

Održavanje strojne opreme u tvrtki Petrokemija d.d. Kutina

Plevnik, Darijo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:144:612796>

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

**ODRŽAVANJE STROJNE OPREME U TVRTKI
PETROKEMIJA D.D. KUTINA**

Završni rad br. 08/MEH/2020

Darijo Plevnik

Bjelovar, rujan 2020.

VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**ODRŽAVANJE STROJNE OPREME U TVRTKI
PETROKEMIJA D.D. KUTINA**

Završni rad br. 08/MEH/2020

Darijo Plevnik

Bjelovar, rujan 2020.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Plevnik Darijo**

Datum: 14.07.2020.

Matični broj: 001762

JMBAG: 0314017426

Kolegij: **ODRŽAVANJE MEHATRONIČKIH SUSTAVA**

Naslov rada (tema): **Održavanje strojne opreme u tvrtki Petrokemija d.d. Kutina**

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/2020

U radu je potrebno:

- opisati tvrtku
- opisati metode održavanja koje se koriste u tvrtki
- opisati način izdavanja radnih naloga
- opisati postupak određivanja prioriteta poslova
- opisati metode i dijagnostiku koje se koriste prilikom rješavanja problema
- opisati rad i način održavanja skrepera (stroja za transport gotove robe), stroja za pakiranje HAVER FFS DELTA, stroja za paletizaciju BEUMER 1500, elektromotora.

Zadatak uručen: 14.07.2020.

Mentor: **dr.sc. Stjepan Golubić**



Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Stjepanu Golubiću na pomoći i svim savjetima tijekom pisanja završnog rada.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. OSNOVNI PODACI O PETROKEMIJI.....	2
2.1 Organizacija održavanja.....	3
2.2 Proizvodnja mineralnih gnojiva.....	5
3. FUNKCIONIRANJE ODRŽAVANJA.....	6
3.1 Pregled postupka upravljanja radnim nalogima.....	6
3.2 Postupak određivanja prioriteta.....	7
3.3 Analiza uzroka korijena.....	9
3.4 Termografija u održavanju.....	13
3.5 Učinkovitost procesa u održavanju.....	16
3.6 Pouzdanost.....	17
4. METODE ODRŽAVANJA.....	19
4.1 Preventivno održavanje.....	20
4.2 Korektivno održavanje.....	20
4.3 Investicijsko održavanje.....	20
5. ODRŽAVANJE STROJNE OPREME.....	21
5.1 Skreper.....	22
5.1.1 Opis rada skrepera.....	22
5.1.2 Održavanje skrepera.....	25
5.2 Stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA.....	27
5.2.1 Opis rada HAVER FFS DELTA.....	27
5.2.2 Održavanje HAVER FFS DELTA.....	34
5.3 Stroj za paletizaciju BEUMER 1500.....	35
5.3.1 Opis rada BEUMER 1500.....	36
5.3.2 Održavanje BEUMER 1500.....	42
5.4 Elektromotori.....	46
5.4.1 Opis rada elektromotora.....	46
5.4.2 Održavanje elektromotora.....	47
6. ZAKLJUČAK.....	54
7. LITERATURA.....	55
8. OZNAKE I KRATICE.....	57
9. SAŽETAK.....	58
10. ABSTRACT.....	59
11. PRILOZI.....	60

1. UVOD

Završni rad napisan je na temelju znanja stečenog tijekom studiranja, znanja stečenog prilikom obavljanja stručne prakse u tvrtki Petrokemija te dostupne i prikupljene literature. Tvrtka Petrokemija sa svojom dugom tradicijom temelj je gospodarstva u Kutini i njenoj okolici. Proizvodnja čađe potiče iz 1926. godine, gline iz 1955. godine te mineralnih gnojiva iz 1968. godine. Usporedo s razvijanjem tehnoloških procesa razvijao se i sustav održavanja. Zadatak ovog završnog rada je opisati održavanje strojne opreme u tvrtki Petrokemija. Razlog za izbor teme održavanja strojne opreme je taj što se baš na toj opremi provodi najviše održavanja. U radu je opisana tvrtka, djelatnost, način održavanja te izdavanje radnih naloga. Petrokemija provodi više načina održavanja postrojenja kroz preventivno, korektivno i investicijsko održavanje. Svaki posao ima svoj prioritet po kojem se izvršava. Detaljno je opisano kada se koji poslovi izvršavaju te koji utjecaj kvarovi imaju na okoliš i proizvodnju. Također opisane su metode koje se koriste prilikom rješavanja problema te je naveden jedan primjer termografije u održavanju elektromotora. Za svaki mjesec se izrađuje izvještaj o radu pojedinih procesa održavanja i cjelokupnog održavanja na temelju čega se izračunava učinkovitost održavanja. U radu je opisan način rada i održavanje glavnih strojeva s kojima se uveliko skraćuje vrijeme proizvodnje. Skrepera odnosno stroja uz pomoć kojeg se gotova roba iz skladišta šalje na stroj za pakiranje malih ili velikih vreća. Stroja za pakiranje HAVER FFS DELTA uz pomoć kojeg se gotova roba pakira u vreće te stroja za paletizaciju BEUMER 1500 koji slaže vreće na palete po određenom rasporedu. U elektro radionici provodi se ispitivanje svih klipnih i rotacijskih strojeva. Također u radu opisan je postupak održavanja visokonaponskog elektromotora od detektiranja kvara pa sve to popravka i slanja natrag u proizvodnju.

2. OSNOVNI PODACI O PETROKEMIJI

Petrokemija prikazana na slici 2.1 proizvodi mineralna gnojiva uporabom prirodnih mineralnih sirovina, prirodnog plina, atmosferskog dušika i kisika. Iz ovih sirovina se odgovarajućim tehnološkim postupcima proizvode bazne kemikalije, a potom mineralna gnojiva. Prema sastavu, gnojiva se određuju kao jedinična i složena, odnosno kompleksna i miješana, a prema agregatnom stanju kao kruta i tekuća. Tvrтка je osnovana 1. lipnja 1968. godine, s prvotnim nazivom INA - Tvornica petrokemijskih proizvoda, tvrtka je nastala kao integrirani Inin pogon Metana (čađara, glinara i vapnara) i Tvornice dušičnih gnojiva. Od tog datuma, koji je proglašen Danom INA - Petrokemije, pa sve do danas u Kutini se neprekidno proizvode mineralna gnojiva. Dugoročni ciljevi Petrokemije su potpuno zadovoljstvo kupaca postignuto visokom kvalitetom proizvoda i usluga, rast vrijednosti imovine dioničara, rast prodaje na regionalnom tržištu do razine potpunog ispunjenja kapaciteta, modernizacija s ciljem smanjivanja troškova i humaniziranja rada, zaštita okoliša u skladu s normama Republike Hrvatske i EU te konačno društveno odgovorno poslovanje [1, 2].



Slika 2.1: Pogled iz zraka na Petrokemiju [3]

2.1 Organizacija održavanja

Na čelu radne jedinice održavanja je voditelj održavanja koji rukovodi i odgovoran je za odvijanje poslovnih procesa održavanja u skladu s poslovnom politikom Petrokemije i planom poslovanja. Rukovoditelji su odgovorni za rukovođenje i koordinaciju pripadajuće službe te planiraju i provode sve aktivnosti održavanja u okviru svoje službe. Daljnja hijerarhijska struktura je: voditelj odjela, nadzornik i poslovođa.

Organizacija održavanja sastoji se od nekoliko različitih službi koje su prikazane na slici 2.2:

- Priprema rada,
- Strojarske radionice,
- Elektro radionica,
- MIRT (Mjerna i regulacijska tehnika) radionica,
- Građevinsko održavanje,
- Pouzdanost,
- Tehnički ured.

PF PROIZVODNJA						
RJ ODRŽAVANJE						
URED ODRŽAVANJA						
PRIPREMA RADA	STROJARSKE RADIONICE	ELEKTRO RADIONICE	MIRT RADIONICA	GRAĐEVINSKO ODRŽAVANJE	POUZDANOST	TEHNIČKI URED
Planiranje	Odjel nadzora strojarskih radova	Odjel nadzora elektro radova	Odjel nadzora MIRT radova	Nadzor građevinskih radova		Odjel elektroenergetskih i mjerno regulacijskih sustava
Skladište i interni transport	Remontna strojarska radionica	Remontna elektro radionica	Remontna MIRT radionica	Održavanje građevinskih objekta		Odjel za strojeve
Planiranje remonta	Radionica za vozila i prekrčajnu mehanizaciju					Odjel za stacionarnu opremu
	Radionica za kemijsko čišćenje i pranje					Kontrola, ispitivanje i umjeravanje

Slika 2.2: Organizacijska shema održavanja [4]

Svaka služba zadužena je za aktivnosti i zadatke iz svoga područja rada.

Priprema rada: priprema i planiranje radova u održavanju, definiranje aktivnosti i resursa potrebnih za izvršenje tražene usluge, specificiranje i priprema kompleta potrebnih materijala, opreme i rezervnih dijelova, pokretanje postupka nabavljanja potrebnih materijala, opreme i rezervnih dijelova, ishodaenje svih potrebnih dozvola za izvođenje radova, angažiranje vanjskih usluga i izvođača, kontinuirano raspoređivanje i koordiniranje, izrada rasporeda rada, organiziranje i koordiniranje skladišnog poslovanja.

Strojarske radionice: distribucija i održavanja alata, proizvodnja rezervnih dijelova i opreme, repariranja, servisa i popravaka rezervnih dijelova i opreme, brtvljenja i strojne

obrade na licu mjesta, servisa i popravaka ventila, popravci rotacijskih strojeva u radionicama, održavanje prema stanju opreme i preventivni pregledi ključne opreme, održavanje prema stanju turbo opreme i preventivni pregledi ključne opreme, kemijskog čišćenja i pranja, gumarske usluge.

Elektro radionice: defektacija i uklanjanje kvarova na elektro opremi, održavanje elektro opreme i instalacija, servisa elektro opreme, izrada elektro instalacija, vizualni pregled EX opreme.

MIRT radonica: održavanje instrumentalne opreme i automatskih strojeva, izrada instrumentalnih instalacija (kabliranje, ožičenje, ugradnja opreme u ormariće...), programiranje programskih logičkih kontrolera (PLC), montaža, demontaža i rekonstrukcija instrumentalne opreme na postrojenjima, defektacija i uklanjanje kvarova na instrumentalnoj opremi, vođenje dnevnika radova na instrumentalnoj opremi, vođenje EX dnevnika radova, vođenje kalibracijskih, radnih i servisnih lista, koordinacija nad izvršavanjem preventivnih aktivnosti na instrumentalnoj opremi prema planovima preventivnog održavanja instrumentalne opreme, uključujući EX opremu.

Građevinsko održavanje: nadzor i vođenje građevinskih radova, održavanje građevinskih objekata, izrada sanacijskih troškovnika te praćenje realizacije prema ponudama, defektacija, određivanje postupka sanacije i nadzor tijekom radova vezano uz poslove izolacija i antikorozivne zaštite.

Pouzdanost: određivanje i analiza kritičnosti opreme, određivanje i analiza loših činitelja, revizija strategija održavanja, revizija rezervnih dijelova, implementacija novih tehnologija u poslovne procese proizvodnje i održavanja, mjerenje i analiza vibracija, izrada RCA (eng. *Root Cause Analysis*), FMEA (eng. *Failure Mode and Effects Analysis*), BDA (eng. *Big Data Analytics*) analiza.

Tehnički ured: izrada tehničke dokumentacije za rezervne dijelove i opremu, nadzor i provođenja kontrole posuda pod tlakom i armatura, izrada tehničke dokumentacije za transportne sustave i konstrukcije, dokumentacije za zavarivanje, izrada specifikacija za naručivanje, servisa i održavanja procesnih računala, besprekidnih napajanja, analizatora, opreme za monitoring, vatrodajave, dozatora, vaga mjerača protoka, razine, instrumentalnih instalacija EX, poslovi preventivnog održavanja specijalističke opreme, ispitivanja i kontrole bez razaranja, umjeravanja mjerne i regulacijske opreme, ispitivanje sigurnosnih ventila.

2.2 Proizvodnja mineralnih gnojiva

Mineralna gnojiva prikazana na slici 2.3 Petrokemije d.d. proizvode se uporabom prirodnih mineralnih sirovina, prirodnog plina, atmosferskog dušika i kisika. Iz ovih sirovina se odgovarajućim tehnološkim postupcima proizvode dušična (N) gnojiva, dušično - sumporna (NS) gnojiva, dušično - fosforna (NP) gnojiva i dušično - fosforna - kalijeva (NPK) gnojiva [5].

Prema sastavu gnojiva možemo podijeliti na:

- Jednostavna dušična, dušično sumporna i kalijeva gnojiva,
- Složena gnojiva,
- Tekuća gnojiva.

Proizvodnja gnojiva odvija se na nizu međusobno povezanih postrojenja [6]:

- Postrojenje za proizvodnju amonijaka,
- Postrojenje za proizvodnju UREE,
- Postrojenje za proizvodnju KAN-a (postrojenje KAN-1, postrojenje KAN-2),
- Postrojenje za proizvodnju NPK gnojiva (postrojenje NPK-1, postrojenje NPK-2),
- Postrojenja za proizvodnju dušične kiseline,
- Postrojenja za proizvodnju sumporne kiseline,
- Postrojenja za proizvodnju fosforne kiseline.



Slika 2.3: Mineralno gnojivo [7]

3. FUNKCIONIRANJE ODRŽAVANJA

U ovom poglavlju opisan je način funkcioniranja održavanja, kako započinju radovi pa sve do izvršenja i zatvaranja radnog naloga. Opisan je novi način održavanja koji je nedavno uveden i prikazan je opis starog načina održavanja te zašto on nije bio toliko pouzdan. Novi način funkcioniranja održavanja uveden je nedavno te se zasniva na analizi uzroka korijena RCA. Kod starog načina održavanja nije bilo matrice prioriteta pa je ponekad dolazilo do problema da se rješavaju kvarovi koji su manje bitni prije od onih koji su bili zapravo bitniji za proizvodnju.

