čine: zahtjev za nabavu, izvješće o kvaru, izdatnica, radni list, popis radova za popravak, radni nalog i drugo.

Izvješće o kvaru sadrži informacije koje su važne za uklanjanje kvarova. Važno je znati gdje je kvar nastao, kad je uočen, tko ga je uočio, tko ga je otklonio i koliko je vremena bilo potrebno za otklanjanje kvara.

Radnim nalogom se jedna ili više osoba zadužuje za pojedini posao. U radnom nalogu je potrebno opisati posao koji će se raditi i koliko će trajati.

Izdatnica omogućuje praćenje materijala i doknadnih dijelova koji se izdaju iz skladišta.

Radni list služi za vođenje evidencije o vremenu provedenom na poslu.

Zahtjev za nabavu je dokument koji potpisuje odgovorna osoba koja odobrava nabavu određenih dijelova, uređaja ili nekih drugih stvari koje su navedene.

### **13. ZAKLJUČAK**

U ovom završnom radu je prikazana važnost održavanja koje nam omogućuje očuvanje opreme u stanju koje nam pruža maksimalno iskorištenje iste. Jedino savjesnim pristupom prema održavanju je moguće održavati planiranu proizvodnju i izbjeći zastoje. U današnje vrijeme mnoge tvrtke, pa tako i tvrtka za koju je opisano održavanje zapostavljaju alate za poboljšanje kvalitete i rješavanje problema. U tome je prepoznat nedostatak jer moć takvih alata je da se u kratko vrijeme: nađu rješenja problema, određuju prioriteta, planiranje i prikaz nepredvidivih okolnosti i drugo. U prethodnoj rečenici su nabrojane glavne aktivnosti koje korištenje alata za poboljšanje kvalitete i rješavanje problema mogu pružiti ako ih se koristi. Za održavanje je jako važno pravilno planiranje zbog čestih situacija kad se jedna operacija može obaviti tek po završetku prethodne ili kako se ne bi doveli u situaciju da je neki dio u kvaru, a da zbog lošeg planiranja nije u skladištu spreman drugi koji će ga zamijeniti. Rješavanje problema u kratkom vremenu je jako važno kako postrojenje ne bi ostalo u kvaru i kako se zbog zastoja ne bi trošilo vrijeme i novac. Prijedlog za poboljšanje održavanja je i ulaganje više napora u poboljšanje dijagnostičkog nadzora koji također omogućava bolje planiranje održavanja na način da pruža uvid u stanje opreme. Dijagnostički nadzor je važan za održavanje iz više razloga, a jedan od njih je da se prije remonta može obaviti dijagnostički pregled na temelju kojeg se mogu utvrditi slabe točke postrojenja. Velika prednost je i slučaj kada na nekom postrojenju postoji 13 reduktora te se tada uz pomoć dijagnostičkog pregleda može uočiti kojem je reduktoru potrebna intervencija te nema potrebe za rastavljanjem ispravnih reduktora. Ulaganjem u dijagnostički nadzor mogu se smanjiti količine škarta zbog mogućnosti uočavanja neispravnosti stroja na vrijeme.