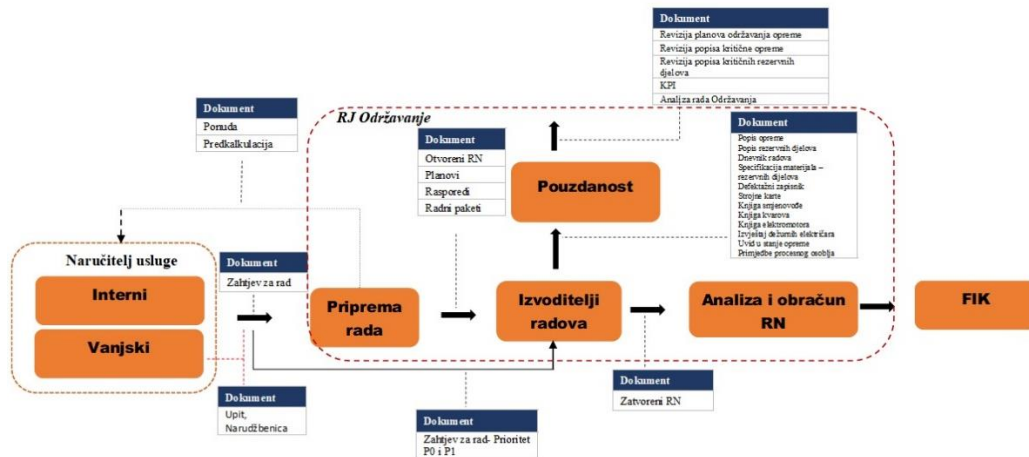
3.1 Pregled postupka upravljanja radnim nalogima

Za svaku radnju održavanja u proizvodnji potrebno je napraviti radni nalog. Ovakav način funkcioniranja je novi jer kod starog načina nisu uvijek postojali pisani radni nalozi. Postupak izradivanja radnog naloga sastoji se od nekoliko koraka a to su:

- Zahtjev za rad (obavijest),
- Određivanje prioriteta / koordinacija,
- Planiranje,
- Raspoređivanje,
- Izvršenje,
- Zatvaranje, analiza i izvještavanje.

Početak aktivnosti otvaranja radnog naloga kreće od obavijesti o zahtjevu za rad koji radnici prijavljuju voditelju odjela ili također upitom vanjske tvrtke kojoj je potrebna usluga koju prima planer. Za svaku nepravilnost, u održavanju potrebno je otvoriti elektroničku obavijest koju izdaje služba za pripremu rada. Kod određivanja prioriteta provjerava se kvaliteta i važnost obavijesti odjela proizvodnje. Pri svakom određivanju prioriteta primjenjuje se matrica prioriteta koja je opisana dalje u nastavku. Zatim slijedi planiranje koje obuhvaća pripremu radnih paketa. Radni paketi su paketi koji sadrže plan, izdatnice za skladište, crteže, odnosno svu potrebna dokumentacija prema kojoj radnici održavanja izvršavaju radove. Radovi se ne izvršavaju bez radnog naloga. Kod grupiranja dnevnih i tjednih planova pripremaju se poslovi održavanja te provode u dogovoru s odjelom proizvodnje. Izvršenje svakog posla uspoređuje se s planiranim vremenom u odnosu na stvarno vrijeme i utvrđuju se odstupanja. Po završetku radova slijedi zatvaranje, analiza radnog naloga i izvještavanje osobe odnosno planera koji je taj radni nalog izradio.

Odgovornoj se osobi za svaki radni paket dostavljaju povratne informacije o radnim satima i tehničkom izvršenju. Cijeli proces rada u održavanju prikazan je na slici 3.1.



Slika 3.1: Proces rada u održavanju [4]

3.2 Postupak određivanja prioriteta

Matrica prioriteta alat je koji pridonosi poboljšavanju komunikacije između održavanja i proizvodnje. Vjerojatnost rizika kvara se utvrđuje procjenom vjerojatnosti konačne posljedice. Određivanje retka matrice prioriteta se određuje prema posljedicama kvara s obzirom na okoliš, zdravlje i sigurnost te utjecaj na proizvodnju. Prvi put vjerojatnost kvara određuje se prema statističkim podacima i iskustvu. Da bi se posao izvršio ispravnim redoslijedom, počevši od onog najvažnijeg, planer mora imati objektivne elemente za njihovo prepoznavanje i donošenje pravilnih odluka. Kombiniranjem „vjerojatnosti kvara“ i „posljedice kvara“ utvrđuje se odgovarajuća razina prioriteta. Postoje četiri utjecaja (A, B, C, D) na proizvodnju.

- A ima visok utjecaj na okoliš, zdravlje, sigurnost što predstavlja opasnost po život ili visok rizik od ozljeda. Primjer je kvar sigurnosnog lanca, koji u proizvodnji utječe na zaustavljanje proizvodnje odnosno prekid rada pogona.
- B srednjoročni utjecaj, primjer je nezgoda sa zaustavljanjem radova ili nezgoda koja zahtjeva medicinsku intervenciju. Za proizvodnju se to smatra gubitak, odnosno odstupanje od mjesečnog plana veće od 5%.
- C ograničen utjecaj, primjer je rizik od manje teške nezgode, a za proizvodnju smatra se odstupanje od mjesečnog plana manje od 5%.
- D ne utječe na okoliš, zdravlje i sigurnost te ne utječe na gubitak u proizvodnji.

Polja označena crvenom bojom imaju visok prioritet i u tim situacijama potrebno je odmah djelovati. Kod polja sa narančastom bojom postoji ozbiljan rizik i ovaj stupanj prioriteta zahtjeva praćenje i poduzimanje radnji prema potrebi. Polja žutom bojom potrebno je pripremiti radove, postoji manje ozbiljan rizik. Polja označena zelenom bojom imaju niski prioritet, radovi se redovitim putem pripremaju i naručuju. Na slici 3.2 prikazana je tablica prioriteta.

		UTJECAJ	3	2	1
A	VISOK		P2	P1	P0
B	SREDNJI		P3	P2	P1
C	NIZAK		P4	P3	P2
D	NEMA UTJECAJA		P4	P4	P3

Slika 3.2: Tablica prioriteta [4]

Procjena se temelji na prethodnom iskustvu i na tome postoji li zamjenska oprema te je li ona pouzdana zatim se odabire stupac ili određuje stupanj prioriteta. Nakon nastanka kvara pokušava se kvar što prije otkloniti. Postupak određivanja prioriteta je sljedeći: potrebno odabrati stupac rizika 1, 2 ili 3 u skladu sa pitanjima koje si postavljamo a to su „Imamo li zamjensku opremu?“ , ukoliko nemamo zamjenu opremu očekuje se prekid rada ili je oprema već van pogona te zbog toga odabiremo stupac 1. Ukoliko oprema nije van pogona i ako se ne očekuje prekid rada prelazi se u stupac 2. Ukoliko imamo zamjensku opremu onda si postavljamo sljedeće pitanje „Je li ta oprema pouzdana?“ oprema se smatra pouzdanom ukoliko se nije dogodio niti jedan kvar u zadnjih mjesec dana. Ako oprema nije pouzdana to znači da su se događali kvarovi u prošlih mjesec dana te postoji vjerojatnost rizika kvara onda odabiremo stupac 2. Ako je oprema pouzdana rizik za kvar je vrlo mali te se oprema smatra pouzdanom te se taj kvar stavlja u stupac 3.

Na slici 3.3 prikazani su prioriteti otklanjanja kvarova u radionicama. Svaki radni zadatak ima svoj prioritet a radovi se izvršavaju prema prioritetima:

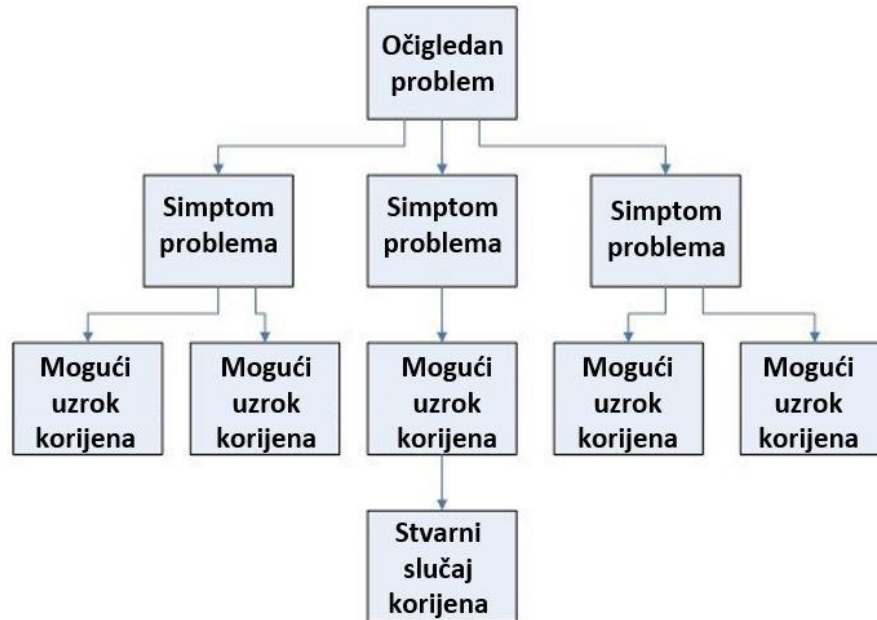
- Prioritet P0: Hitno - Potrebno je odmah realizirati, noćna dežurstva i dežurstva tijekom vikenda.
- Prioritet P1: Vrlo važno - Hitan posao ili posao vezan za sigurnost koji treba započeti unutar dva radna dana, možda danas. Posao visokog prioriteta s rizikom od gubitaka u proizvodnji, kvara kritične opreme, prekida raspored.
- Prioritet P2: Važno - Potrebno započeti u „1. tjednu“ ako nije odmah započet, Posao visokog prioriteta s rizikom od gubitaka u proizvodnji, kvara kritične opreme, Prekida raspored „nultog tjedna“.
- Prioritet P3: Ne prekida raspored. Poslovi koji se pripremaju i planiraju (uz obvezu početka rada u roku od 4 tjedna/mjesec dana).
- Prioritet P4: Planirano - Posao se obavlja nakon zaustavljanja ili prekida rada jedinice.

Prozor izvršenja rada			1. tjedan					2. tjedan				
Vrijeme potrebno za početak rada			dani									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P0: Hitno	< 24 sata	Treba odmah realizirati										
P1: Vrlo važno	< 2 radna dana	Prekida dnevni raspored										
P2: Važno	< 5 radnih dana	Prekida tjedni raspored										
P3: Srednje	< 1 mjeseca	Ne prekida raspored										
P4: Planirati	Potrebno planirati	Nakon zaustavljanja ili prekida rada jedinice										

Slika 3.3: Prioriteti odabrani na radionicama [4]

3.3 Analiza uzroka korijena

Analizi uzroka korijena prikazana na slici 3.4 RCA (eng. *Root Cause Analysis*) je metoda korak po korak koja dovodi do otkrića prvog ili osnovnog uzroka kvara što je vrlo bitno za sami proces održavanja. Zadatak RCA metode je prepoznati sve ili što više čimbenika koji doprinose problemu ili događaju. Jedna od najjednostavnijih metoda za RCA je Analiza „5 načina“. Nakon što je problem definiran, postavlja se pitanje zašto se kvar ponavlja sve dok se odgovor ne nađe.



Slika 3.4: Analiza uzroka korijena [8]

RCA metoda se može provesti kroz nekoliko različitih alata a to su:

1. **Analiza „5 načina“** prikazana na slici 3.5 (eng. “5 Whys Analysis”) je jednostavna tehnika rješavanja problema koja pomaže korisnicima da brzo dođu do korijena problema. Ova strategija uključuje gledanje problema i postavljanje pitanja "zašto" i "što je prouzročilo ovaj problem". Često odgovor na prvo pitanje „zašto“ zahtijeva drugo „zašto” i tako dalje.



Slika 3.5: Analiza „5 načina“ [9]

2. **Analiza promjena** prikazana na slici 3.6 (eng. *Change Analysis*) je analiza koja traži moguće utjecaje rizika i odgovarajući rizik tamo gdje se događaju promjene. To uključuje situacije u kojima se mijenjaju konfiguracije sustava, revidiraju se radne prakse ili pravila. Ova metoda se fokusira na rješavanju specifičnog problema ili problematičnog događaja i nastoji otkriti koje je odstupanje od redovnog postupka.



Slika 3.6: Analiza promjena [10]

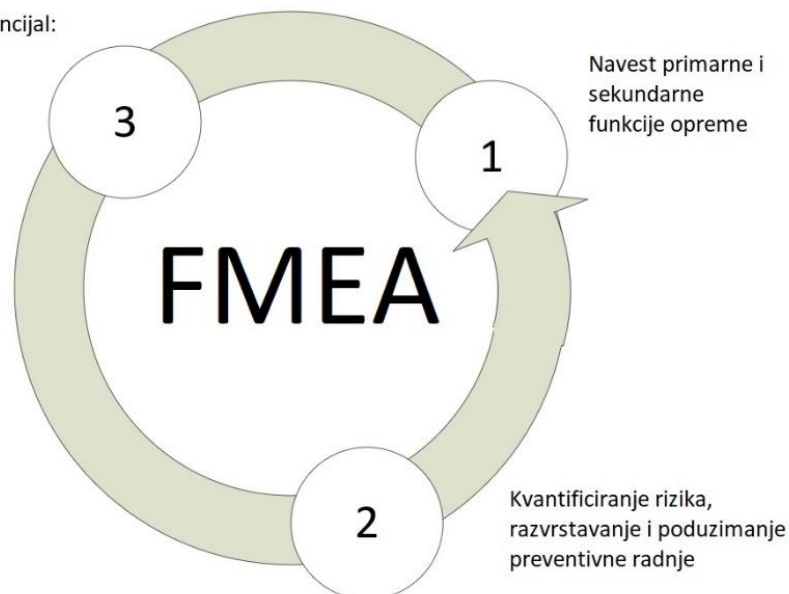
3. **Analiza uzroka i posljedica kvarova FMEA** (eng. *Failure Mode and Effects Analysis*). Proces „inženjeringa sustava“ koji istražuje pogreške u proizvodima ili procesima a prikazan je na slici 3.7.

Metodologija se zasniva na analizi i otkrivanju:

- Svih mogućih kvarova u sustavu,
- Koji su učinci tih kvarova na cjelokupan sustav,
- Kako ispraviti i ublažiti kvarove ili učinke na sustavu,
- Usredotočenost na prevenciju,
- Što sve može poći po zlu,
- Utvrđivanje potrebe i prioriteta radnji.

Navesti sav potencijal:

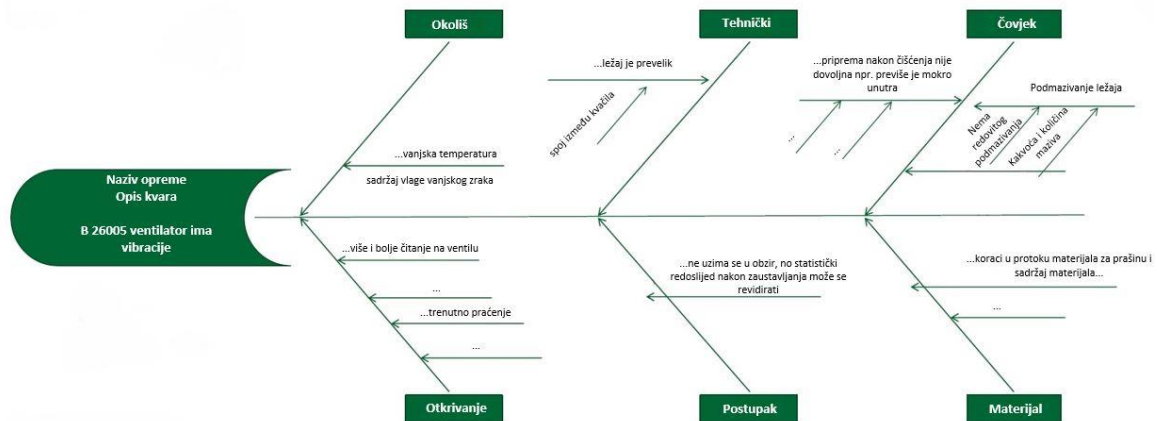
- Neuspjehe
- Utjecaje
- Uzroke
- Otkrivanje



Slika 3.7: FMEA proces [4]

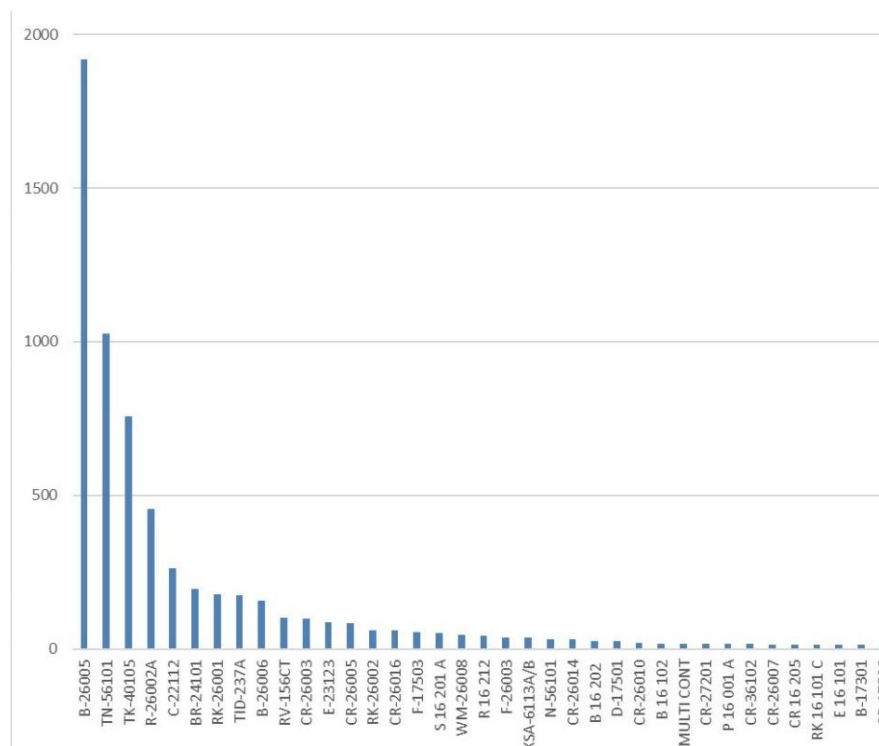
4. **Dijagram riblje kosti ili Ishikawin dijagram** to je alat za analizu koji pruža sustavni pogled na učinke i uzroke koji stvaraju ili doprinose tim efektima. Na slici

3.8 prikazan je primjer Ishikawa dijagrama koji je kreiran prilikom rješavanja problema sa vibracijama u ventilatoru.



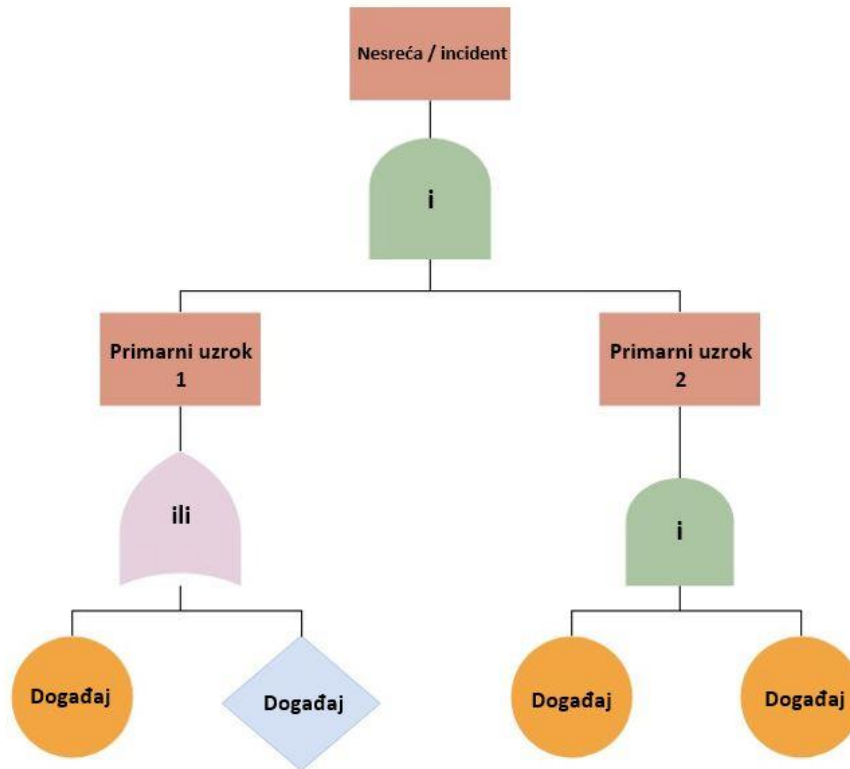
Slika 3.8: Ishikawin dijagram [4]

5. **Pareto analiza** je statistička tehnika u odlučivanju koja se koristi za analizu odabranog i ograničenog broja, pretpostavka je da se 80 % problema koji nastaju imaju 20 % kritičnih grešaka. Na temelju prikupljenih podataka formira se grafički dijagram prikazan na slici 3.9. Gledaju se 10 % najznačajnijih kvarova koji utječu na proizvodnju. Grafički dijagram na slici 3.9 prikazuje najznačajnije kvarove u proizvodnji mineralnih gnojiva.



Slika 3.9: Pareto analiza - grafički prikaz [4]

6. **Analiza stabla grešaka** je metoda koja stavlja na vrh stabla glavni problem kao što je prikazano na slici 3.10. Svakoj situaciji koja izaziva učinak dodaje se uzroci kao niz logičkih problema koji proizlaze iz glavnog problema.



Slika 3.10: Stablo grešaka [11]

3.4 Termografija u održavanju

Prilikom dijagnostike kvara primjenjuju se razne tehnologije za otkrivanje kvara. Jedna od njih je termografija uz pomoću koje se vidi gdje je kvar točno nastao te uveliko ubrzavaju pronalazak kvara.

Termografija je beskontaktna metoda mjerenja temperature i njezine raspodjele na površini tijela. Temelji se na mjerenju intenziteta infracrvenog zračenja s površine promatranog tijela, bez ostvarivanja kontakta s objektom kojeg se ispituje čime se sprječavaju ozbiljni kvarovi odnosno ukazuje na lošu ili neodgovarajuću toplinsku izolaciju. Na taj način smanjuje se broj neplaniranih ispada pogona. Infracrvena tehnologija našla je svoje mjesto u industriji za osiguranje i održavanje kvalitete nužne na današnjem globalnom tržištu. Primjenjuje se u industriji, medicini, astronomiji, građevinarstvu, znanstvenoj djelatnosti, kao alat za održavanje, u termotehnici i procesnoj tehnici. U okviru zaštite od požara termografski se sustavi primjenjuju za otkrivanje

latentnih požara, pronalaženje osoba u objektu zahvaćenom požarom, kod ispitivanja otpornosti elemenata od požara. Tehnologija se primjenjuje i pri nadzoru objekata i prostora, prometa, zagađenja okoliša [12].

Infracrvena IR (eng. *Infrared*) kamera uzima u obzir koeficijent emisije, udaljenost objekta, temperaturu okoline, te sve te podatke obrađuje u svom procesoru i kao rezultat daje temperaturu površine mjerenog objekta [12].

Na slici 3.11 prikazana je termovizijska kamera Testo 890 uz pomoć koje se vide temperaturne razlike elektromotora. Kamera se koristi prilikom održavanja elektromotora s ciljem pronalaženja određenih nepravilnosti. Kamera ima mogućnost slikanja ili snimanja te mogućnost spajanja na računalo gdje se pritiskom pokazivača miša na sliku može vidjeti temperatura u bilo kojoj točki.



Slika 3.11: Termovizijska kamera Testo 890

Na slici 3.12 prikazani su osnovni dijelovi zaslona termovizijske kamere a to su:

1. Zaslون osjetljiv na dodir koji može prikazivati termalnu i običnu sliku,
2. Prikaz temperaturne skale,
3. Odabir slikanja ili snimanja,
4. Glavni izbornik kamere,
5. Prikaz statusa uređaja.



Slika 3.12: Osnovni dijelovi zaslona termovizijske kamere

Na slici 3.13 prikazano je mjerenje temperature statorske jezgre elektromotora. Uzbudni kabel omotan je toroidno oko kućišta i jezgre elektromotora nekoliko puta. Kada kroz uzbudni kabel protječe struja, jezgra statora počinje se zagrijavati. Potrebno je pričekati 30 minuta kako bi se utvrdile postoje li temperaturne razlike na elektromotoru. Razlika između temperatura ne smije biti veća od 10 %. Ukoliko je vrijednost temperature manja od 10 % motor ide na popravak odnosno na premotavanje a ukoliko je razlika u temperaturi veća od 10 % motor ide u rashod odnosno smatra se neupotrebljivim i ne isplati se popravljati. U ovom slučaju razlika u temperaturi je veća od 10 % te motor ide u rashod.



Slika 3.13: Detekcija kvara elektromotora

3.5 Učinkovitost procesa u održavanju

Efektivnost odnosno učinkovitost predstavlja kompleksan kriterij i mjerilo kvalitete svojstvenih karakteristika tehničkih sustava te kvalitete tehničke podrške tijekom životnog ciklusa [13].

Koncept efektivnosti zasniva se na tri premise kao što je prikazano na slici 3.14 koje se mogu izraziti vjerojatnostima [13]:

- a) Da će sustav funkcionirati u bilo kojem trenutku, što se obično označava kao raspoloživost ili gotovost,
- b) Da će sustav, ako započne funkcionirati, raditi onoliko dugo koliko je potrebno za izvršenje zadatka, što se obično označava kao pouzdanost,
- c) Da će, ako je sustav započeo funkcionirati i funkcionira dovoljno dugo, do određenog stupnja ispuniti zadatak u odnosu na namjenu za koju je projektiran, što se obično označava kao funkcionalna pogodnost.



Slika 3.14: Koncept efektivnosti tehničkih sustava [13]

Svaki mjesec izrađuje se izvještaj o radu pojedinih procesa i cjelokupnog održavanja. Tom prilikom prati se sljedeće:

- Učinkovitost održavanja prema formuli:

$$U = \frac{a + b - c - d}{e - f - g} [\%] \quad (3.1)$$

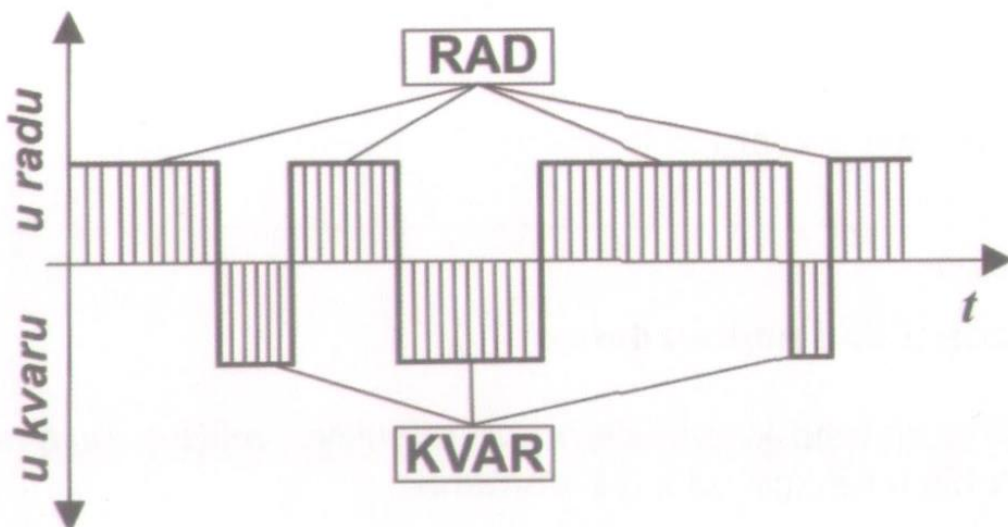
Gdje je:

a- naplaćeni sati rada,

- b- paušal,
 - c- nesukladni proizvod,
 - d- reklamacije radnih naloga,
 - e- mjesečni fond sati,
 - f- godišnji odmori,
 - g- blagdani.
- Ostvarenje naturalnog plana (ukupno i prema procesima),
 - Ostvarenje sati usluga održavanja po korisnicima,
 - Ostvarenje prihoda od vanjskih usluga,
 - Pregled prekovremenih sati, uvjetnih sati i bolovanja,
 - Status kapitalnih radova,
 - Ostalo.

3.6 Pouzdanost

Pouzdanost se definira kao vjerojatnost da će tehnički sustav izvršiti zahtijevanu funkciju u zadanim uvjetima i tijekom zadanog vremenskog perioda. Osnovni pokazatelji pouzdanosti mogu se dobiti iz vremenske slike stanja tehničkog sustava u procesu rada prikazanog na slici 3.15 [14].



Slika 3.15: Vremenska slika stanja [13]

Pouzdanost opreme utvrđuje se korištenjem navedenih parametara:

- Određivanje i analiza kritičnosti opreme,
- Određivanje i analiza loših činitelja,
- Revizija strategija održavanja,
- Revizija rezervnih dijelova,
- Implementacija novih tehnologija u poslovne procese proizvodnje i održavanja,
- Mjerenje i analiza vibracija,
- Izrada RCA, FMEA, BDA analiza.

Pouzdanost se izračunava prema formuli:

$$Pouzdanost = \frac{Radni\ sati\ stroja - Nepredviđeni\ prekid\ rada}{Dostupno\ vrijeme\ rada} \quad (3.2)$$

4. METODE ODRŽAVANJA

Djelatnost održavanja je skup svih aktivnosti koje provode radnici poslovne funkcije s ciljem i u funkciji održavanja proizvodnih i transportnih postrojenja kao i ostalih objekata i konstrukcija u vlasništvu Petrokemije, i pružanju usluga na tržištu [6].

Temeljna djelatnost održavanja je održavanje opreme, konstrukcija, objekata i instalacija u Petrokemiji, kroz preventivno, korekcijsko i investicijsko održavanje. Djelatnost održavanja se provodi kontinuirano [15].

Postoji više vrste održavanja prikazane na slici 4.1 a to su korektivno, preventivno, održavanje po stanju, terotehnoško, logističko, plansko s remontima, po ukazanoj prilici, cjelovito produktivno održavanje, održavanje zasnovano na pouzdanosti, održavanje zasnovano na riziku, ekspertni sustavi održavanja, samoodržavanje. Petrokemija koristi tri načina održavanja a to su preventivno, korektivno te investicijsko održavanje.