## 14. LITERATURA

- [1] Izvještaj tvrtke Hartmann o reklamacijama za 2017. i 2018. godinu
- [2] Cigula Mira. Inženjerski priručnik IP4, proizvodno strojarstvo. 1. izdanje. Zagreb: školska knjiga 2002
- [3] Kondić, Živko; Čikić, Ante; Kondić, Veljko: Osnove održavanja mehatroničkih sustava 1, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, 2014.
- [4] Golubić Stjepan. Nastavni materijali Održavanje\_mehatroničkih\_sustava\_2018.-2019., Veleučilište u Bjelovaru.
- [5] Kuzle Igor. Nastavni materijali Održavanje elektroenergetskog sustava, Fakultet elektrotehnike i računarstva
- [6] [https://bib.irb.hr/datoteka/843434.KEMIJSKA\\_POSTOJANOST.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/843434.KEMIJSKA_POSTOJANOST.pdf)  
Dostupno: 16.7.2019.
- [7] Novinc, Željko; Halep, Amir: Tehnička dijagnostika i monitoring u industriji, Zagreb, 2010.
- [8] <https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Propisana-pravila-zastite-na-radu-za-smanjenje-rizika-od-udara-elektricne-struje-34>  
Dostupno: 11.7.2019.
- [9] Lacković, Zlatko: Upravljanje tehničkim održavanjem, Osijek 2015.
- [10] [https://www.fkit.unizg.hr/\\_download/repository/TRIBOLOGIJA\\_2013-2014%5B1%5D.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/TRIBOLOGIJA_2013-2014%5B1%5D.pdf)  
Dostupno: 15.7.2019.
- [11] [http://repozitorij.fsb.hr/1245/1/09\\_02\\_2011\\_Zavrzni\\_rad.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1245/1/09_02_2011_Zavrzni_rad.pdf)  
Dostupno: 18.7.2019.
- [12] <https://www.ideal.hr/Tritex%20NDT-1399831676>  
Dostupno: 20.7.2019.
- [13] [http://repozitorij.fsb.hr/660/1/07\\_07\\_2009\\_diplomskiPDF.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/660/1/07_07_2009_diplomskiPDF.pdf)  
Dostupno: 12.9.2019.



## 15. SAŽETAK

**Naslov:** Primjena metoda održavanja u tvrtki Hartmann d.o.o.

Svrha ovoga rada je prikazati važnost primjene metoda održavanja u industrijskim postrojenjima. Kao konkretan primjer opisuje se način rada i održavanje postrojenja u tvrtki Hartmann. U radu je opisan redoslijed aktivnosti pripreme od mase sve do gotovog i zapakiranog proizvoda.

U radu su spomenuti česti uzroci kvarova i mogućnosti kojima se mogu ukloniti. Obzirom da tvrtka Hartmann ima prostora za poboljšanje organizacije opisano je i nekoliko alata za poboljšanje kvalitete i rješavanje problema.

Uzimajući u obzir da se rad bazira na radu tvrtke Hartmann opisana je tehnička dijagnostika koja se koristi u tvrtki te su spomenute mjere sigurnosti i dokumentacija u održavanju.

Rad je napisan na temelju znanja stečenog na Veleučilištu u Bjelovaru, dostupne literature i znanja stečenog za vrijeme obavljanja stručne prakse u tvrtki Hartmann.

**Ključne riječi:** metode održavanja, održavanje u tvrtki Hartmann, kvarovi, tehnička dijagnostika, dokumentacija u održavanju.

## 16. ABSTRACT

**Title:** Applying the methods of maintenance in Hartmann Ltd. Company

The point of this thesis is to show importance of maintenance in industrial plant. As a particular example it will be explained what are the work principles and how the plant is maintained in Hartmann Ltd. In this thesis it is explained what is the order between the activities of preparing raw material all the way to the finished and packed item.

In the thesis are explained common malfunctions and procedures that can be used to eliminate the malfunction. Since the Hartmann Ltd. has room for improvement of organisation there are few tools described which can help to improve the quality and bring the solutions to problems.

Taking in consideration that the thesis is based on the work of the company Hartmann Ltd. there is a description on technical diagnostics which is used, as well as precaution measures and documentation about maintenance.

This thesis is written based on available literature and knowledge gained during practice in this company and during study on Bjelovar University of Applied Sciences.

**Keywords:** Methods of maintenance, maintenance in company Hartmann, malfunctions, technical diagnostics, maintenance documentation.

## IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

| Mjesto i datum                  | Ime i prezime studenta/ice | Potpis studenta/ice |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------|
| U Bjelovaru, <u>26.08.2019.</u> | MAJA JAMBOR                | Jambor M.           |

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

MASA JAMBOR

*ime i prezime studenta/ice*

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 26. 08. 2019.

Jambor M.  
*potpis studenta/ice*