Za provođenje svih ovih navedenih aktivnosti održavanje je opremljeno radioničkim i laboratorijskim prostorima, potrebnom opremom, alatima i uređajima, a izvode ga iskusni stručnjaci. Pri tome koristi standardne metode održavanja ali i najsuvremenije pristupe i metode kroz specijalistička održavanja i usluge. Svoje iskustvo, znanje i usluge održavanje nudi i ostalim tvrtkama izvan matične kuće kao vanjsku uslugu.



Slika 4.1: Metode održavanja mehatroničkih sustava [11]

4.1 *Preventivno održavanje*

Preventivno održavanje provodi se izvođenjem aktivnosti kao što su: sprečavanje nastanka kvara kroz čišćenje, plansku zamjenu dijelova i opreme, audio, vizualnu i kontrolu opipom kao i mjerenjem karakterističnih veličina prilikom obilaska opreme i instalacija. Provode se testiranja, umjeravanja, ispitivanja, tlačne probe, unutarnji pregledi i slično a sve u cilju ocjene stanja opreme i određivanja potrebnih preventivnih aktivnosti.

4.2 *Korektivno održavanje*

Korektivno održavanje provodi se kada se kvar već dogodio, a provodi se kao: otklanjanje kvara kroz popravak opreme, objekata, konstrukcija i instalacija kao i rezervnih dijelova u svrhu obnavljanja za ponovni rad. Popravci se provode na postrojenjima ili u vlastitim radionicama. U iznimnim slučajevima popravci se mogu provoditi i u specijalističkim radionicama vanjskih izvođača. Popravak u krugu Petrokemije mogu vršiti i izvođači vanjskih tvrtki (u slučaju nedostatka vlastitih djelatnika) ali uvijek uz stručno vođenje, nadzor i kontrolu djelatnika održavanja.

4.3 *Investicijsko održavanje*

Investicijsko održavanje obuhvaća aktivnosti na produženju funkcionalne sposobnosti opreme i objekata, koje zahtijevaju veće investicije, koje traju duže, vrše se povremeno i zahtijevaju prekid rada. Provodi se kao izvođenje remonta proizvodnih i transportnih postrojenja u Petrokemiji. Izvodi se planiranje i definiranje potrebnih rezervnih dijelova i opreme za održavanje specijalističke opreme, izradu jednostavnijih rezervnih dijelova i opreme u vlastitim radionicama. Te čuvanje u skladištu svih roba potrebnih za održavanje Petrokemije.

5. ODRŽAVANJE STROJNE OPREME

U ovom poglavlju opisan je način rada i održavanje postrojenja strojne opreme. Opisana su tri glavna stroja za proizvodnju te njihovo održavanje a to su skreper stroj koji služi za transport gotove robe, stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA te stroj za paletizaciju BEUMER 1500. Također opisan je postupak održavanja visokonaponskog elektromotora od detektiranja kvara pa sve do popravka i ponovnog puštanja u funkciju.

Održavanje ima cilj da se otklone kvarovi bez potrebe za zaustavljanjem postrojenja uslijed propuštanja energetskog ili procesnog medija te skraćanja vremena zastoja postrojenja. Obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- distribucije i održavanja alata,
- repariranja, servisa i popravaka rezervnih dijelova i opreme,
- popravaka i održavanja mobilnih sredstava,
- brtvljenja i strojne obrade na licu mjesta,
- servisa i popravaka ventila,
- servisa i popravka dizala i dizalica,
- popravci rotacijskih strojeva u radionicama,
- održavanje prema stanju turbo opreme i preventivni pregledi ključne opreme,
- podmazivanje strojeva i opreme,
- separacija drenažnog ulja i privremeno skladištenje otpadnog ulja.

Služba održavanja u vlastitim radionicama na proizvodnim i transportnim postrojenjima, servisira, popravlja i vrši generalni remont na više od tisuću klipnih i rotacijskih strojeva kao što su [4]:

- Klipne, vijčane i centrifugalne pumpe,
- Reduktori, multiplikatori i varijatori,
- Razne vrste drobilica i mlinova,
- Razne vrste puhala i kompresora.

Petrokemija usvaja i razvija specijalističke metode održavanja na licu mjesta kao što su [4]:

- Brtvljenje propuštanja bez zaustavljanja postrojenja, svih medija osim kisika, temperature do 550° i tlaka od vakuuma do 350 bara,
- Strojna obrada, tokarenja, glodanja i bušenja, na licu mjesta, lako prenosivim modularnim strojevima.

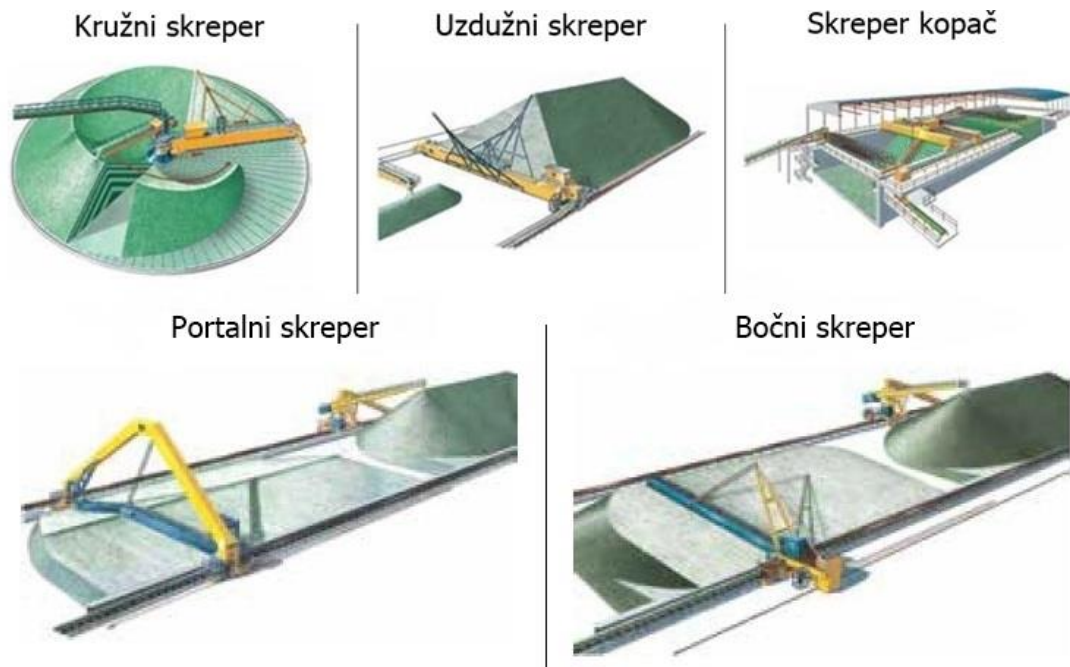
5.1 Skreper

Skreper je stroj koji služi da gotovu robu transportira dalje na pakiranje. Gotov proizvod iz proizvodnje pomoću transportera dolazi u skladište te pada na tlo. Skreperom se gotova roba dalje transportira uz pomoć transportera na stroj za pakiranje vreća. Glavni dijelovi skrepera su: elevator, transportna traka, kabina, nosiva konstrukcija, podizni mehanizam, stručna ruka, okretni mehanizam, vozno postolje.

Postoje više vrsta skrepera koji se koriste u proizvodnji a prikazani na slici 5.1:

- Kružni skreperi,
- Uzdužni skreperi,
- Skreper kopač,
- Portalni skreperi,
- Bočni skreper.

Skreperi su specifični strojevi zato što se primjenjuju pri transportu velikih količina određenog materijala u rudarstvu, umjetnih gnojiva, proizvodnji cementa, žitarica i slično.



Slika 5.1: Vrste skrepera [16]

5.1.1 Opis rada skrepera

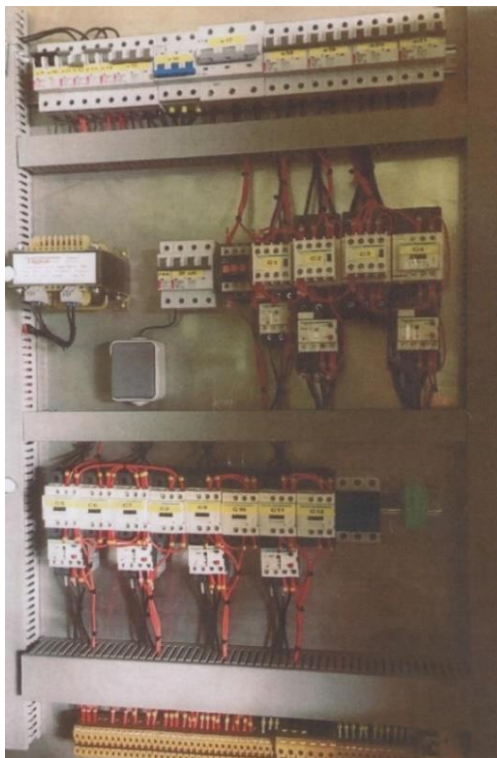
Na slici 5.2 je prikazan skreper kopač koji "grebe" gotovu robu, te uz pomoć transportera šalje ureu na drugi transporter. Ako se u robi nalazi veći komad gotovog materijala skreper u sebi ima ugrađen "mlin" uz pomoć kojeg usitnjava materijal te ga šalje

na sita. Sita služe za odvajanje zaostalih većih granula uree koja se dalje prosljeđuju na stroj za pakiranje koji će biti opisan u sljedećem potpoglavlju. Tehnička dokumentacija skrepera kopača prikazana je u prilogu br. 2.



Slika 5.2: Skreper kopač

Na slici 5.3 prikazan je upravljački ormar skrepera kopača koji se sastoji od osigurača, transformatora i sklopnika uz pomoć kojih se upravlja strojem. Kod novijih skrepera upravljanje se provodi pomoću PLC uređaja.



Slika 5.3: Upravljački ormar skrepera kopača

Na slici 5.4 prikazan je portalni skreper. Portalni skreperi smješteni su u skladišta koja se sastoje od više zidova, oni služe kako bi mogli pohraniti više različitih materijala te kako ne bi došlo do miješenja istih.



Slika 5.4: Portalni skreper

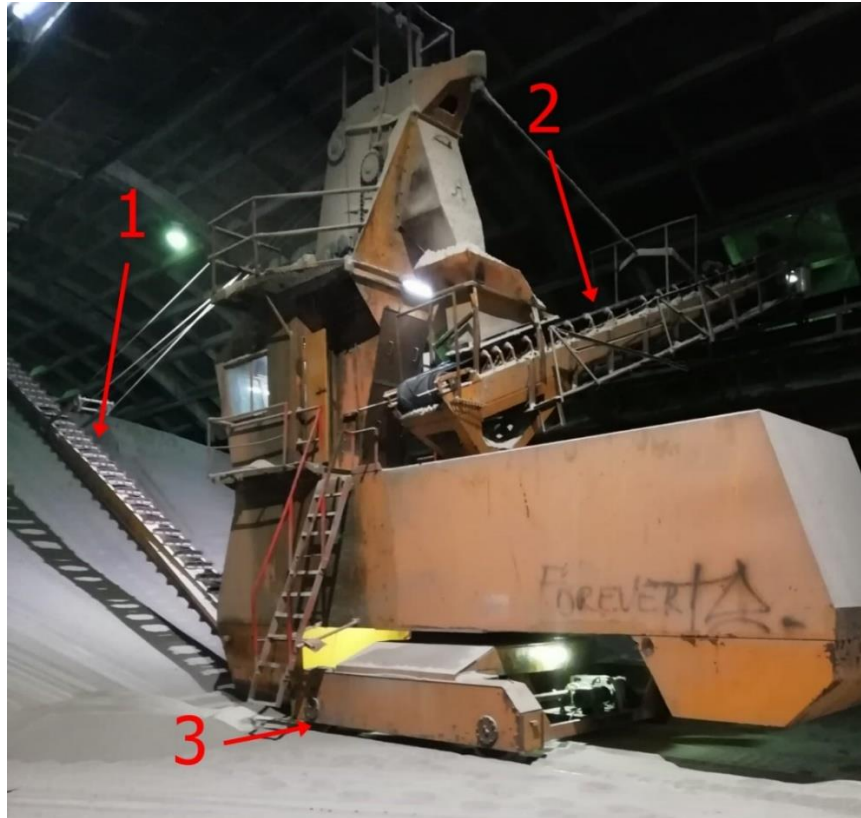
Skreperi se međusobno razlikuju, ali svi imaju istu namjenu da gotovi materijal dostave dalje u pogon za pakiranje. Princip rada ovog portalnog skrepera zasniva se na tome da stroj spušta stružnu ruku. Stružna ruka prikazana na slici 5.5 funkcionira poput trakastog transportera koji se sastoji od pregrada bez korita koja dohvaćaju gotovi materijal te ga vuku prema sebi. Materijal pada na transportnu traku gdje se dozira kako bi bio ravnomjerno raspoređen na trakastom transporteru. Tehnička dokumentacija portalnog skrepera nalazi se u prilogu br. 3.



Slika 5.5: Ruka skrepera [17]

5.1.2 Održavanje skrepera

Na slici 5.6 označeni su osnovni dijelovi skrepera.



Slika 5.6: Dijelovi skrepera kopača

Na slici 5.6 označeno brojem 1 nalazi se stružna ruka na kojoj se prevodi preventivno održavanje. Podmazuje se lanac u određenim intervalima prema preporuci proizvođača. Potrebna je redovita provjera napetosti lanca, jer ukoliko je lanac nedovoljno zategnut istrošit će se dva puta brže. Ukoliko je došlo do napuknuća pregrada provodi se izmjena istih kako bi se zadržala funkcionalnost stroja. Ukoliko je otežano kretanje lanca, potrebno je provjeriti ležajeve te ih zamijeniti kako ne bi došlo do opterećenja samog lanca te do prekomjernog trošenja. Izmjena samog lanca provodi se prema preporuci proizvođača. Broj 2 označava transportnu traku koja transportira gotovi materijal. Potrebno je provjeravati stanje transportne trake kako bi se utvrdilo da li postoje kakva oštećenja odnosno tragovi habanja na samoj transportnoj traci. Ukoliko je traka prelabava potrebno ju je zategnuti kako bi se izvršio pravilan transport robe. Ako transportna traka ima preveliku napetost dolazi do istežanja transportne trake te ju je potrebno zamijeniti. Traka se mora kretati centralno na valjcima ukoliko se traka naginje na jednu stranu potrebno je provjeriti sve valjke da li su postavljeni pod ispravnim kutom. Broj 3 označava vozno

postolje koje služi za kretanje skrepera po skladištu. Potrebna je provjera trošenja šina nosača. Najveće dopušteno trošenje na bočnim dijelovima glave šina iznosi oko 7 mm. U slučaju većeg habanja šine potrebno je ispraviti njezin oblik. Alatom i brušenjem zavara može se ispraviti njezin oblik, a ukoliko je nastalo veće oštećenje potrebno ju je zamijeniti. Popravljanje odnosno zamjena potrebna je kako bi pruga mogla držati potreban teret kako ne bi došlo do pada skrepera.

Okretni mehanizam skrepera prikazan je na slici 5.7, a održava se periodički svaki tjedan ili mjesec kako je propisano prema redu održavanja, izvršava se nadopuna masti na zubima osovine zupčanika i mrežastih zupčanika. Dva puta godišnje radi se vizualni pregled zupčanika. Zubi zupčanika tijekom rada se troše te može doći do pojave pukotina zato ih je potrebno pravovremeno zamijeniti. Prije pregleda potrebno je ukloniti staru mast te očistiti i oprati zube ivasolom. Ako je stanje zuba zadovoljavajuće, zupčanik se vraća na svoje mjesto. Mjesto na koje se vraća zupčanik potrebno je nadopuniti novom masti.



Slika 5.7: Okretni mehanizam [18]

Reduktor mora biti napunjen pravilnom vrstom ulja, koja ne prelazi navedenu razinu jer će prekomjerno punjenje uzrokovati povišeni tlak, što rezultira pregrijavanjem i istjecanjem ulja. Jednom tjedno se izvršava provjera razine ulja, te se nadopunjava ukoliko je potrebno.

5.2 *Stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA*

Stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA uveliko ubrzava proces pakiranja materijala u vreće te u današnje vrijeme teško je zamisliti pogon za pakiranje bez ovakvih i sličnih strojeva. U Petrokemiji koriste se još i strojevi za pakiranje TOPAS. Strojevi su vrlo slični pa će u nastavku biti opisan samo HAVER FFS DELTA. Tehnička dokumentacija stroja za pakiranje nalazi se u prilogu br. 4.

5.2.1 *Opis rada HAVER FFS DELTA*

HAVER FFS DELTA prikazan na slici 5.8 koristi se za pakiranje mikro-granuliranih, zrnastih proizvoda i slobodno tekućih prahova kapaciteta 800 vreća na sat. Stroj je dizajniran za punjenje vreća širine od 350 mm do 420 mm i duljine od 600 mm do 950 mm sa bočnim urezom od 50 mm do 100 mm.



Slika 5.8: Stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA

HAVER FFS DELTA sastoji je nekoliko glavnih dijelova a to su:

1. Kolut sa filmom,
2. Jedinica za zavarivanje vreća sa donje strane,
3. Jedinica za otvaranje vreća,

4. Jedinica za punjenje vreća,
5. Elektromagnetski vibrator,
6. Jedinica za zavarivanje vreća sa gornje strane,
7. Trakasti transporter.

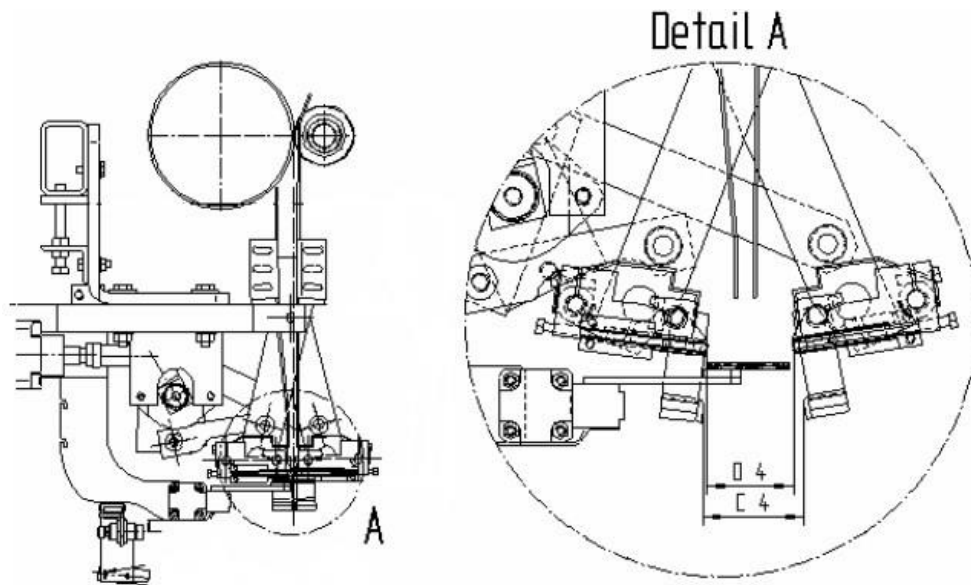
Namjena hidrauličkog koluta prikazanog na slici 5.9 je da drži film iznad površine kako ne bi došlo do oštećenja samih vreća odnosno filma. Hidraulički kolut dizajniran je kako bi vrijeme mijenjanja koluta bilo što kraće te jednostavnije. Kolut ima ugrađen alarmni sustav koji upozorava radnika na upravljačkom terminalu na nisku razinu filma. Ove značajke pružaju rukovatelju stroja više vremena za obavljanje drugih zadataka.

Film ne smije biti rastrgan ili uzrokovati probleme (npr. film nije ravnomjerno spojen ili da valjak na kojem se nalazi film nije centriran) pri otvaranju vrećica zbog elektrostatičkih naboja. Filmovi se moraju čuvati u suhoj sobi na temperaturama između + 10 °C i + 30 °C.



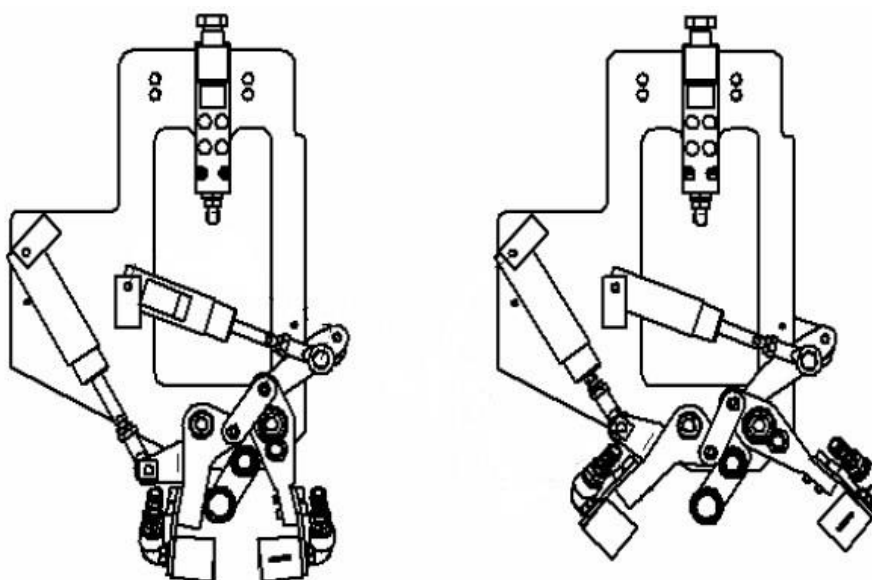
Slika 5.9: Hidraulički kolut sa namotanim filmovima

Na slici 5.10 prikazana je jedinica za zavarivanje vreća. Prilikom ulaska filma svaka vreća se zavaruje sa donje strane. Zavarivanje se provodi pritiskom ruke na samu vreću. Temperatura grijača, vrijeme i pritisak određuju kvalitetu brtve. Različiti parametri zavarivanja mogu se mijenjati na korisničkom sučelju stroja.



Slika 5.10: Jedinica za zavarivanje vreća sa donje strane [4]

Jedinica za otvaranje vreća prikazana na slici 5.11 sastoji se od dva linearna cilindra uz pomoć kojih se otvara vreća. Pravilno otvaranje vreća preduvjet je za početak punjenje vreća. Nakon što se vreća otvori prebacuje se na jedinicu za punjenje vreća.



Slika 5.11: Jedinica za otvaranje vreća [4]

Prazne vrećice se uzimaju iz koluta jedna po jedna, postavlja ih točno ispod jedinice za punjenja vreća. Stroj prisloni vreću na otvor za punjenje gotove robe te počinje sa punjenjem. Na slici 5.12 je prikazana jedinica za punjenje vreća.



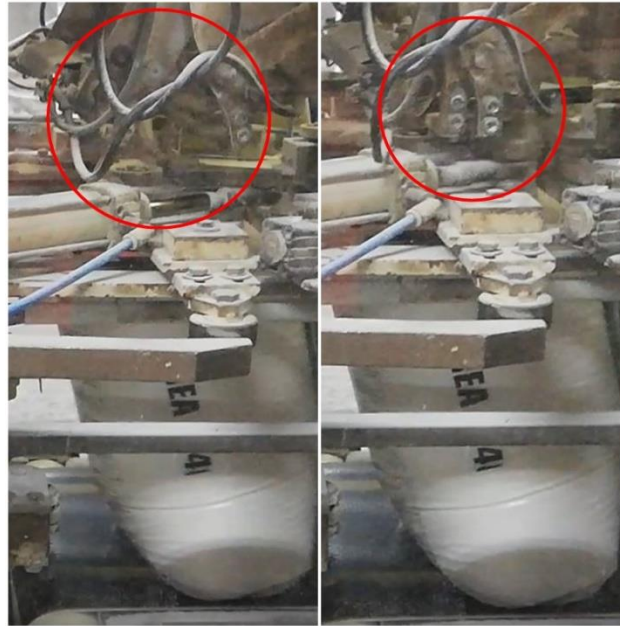
Slika 5.12: Jedinica za punjenje vreća [19]

Idealna razina punjenja u vreće postiže se elektromagnetskim vibratorom koji je prikazan na slici 5.13, a smješten je ispod vreća za punjenje. Elektromagnetski vibrator je posebno važan za proizvode sa tečnim karakteristikama. Amplituda, vrijeme vibriranja i vrijeme početka i kraja vibracije mogu se prilagoditi svakom proizvodu.



Slika 5.13: Elektromagnetski vibrator

Na slici 5.14 prikazana je jedinica za zavarivanje vreća sa gornje strane. Nakon što se vreća napuni prebacuje se na trakasti transporter gdje se zavaruje sa gornje strane napunjene vreće.



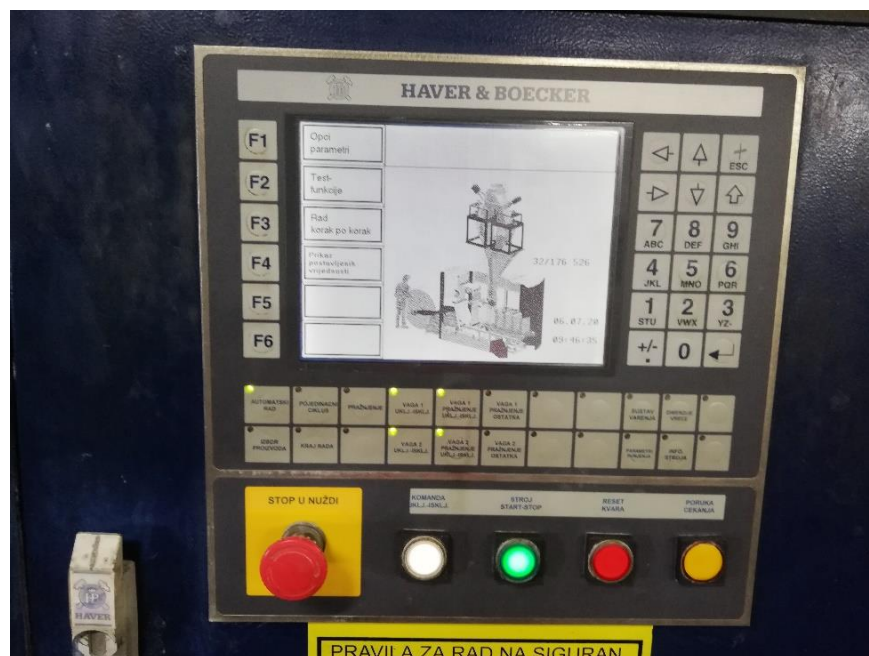
Slika 5.14: Jedinica za zavarivanje vreća sa gornje strane

Kada su svi prethodi koraci gotovi napunjene vreće uz pomoć trakastog transportera prikazanog na slici 5.15 izlaze iz stroja gdje su povezani sa drugim trakastim transporterima koji napunjene vreće šalju na stroj za pakiranje.



Slika 5.15: Trakasti transporter

Na slici 5.16 je prikazano korisničko sučelje stroja za pakiranje kojim rukuju posebno osposobljeni radnici. Ako se na korisničkom sučelju pojavljuje informacija da se negdje dogodila pogreška, što se može dogoditi kao rezultat prekomjerne težine vreća s odgovarajuće previsokom razinom punjenja, tada se sustav mora odmah isključiti kako bi se spriječili daljnji problemi s transportom i zatvaranjem vreća. U tom se slučaju vreće moraju ručno ukloniti iz strojeva, tako da na zavarivačkoj instalaciji ili drugim mehaničkim dijelovima ne dođe do oštećenja. Potrebno je prvo isključiti dovod komprimiranog zraka. Sve komponente u području kvara moraju se provjeriti na moguća oštećenja. Prilikom izmjene oštećenih dijelova potrebno je sve dijelove temeljito očistiti. Ostaci proizvoda također se trebaju očistiti s transportnog remena. Iz sigurnosnih razloga potrebno je provjeriti je li izljev za punjenje potpuno ispražnjen te jesu li vreće u početnom položaju. Nakon provedenih potrebnih provjera, mora se otvoriti linija komprimiranog zraka. Prije ponovnog pokretanja, funkcionalni slijed testira se na nekoliko vrećica.



Slika 5.16: Korisničko sučelje stroja za pakiranje

Na slici 5.17 prikazani su elektronički regulatori vage koje služe za podešavanje količine materijala u vrećama. Na vagi možemo regulirati vrijeme doziranja, odrediti graničnu vrijednost doziranog materijala, odrediti toleranciju, možemo regulirati grubi i fini protok. Osim upravljanja vagonom putem njezinog korisničkog sučelja moguće je upravljati određenim funkcijama stroja. Kao što su otkrivanje loma vreće, mogućnost brzog pražnjenja te reguliranje brzine punjenja vreća.



Slika 5.17: Elektronički regulator vaga MEC II – 20

Na slici 5.18 prikazan je PLC S7 serije 300 koji upravlja strojem za pakiranje. Serija S7 300 se koristi za sustave srednjeg stupnja složenosti, ima veću mogućnost modulacijske nadogradnje, koristi se u industriji u rasponu od jednostavnih do zahtjevnih operacija. Imaju visok stupanj preciznosti i dinamički odziv te imaju module sa širokim rasponom funkcija. U razvodnom ormaru osim upravljačkog sučelja s *Profibus* modulima, ugrađeni su i regulatori temperature zavarivanja i transformatori za zavarivanje.



Slika 5.18: PLC S7-300 [20]

Ako se tijekom rada pojave smetnje, potrebno je provjeriti nastaju li u elektroničkom ili pneumatskom upravljaču ili u strojevima. Kada se ispituju uzroci kvarova u mehaničkom sustavu, potrebno je slijediti i provjeriti najvažnije pojedinačne komponente u sljedećem opisu. Hidrauličkog koluta sa filmom, jedinice za prijevoz, otvaranje i postavljanje vreća na transportnu traku, jedinica za punjenje vreća materijalom te jedinica za zavarivanje vreća.

5.2.2 Održavanje *HAYER FFS DELTA*

HAYER FFS DELTA je stroj koji se koristi za pakiranje gotovog materijala koji dolazi iz proizvodnje uz pomoću transportera.

Vrlo je važno redovito obavljati održavanje stroja kako bi se produžio vijek trajanja a samim time izbjegli se i iznenadni kvarovi. Važno je napomenuti da rukovanje i održavanje vrše posebno obučeni radnici za to područje. Prije svakog održavanja i popravljivanja stroja potrebno je poduzeti sljedeće mjere sigurnosti:

- Isključivanje stroja sa napajanja,
- Prekid dovoda komprimiranog zraka,
- Postavljanje znakova opasnosti na dobro vidljivo mjesto.

Provodi se više vrsta održavanja koje je potrebno provoditi za osiguranje pravilnog načina rada i produženja životnog vijeka, a to su:

- Dnevni,
- Tjedni,
- Mjesečni,
- Prema specifikaciji proizvođača.

Dnevna održavanja obuhvaćaju čišćenje stroja sa zrakom ili vakuumom. Provjeravaju se silikonsko-gumene i teflonske trake ukoliko su zamazane, oštećene, ishabane te ih promijeniti ukoliko je to potrebno. Prilikom zamjene traka za zavarivanje paziti da su obrubljene strane na vanjskoj strani, te da je udaljenost između držača i zavarujuće ploče od 0,5 do 1 mm na obje strane. Kod provjere optičke sklopke treba obratiti pozornost na funkcionalnost da li radi signalna lampica te na čistoću koje provode radnici održavanja.

Tjedna održavanja obuhvaćaju provjere rada vakuum pumpe. Potrebno je provjeriti razinu ulja te vizualno pogledati da li postoje bilo kakve pukotine koje bi utjecale na rad sustava. Potrebno je pogledati spojnu glavu da li ima slobodno kretanje. Također treba provjeriti i univerzalnu oštricu je li ravna, da li radi glatki rez te ukoliko se nađu neke nepravilnosti potrebno ju je zamijeniti. Prilikom izmjene oštrice postoji mogućnost od ozljeda te je potrebno obratiti posebnu pozornost kako se izbjegle eventualne ozljede. Potrebno je provjeriti hidraulički cilindar i pumpu. Pogledati da li se negdje događaju propuštanja, potrebno je provjeriti razinu i količinu ulja, provjeriti oštećenje glavne spone te provjeriti crijeva, poroznost, oštećenja ili prljanja te ih eliminirati ukoliko dođe do istih. Te na kraju potrebno je provjeriti opruge odnosno njihovu napetost.

Mjesečna održavanja obuhvaćaju provjeru regulatora filtra ukoliko se stvorila voda u rezervoaru potrebno ga je isprazniti. Potrebno je očistiti filterski umetak, izvaditi filter za ispiranje i temeljito ispuhati komprimiranim zrakom. Za čišćenje rezervoara može se koristiti otopina sapuna. Kod regulatora tlaka potrebno je očistiti dijelove, pažljivo ih ispuhati komprimiranim zrakom ili ih osušiti. Kontrolnu jedinicu potrebno je mjesečno podmazivati. Cilindar komprimiranog zraka potrebno je pogledati da li se može gibati u svim smjerovima, strugače i klipne šipke treba provjeriti na habanje i propusnost, provjeriti da li su svi vijci pravilno stegnuti te provjeriti da li crijeva propuštaju ili su oštećena. Kod transportnih remena pogledati da li ima trag habanja na remenima te da li utječu na rad stroja te provjeriti napetost remena ukoliko je olabavljen treba ga pritegnuti. Obratiti pozornost na gumenu odbojnicu. Gumena odbojnica služi da apsorbira kinetičku energiju i udarce te je potrebno pogledati kako se ponaša u radu te da li je očuvala svoja svojstva a to su elastičnost i fleksibilnost. Kod kompresijske opruge za plin radi se provjera nepropusnosti i odgovarajuće sile. Prilikom održavanja amortizera provjeriti napuknuća te provjeriti ispravnost postavka amortizera zbog toga što vreće kod transporta ne smije odskakati. Prilikom provjere valjaka treba obratiti pozornost na gumenu kotač i stezni ležaj pregledati izdržljivost, čistoću, ravnomjerni pritisak svih valjaka na osovini, provjeriti slobodno kretanje. Kod pužnog prijenosa potrebna je provjera čistoće te funkcionalnosti. Kod hidrauličke pumpe potrebno je zamijeniti filter za zrak.

Održavanje prema specifikaciji proizvođača obuhvaća provjeru vakuum pumpe. Potrebno je promijeniti filter i ulje. Kod motora potrebna je izmjena ulja nakon određenog broja sati rada. Važno je napomenuti da ležajevi prirubnica i blokova ne zahtijevaju održavanje i ne trebaju podmazivanje.

Važno je pravilno podmazivanje stroja. Pravilna primjena odgovarajućih maziva znatno pridonosi postizanju visokih performansi i uklanja radne probleme i njihove posljedice.

5.3 Stroj za paletizaciju BEUMER 1500

Vrlo važan segment kod velikih postrojenja poput Petrokemije je automatiziranje procesa. Stroj za paletizaciju uveliko ubrzava proces slaganja vreća te postavljanje na palete koji su dalje spremne za transport u kamion. U ovom poglavlju biti će detaljnije opisan stroj za paletizaciju BEUMER 1500 te njegovo održavanje.

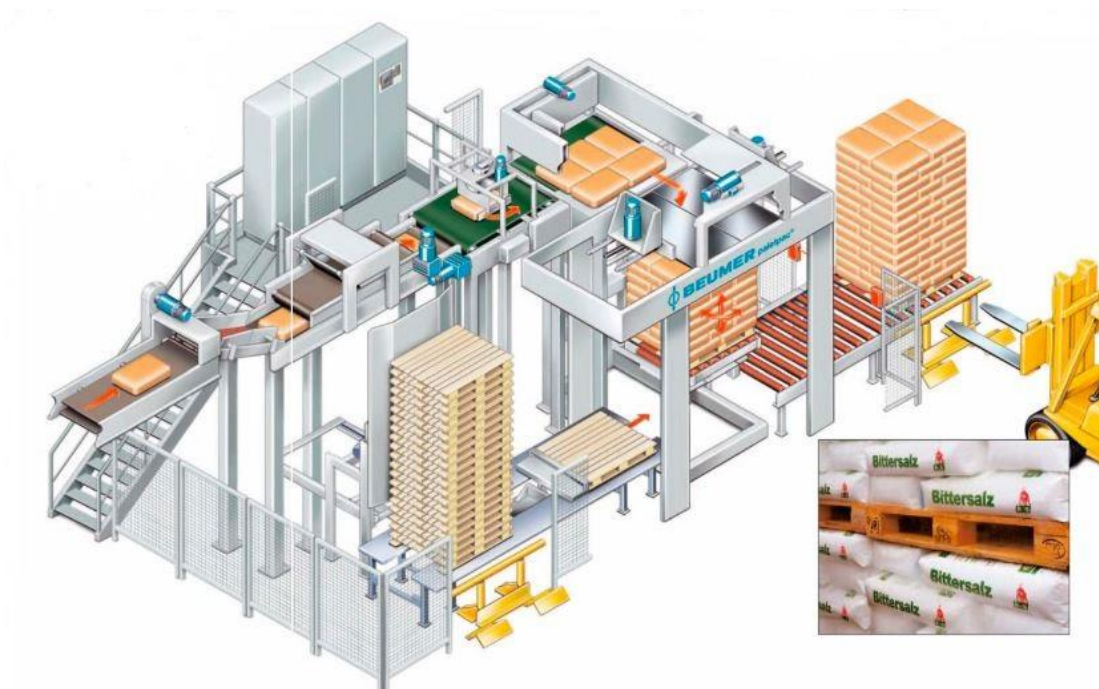
5.3.1 Opis rada **BEUMER 1500**

Sustav za paletizaciju prikazan na slici 5.19 koristi se za slaganje napunjenih vreća na palete. Napunjene vreće transportiraju se pojedinačno i postavljaju na palete. Radnik na korisničkom sučelju postavlja način pakiranja i broj slojeva po paleti. Formiranje snopa i transport palete obavljaju se automatski.

Sve radove i održavanja na stroju vrše posebno obučeni radnici. Također važno je napomenuti da stroj treba koristiti prema pravilima a to su:

- Transportiranje samo onih materijala koji su navedeni u uputama za rad,
- Korištenje originalnih rezervnih dijelova,
- Uporaba ispravnih odnosno neoštećenih paleta,
- Paziti na dopuštenu nosivost dizalice,
- Održavanje strojeva samo onda kada je stroj isključen.

Važno je naglasiti da se stroj smije upotrebljavati samo u tehnički besprijekornom radnom stanju u skladu s namjenom. Uporaba stroja koja je suprotna gore navedenim uputama može rezultirati teškim tjelesnim ozljedama te oštećenju stroja. Stroj se ne smije uključiti ako oštećenja ugrožavaju radnu pouzdanost.



Slika 5.19: Stroj za paletizaciju BEUMER 1500 [21]

Sustav za paletiziranje s paletom BEUMER služi za automatsko formiranje paletiziranih teretnih jedinica. Uz paletu, koristi se transportni sustav za pune i prazne palete, kao i linija za punjenje jedinica za teret (npr. vreće). Tamo se okreću prema unaprijed postavljenom obrascu pakiranja, raspoređuju i kombiniraju u sloj. Završeni sloj gura se na stol za slaganje slojeva pomoću jedinice za guranje sloja. Otvaranjem tablice za slaganje slojeva sloj se postavlja na paletu. Tijekom paletiziranja, dizalica se svaki put spušta za jedan sloj. Kada je postignut zadani broj slojeva, puna se paleta transportira dalje na valjku transporta palete. Istodobno, podizna jedinica podiže sljedeću praznu paletu ispod stola za slaganje slojeva. Tehnička dokumentacija stroja za paletizaciju nalazi se u prilogu br. 5.

Stroj za paletizaciju BEUMER 1800 sastoji se od nekoliko glavnih dijelova a to su:

1. Transportne linije,
2. Jedinica za okretanje vreća,
3. Jedinica za formiranje vreća na paletu,
4. Jedinica za pakiranje,
5. Upravljački terminal stroja.

Transportne linije prikazane na slici 5.20 služe za transport vreća od stroja za pakiranje do stroja za paletizaciju. Uobičajeno je da se linija za dovod sastoji od nekoliko kontinuiranih transportera koji su međusobno povezani.



Slika 5.20: Transportne linije

Pomoću jedinice za okretanje vreća prikazane na slici 5.21 i 5.22 formira se željeni oblik vreća na paletu odnosno on prilikom prolaska vreća na transporteru uzima vreću te ju zaokreće u željenom smjeru. Prilikom pokretanja prve dvije vreće ostavlja u istom smjeru dok sljedeće tri vreće okreće za 90 stupnjeva te tako formira jedan red na paleti. Taj proces se stalno ponavlja samo obrnutim redoslijedom kako bi doprinio boljoj stabilnosti vreća na paleti.



Slika 5.21: Jedinica za okretanje vreća – 1. dio



Slika 5.22: Jedinica za okretanje vreća – 2. dio

Jedinica za formiranje vreća na paletu prikazana na slikama 5.23 i 5.24 sadrži različite module koji ispunjavaju različite funkcije oblikovanja vreća. Sastoji se od trakastog transportera, potisne jedinice koja gura vreće na stola za slaganje slojeva. Dizalica podiže paletu ispod stola za slaganje slojeva. Zatim se stol za slaganje slojeva otvara na obje strane istovremeno, a sloj vreća postavlja na paletu. Nakon što se podizna jedinica spusti, stol za slaganje se zatvara. Taj proces se ponavlja te podizna jedinica svaki put se spušta za jedan sloj vreća, sve dok se paleta ne napuni. Kada se paleta napuni dovoljnim brojem vreća šalje se na jedinicu za pakiranje folijom pomoću transportera. Glavne funkcije su okretanje, distribucija, guranje, slaganje i spuštanje.



Slika 5.23: Jedinica za formiranje vreća – 1. dio



Slika 5.24: Jedinica za formiranje vreća – 2. dio

Jedinica za prekrivanje folijom prikazana na slici 5.25 i 5.26 služi za pričvršćivanje i stabilizaciju paletnih vreća. U tu svrhu, jedinice za opterećenje prekrivene su rastezljivom folijom, koja se bez korištenja toplinske energije postavlja na paletu. Na taj se način postiže apsolutno nepropusna ambalaža i dugoročna stabilnost paketa. Rastezanje folije osigurava izvrsno prijanjanje zapakirane robe na paletu. Rastezljiva navlaka za foliju formira se i stisne automatski. Unutar jedinice za prekrivanje folijom palete se pojedinačno transportiraju na valjcima ili lančanim transporterima. Kada se paleta sa vrećama zamota, transportira se do kraja stroja gdje preuzima viličar koji palete unosi u kamion.

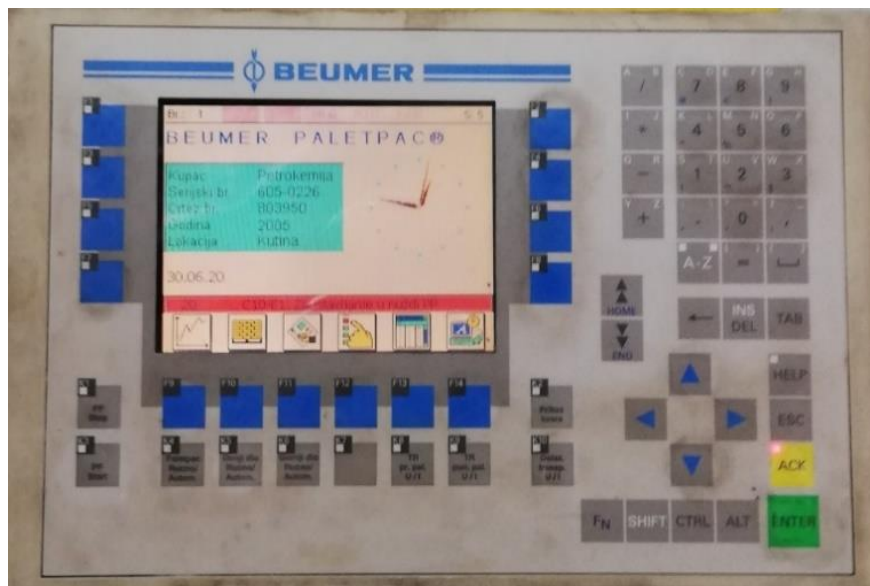


Slika 5.25: Jedinica za prekrivanje folijom – 1. dio



Slika 5.26: Jedinica za prekrivanje folijom – 2. dio [17]

Upravljački terminal prikazan na slici 5.27 omogućava upravljanje cijelog stroja. Operator na upravljačkom terminalu može naći razne informacije o parametrima stroja, nastalim greškama. Strojni parametri mogu se mijenjati na zaslonu u odnosu na potrebe. Stroj ima dva načina rada a to su ručni i automatski. Treći način rada odnosi se na određene dijelove sustava, kao što je način održavanja koji može biti aktiviran kao opcija.



Slika 5.27: Upravljački terminal stroja

Gljivasto tipkalo za zaustavljanje u nuždi prikazano na slici 5.28 koje se nalazi na upravljačkom terminalu osigurava pouzdano zaustavljanje stroja u slučaju opasnosti. Neki se elementi, na primjer pneumatski dijelovi, zaustavljaju nakon što dođu do krajnjeg položaja. Ponovno pokretanje stroja moguće je tek nakon što se ručno resetiraju svi elementi za zaustavljanje u nuždi. Zatim, pritiskom plavog osvijetljenog gumba mogu se resetirati releji za zaustavljanje u nuždi.



Slika 5.28: Gljivasto tipkalo za zaustavljanje u nuždi

5.3.2 Održavanje BEUMER 1500

Osnovni uvjet za siguran rad stroja je njegovo redovito održavanje prikazano na slici 5.29. Moraju se provoditi redoviti radovi navedeni prema uputama proizvođača i poštivati naznačeni intervali održavanja. Ove aktivnosti mora izvoditi samo stručno osoblje.



Slika 5.29: Održavanje elektromotora

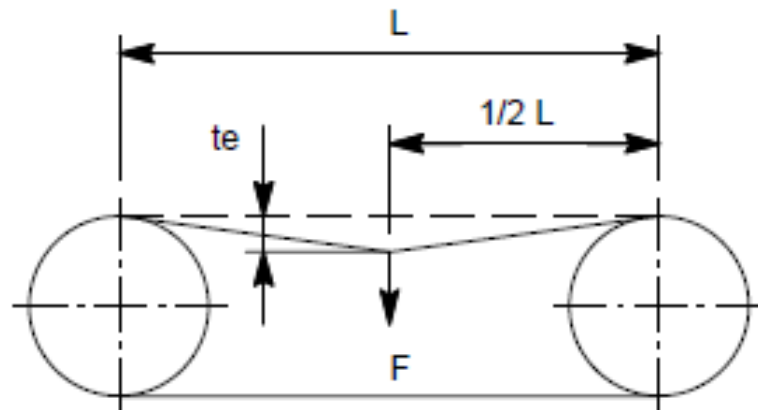
Godišnji opći pregled, uključujući zamjenu svih dijelova podložnih habanju, jamči visoku učinkovitost stroja. Redovne, tjedne provjere dijelova stroja jamče rad bez problema. Tijekom rada u praznom hodu mora se obratiti pažnja na buku u području ležajeva. Važno je promatrati napetost lanca kako bi se osiguralo točno pozicioniranje i siguran rad pokretanih dijelova.

Da bi se postigao učinkovit prijenos snage i uobičajeni vijek trajanja lanca, potrebno je zadržati ispravnu napetost lanca i navedene intervale podmazivanja. Kada se pokreće novi lančani prijenos, njihovo istezanje je posebno snažno. Iz tog razloga se lančani prijenos mora provjeriti i, ako je potrebno, učestalije učvršćivati unutar tog vremena. Nepotrebno snažno zatezanje lanca može negativno utjecati na njegov vijek trajanja.

Pogonske jedinice moraju se održavati prema uputama za održavanje. Kočnice se moraju čistiti svaka 3 mjeseca. Ako se kočioni disk istrošio na debljini od 9 mm ili od 10 mm, kompletan kočni disk treba zamijeniti. Nakon toga, kočnica se mora ponovno prilagoditi.

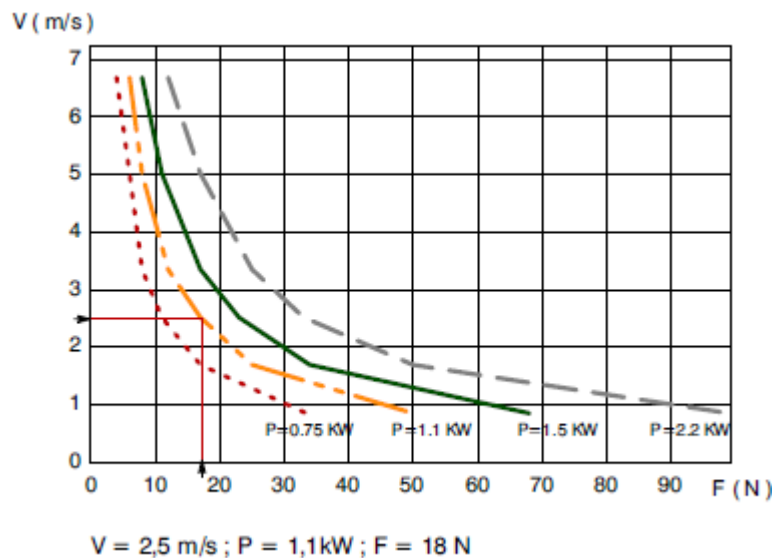
Ispravno zatezanje pogonskog remena od najvećeg je značaja za pravilan prijenos snage i normalan radni vijek remena. Stoga se moraju strogo pridržavati vrijednosti za

dubinu uvlačenja te ispitnog opterećenja F . Za određivanje vrijednosti t_e , dužinu L potrebno je izmjeriti u mm i podijeliti s 50. Primjer: $L = 250$ mm; ovo je $t_e = 250/50$; rezultat $t_e = 5$ mm. Na slici 5.30 prikazano je računanje zatezanja pogonskog remena.



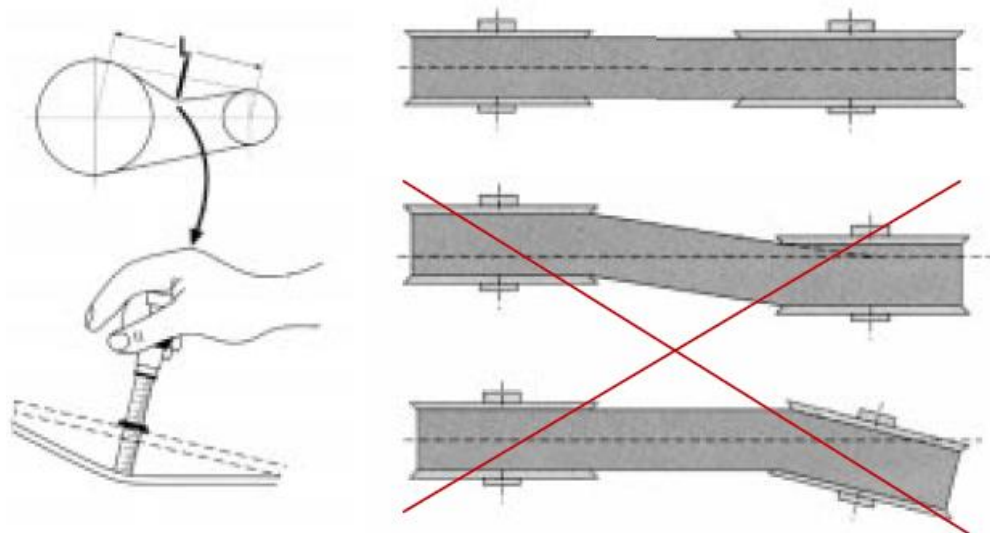
Slika 5.30: Računanje zatezanja pogonskog remena [4]

Ispitno opterećenje F ovisi o brzini V pogonskog remena i o motoru P . Ispitno opterećenje F navedeno je u slici 5.31. Oznaka motora navedena je na tipskoj pločici.



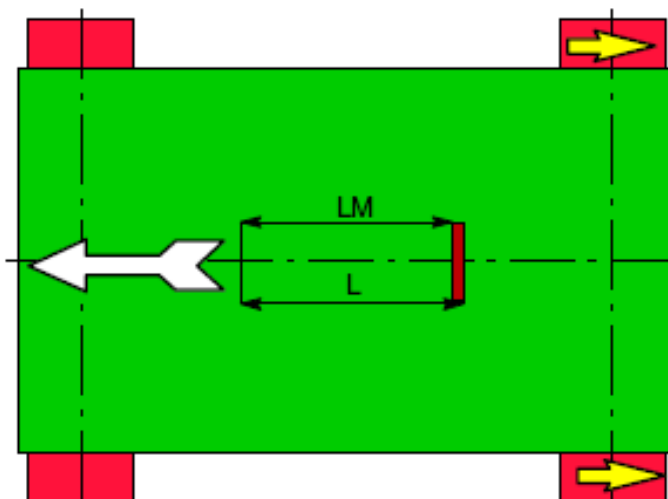
Slika 5.31: Ispitno opterećenje remena [4]

Prilikom zatezanja pogonskih remena treba paziti da su pogonske i gonjene remenice usmjerene i da su osovine međusobno paralelne kako je prikazano na slici 5.32.



Slika 5.32: Zatezanja pogonskih remena [4]

Potrebno je provjeriti zatezanje remena na transportnim trakama. Za prilagođavanje zategnutosti remena transportnih traka potrebno je razlikovati zategnute i oslabljene transportne trake. Kod zategnutih transportnih traka mora se gibati pravilno na remenicama. Pokretanje remena može se ispraviti podešavanjem remenice za zatezanje (zatezanje i labavljenje). Kod oslabljenih transportnih traka potrebno je utvrditi napetost remena te zategnuti transportni trak. Za mjerenje napetosti remena, na sredini oslabljenog transportnog traka treba označiti odjeljak LM (npr. LM = 500 mm) kako je prikazano na slici 5.33. U tu svrhu može se koristiti ljepljiva vrpca. Dimenzija L ne smije prelaziti dimenziju LM za više od 0,3 % (npr. L = 501,5 mm).

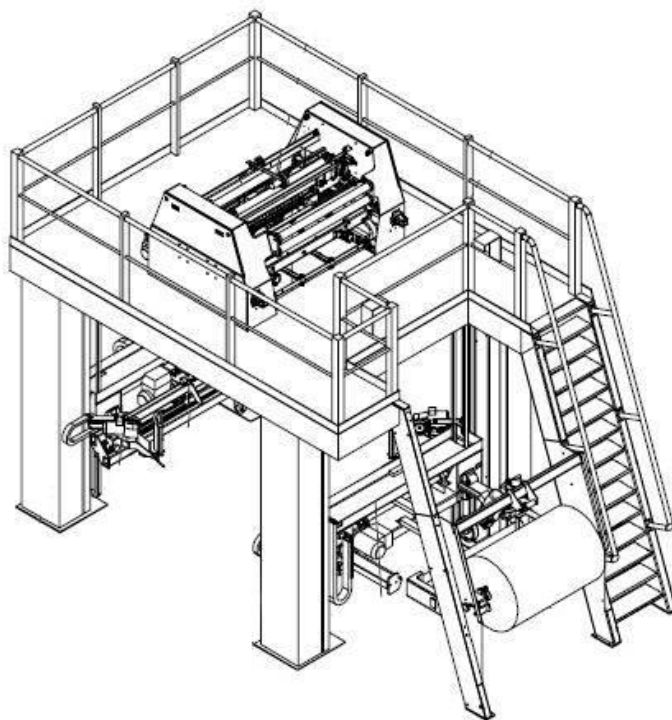


Slika 5.33: Oslabljena transportna traka [4]

Jedinica za pakiranje vreća na paletu prikazana je na slici 5.34. Radi se godišnji opći pregled koji uključuje zamjenu svih dijelova podložnih habanju koje garantiraju visoku učinkovitost stroja.

Redovne, tjedne provjere dijelova stroja jamče rad bez problema. Tijekom rada u praznom hodu mora se obratiti pažnja na buku u području ležajeva. Važno je provjeravati napetost lanca kako bi se osiguralo točno pozicioniranje i siguran rad pokretanih dijelova.

Prilikom provjere brtvene šine treba obratiti pozornost na remen od tkanine na brtvenoj tračnici koji treba zamijeniti nakon 80 radnih sati. Prije njegove zamjene provjeriti grijač trake. Ako se vide udubljenja, pukotine, mehanička oštećenja, potrebno je izmijeniti i grijače. Također se mora zamijeniti silikonska guma između grijača trake i brtve, u slučaju da je neispravna.



Slika 5.34: Jedinica za pakiranje vreća [4]

Važno je na kraju naglasiti da samo ako se primjenjuju odgovarajuća sredstva za podmazivanje i pridržava se period podmazivanja, redovita primjena maziva pridonosi pravilnom radu stroja. To značajno doprinosi postizanju dobrih performansi, smanjenju kvarova i osiguranju adekvatnog radnog vijeka stroja.

5.4 Elektromotori

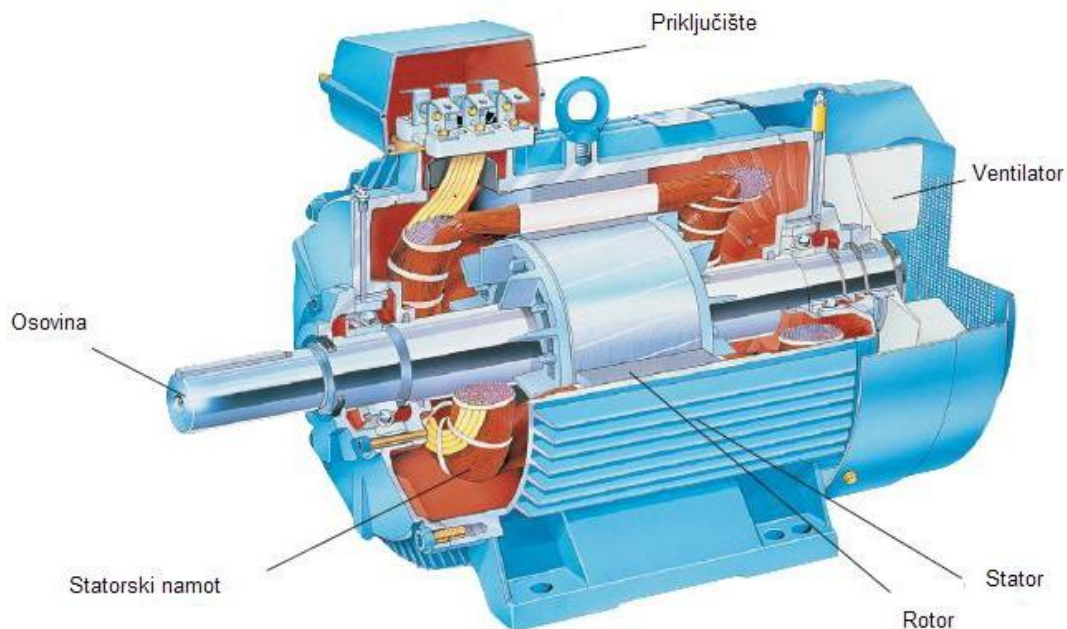
U ovom poglavlju opisan je popravak jednog elektromotora. U elektro radionici provodi se i ispitivanje svih klipnih i rotacijskih strojeva. Ispitivanje i preventivni pregledi elektromotora u Petrokemiji d.d. provode se u skladu s dokumentom "Propisi o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja" i "Propisi o električkim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivnih smjesa". Nakon popravka obavezno je ispitivanje, a rezultati ispitivanja moraju se upisati u list za defekciju elektromotora. Preventivni pregledi vrše se na temelju utvrđenih programa koji određuju koje sve kontrole i ispitivanja treba izvršiti.

U zahtjevu za rad definiraju se potrebna ispitivanja u traženom roku na pojedinim postrojenjima unutar Petrokemije ili naručitelja izvan Petrokemije. Priprema rada dostavlja radni nalog radionici za elektroispitivanja. Inženjer radionice za elektroispitivanja organizira sva potrebna mjerenja i ispitivanja po pogonima u dogovoru sa nadzornicima za elektroopremu ili vanjskim naručiteljem. Nakon izvršenih mjerenja i ispitivanja izrađuje se protokol o svakoj vrsti ispitivanja sa rezultatima ispitivanja. Prilikom obavljanja ispitivanja i mjerenja na električnim instalacijama i uređajima potrebno je pridržavati se osnovnih mjera zaštite od električne struje:

1. Vidljivo odvojiti od napona,
2. Spriječiti ponovno uključanje,
3. Indikatorom provjeriti beznaponsko stanje,
4. Uzemljiti ili kratko spojiti,
5. Ograditi se od dijelova pod naponom.

5.4.1 Opis rada elektromotora

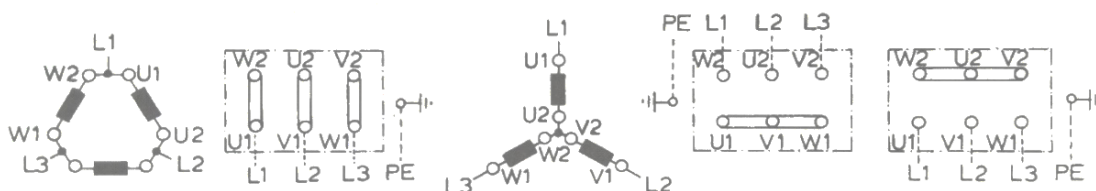
Elektromotor je stroj koji pretvara električnu energiju u mehanički rad. Elektromotori mogu raditi u dva režima rada, kao motor i generator. Postoje dvije osnovne podjele elektromotora, a to su izmjenični (AC) i istosmjerni (DC) motori. Elektromotor se sastoji od rotora, statora, statorskog namota, osovine, ventilatora, a prikazan je na slici 5.35. Princip rada elektromotora zasniva se na elektromagnetskoj indukciji i djelovanju sile na vodič koji je protjecan strujom. Prilikom spajanja motora na mrežu rotor se počinje okretati zbog djelovanja magnetskih silnica koje se pojavljuju kada kroz namote protječe struja.



Slika 5.35: Osnovni dijelovi elektromotora [22]

5.4.2 Održavanje elektromotora

Kada se dogodi kvar na nekom elektromotoru šalje se u elektro radionicu. Prilikom dolaska u elektro radionicu motor ide na ulazno ispitivanje gdje se vrši pregled samog kućišta, mrežica za ulazni zrak, zračnih raspora, osovina, kolektora, četkica i slično. Zatim slijedi elektro ispitivanje gdje se vrši mjerenje izolacijskog otpora svih faza prema masi i između faza te se elektromotor spaja u zvijezdu kao na slici 5.36.



Slika 5.36: Način spajanja elektromotora [4]

Budući da vrijednost izolacijskog otpora veoma ovisi o trajanju mjerenja, za mjerodavnu vrijednost uzima se izolacijski otpor koji se izmjeri 1 minutu nakon priključaka napona na izolaciju. Ispitivanje se provodi u praznom hodu te se povjerava dali zadovoljava sve nazivne vrijednosti. Na slici 5.37 prikazano je ispitivanje Končarovog visoko naponskog elektromotora snage 200 kW.



Slika 5.37: Ispitivanje elektromotora snage 200 kW

Također vodi se evidencija o svakom ispitanom elektromotoru. Kada se ispita otpor izolacije i namota te izmjeri struja praznog hoda vrijednosti se upisuju u protokol ispitivanja elektromotora prikazan na slici 5.38.

D M G		MOTOR		Otpor izolacije (MΩ)	Otpor namota (Ω)	Struja praznog hoda (A)	Ispitivanje povišenim nap. 1,5xU _n - 3 min. (A)	Napomene
26	OG	Pogon NPC-1	kW 0,27	U-V 2000	U-x 29,5	I _{0r} 0,28	I _{0r}	LDE 237/20 <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> Prematanje <input checked="" type="checkbox"/> Pogon
		Item SH 16204	o/min 1300	U-W 820	V-y	I _{0s}	I _{0s}	
		Proiz. ACEC	V Y 400	U-0 2000	W-z	I _{0r} 0,28	I _{0r}	851 362
	2020.	Tip A-711744V-BL	A	V-0 2000				
		Tv.br.	cos φ	W-0 0,2				
		Pogon 9-1	kW 1,5	U-V 2000	U-x 2,1	I _{0r} 95	I _{0r}	LDE 244/20 <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> Prematanje <input checked="" type="checkbox"/> Pogon
		Item CR 35610	o/min 1460	U-W	V-y	I _{0s}	I _{0s}	851 200
		Proiz. SELV	V	U-0	W-z	I _{0r}	I _{0r}	
	2020.	Tip 042 DT 90	A	V-0				
		Tv.br.	cos φ	W-0				
1	7	Pogon V2	kW 110	U-V 2000	U-x 0,39	I _{0r}	I _{0r}	LDE 221/20 <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> Prematanje <input checked="" type="checkbox"/> Pogon
		Item 0742110	o/min 1420	U-W	V-y 0,39	I _{0s}	I _{0s}	
		Proiz. Volicat	V	U-0	W-z 0,39	I _{0r}	I _{0r}	851 200
	2020.	Tip	A	V-0				
		Tv.br.	cos φ	W-0				
		Pogon	kW	U-V	U-x	I _{0r}	I _{0r}	LDE
		Item	o/min	U-W	V-y	I _{0s}	I _{0s}	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> Prematanje <input type="checkbox"/> Pogon
		Proiz.	V	U-0	W-z	I _{0r}	I _{0r}	
	2020.	Tip	A	V-0				
		Tv.br.	cos φ	W-0				

Slika 5.38: Protokol ispitivanja elektromotora

Nakon analize kvara svi kvarovi se pišu u dokument za defektaciju odnosno što je sve potrebno napraviti za popravak stroja. Lista za defektaciju elektromotora nalazi se u prilogu br. 1. Nakon analize svih kvarova stroj se rastavlja te vrši popravak. Najčešći popravci su izmjena ležajeva. Na slici 5.39 nalazi se rastavljeni elektromotor.



Slika 5.39: Rastavljeni elektromotor

Nakon što je popravak gotov motor se šalje na čišćenje, pranje i bojanje. Kod čišćenja upotrebljava se postupak pjskarenja koji uklanja različite vrste nečistoća sa površine stroja kako bi kod bojanja boja što bolje prionula uz podlogu. Obično se svi motori šalju na ponovno bojanje zbog agresivne atmosfere u kojoj rade te se svaki stroj zaštititi sa antikorozivnom zaštitom kako bi mu se produžio radni vijek. Na slici 5.40 prikazan je postupak čišćenja.



Slika 5.40: Postupak čišćenja [23]

Nakon što je sve gotovo motor se ponovno šalje na ispitivanje te se provjerava dali su svi prethodni koraci dobro napravljeni te da li je motor spreman za rad. Prvo se provjerava elektro dio gdje se ponovno ispituje otpor izolacije te se provodi ispitivanje namota motora sa uređajem Baker D12R kako je prikazano na slici 5.41.



Slika 5.41: Ispitivanje namota elektromotora uređajem Baker D12R

Baker D12R prikazan na slici 5.42 je uređaj za ispitivanje otpora, dielektrične čvrstoće i prenapona. Ima mogućnost preciznog testiranja te omogućuju prikupljanje podataka u radioni ili na terenu. Rezultati se mogu ispisati ili pohraniti u memoriju uređaja za kasniju upotrebu. Rezultati ispitivanja do 10 motora mogu se pohraniti, preuzeti, ispisati i učitati u desktop program za upravljanje datotekama i analizu. Test radnog opterećenja pokazuje postoje li neravnoteže između faza zbog razlika u broju okretaja, zajedno s pronalaženjem loših žičnih veza ili kontakata. Test dielektrične čvrstoće koristi se za detekciju grešaka u izolaciji [24].

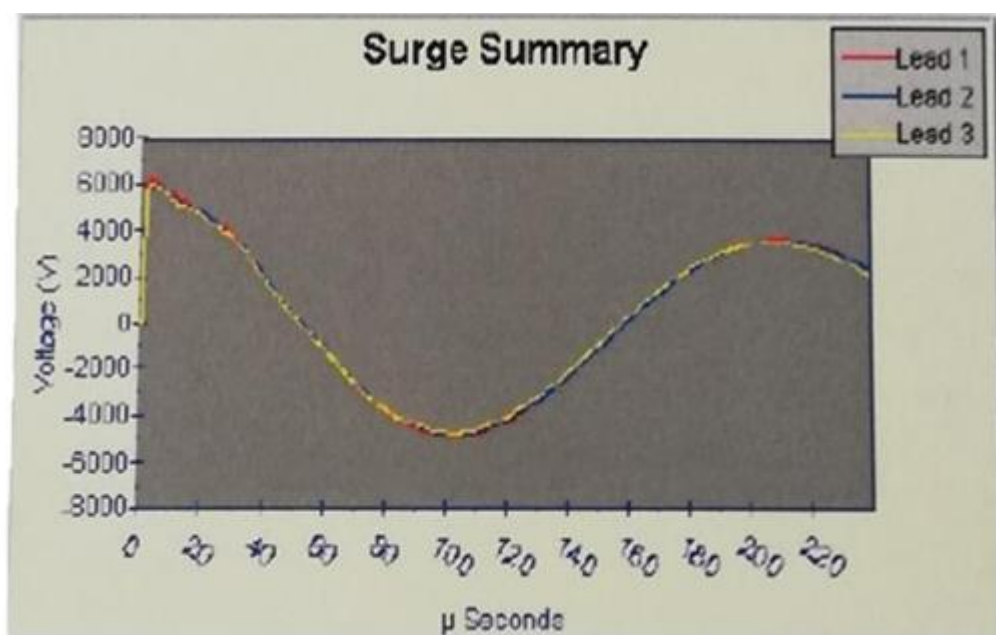


Slika 5.42: Uređaj Baker D12R

Na kraju procesa održavanja elektromotora na slici 5.44 prikazano je odstupanje faza gdje vidimo da je na slici 5.43 elektromotor prošao test odnosno da su odstupanja manja od 5% te je motor spreman za rad.

Lead	Surge Status	Peak Voltage	L-L EAR%
1	PASS	6250	1%
2	PASS	6060	3%
3	PASS	6060	3%

Slika 5.43: Postotak odstupanje faza



Slika 5.44: Grafički prikaz odstupanja faza

Nakon toga slijedi mehanička provjera gdje se motor ponovno pušta u prazni hod te se slušanjem provjerava da li se čuje lupanja ili neki zvukovi koji bi upućivali da stroj nije u ispravnom stanju. Ako se pokaže da stroj upućuje na neku grešku onda ide ponovno na rastavljanje ukoliko se pokaže da stroj zadovoljava sve uvjete tada se stroj odnosno motor smatra ispravnim. Zadnji proces u ispitivanju elektromotora su mjerenje vibracija gdje se provjerava da li su vibracije u dozvoljenim vrijednostima. Ispitivanje se provodi putem uređaja Leonova Diamond za ispitivanje vibracija kako je prikazano na slici 5.45.



Slika 5.45: Mjerenje vibracija

Ukoliko su vibracije veće od dopuštene vrijednosti uređaj nije spreman za pogon. Na kraju potrebno je pismeno evidentirati sve radove kako bi se izbjegle eventualne reklamacije. Na slici 5.46 prikazana je tablica koja sačinjava prikaz vibracija za različite klase strojeva ovisno o snazi i karakteristikama samog stroja. Tablica 5.1 prikazuje detaljan opis svih izmjerenih vibracija na visokonaponskom elektromotoru.

Tablica 5.1: Izmjerene vrijednosti vibracija na elektromotoru [4]

Mjerenje vibracija (mm/s^2) RMS		
	EM 26003	
	Ležaj 1	Ležaj 2
H	0,2	0,3
V	0,4	0,3
A	0,3	0,2

Limits	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V	Class VI	mm/s^2 RMS
71	Red	Red	Red	Red	Red	Red	100
45	Red	Red	Red	Red	Red	Red	50
28	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	20
18	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	10
11	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	5
7,1	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	2,8
4,5	Green	Green	Green	Green	Green	Green	1,8
2,8	Green	Green	Green	Green	Green	Green	1,1
1,8	Green	Green	Green	Green	Green	Green	0,7
1,1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	0,5
0,7	Green	Green	Green	Green	Green	Green	0,3
0,5	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
0,3	Green	Green	Green	Green	Green	Green	

Slika 5.46: Prikaz tablice vibracija za različite klase strojeva [4]

Svaki stroj ima različite dopuštene vibracije koje su prihvatljive za pravilan rad. Prilikom mjerenja vibracija stroj se stavlja u jedan od šest klasa ovisno o snazi i karakteristikama samog stroja:

- Klasa 1: Stroj u normalnoj radnoj okolini (npr. el. motor snage do 15 kW).
- Klasa 2: Strojevi srednje veličine (el. motori 15-75 kW) bez specijalnih temelja, strojevi do 300 kW na specijalnim temeljima.
- Klasa 3: Veliki rotacioni strojevi postavljeni na krutim i masivnim temeljima, koji su relativno “kruti“ u odnosu na vibracije.
- Klasa 4: Veliki rotacioni strojevi smješteni na temeljima, koji su relativno “elastični“ u odnosu na vibracije.
- Klasa 5: Strojevi i mehanički sistemi sa neuravnoteživim inercijskim efektom (određen izmjenjivim dijelovima), postavljeni na temelje koji su relativno “kruti“ u odnosu na vibracije.
- Klasa 6: Strojevi i mehanički sistemi sa neuravnoteživim inercijskim efektom (određen izmjenjivim dijelovima), postavljeni na temelje koji su relativno “elastični“ u odnosu na vibracije, centrifugalni strojevi, vibracijski ekrani, strojevi za testiranje na dinamički zamor...

Na kraju donosi se zaključak da li je motor spreman za rad ili nije, u ovom slučaju motor u testnom radu nakon remonta radi u dozvoljenom nivou vibracija te je spreman za rad u pogonu.

6. ZAKLJUČAK

Strojna oprema podložna je kvarovima zbog njihove uporabe i izloženosti okolišnim uvjetima. Ukoliko se oprema ne održava, kvarovi opremu mogu učiniti nekorisnima. Aspekt održavanja važan je posebno kod strojeva zbog nejednakog uzorka habanja, koji ovisi o velikom broju faktora. Rano otkrivanje problema omogućuje popravke prije nego što se situacija pogorša. Stoga je s vremena na vrijeme potrebno pregledavati, popravljati i obnavljati opremu kako bi se produžio njezin životni vijek. Prije bilo kakvih radova na održavanju opreme potrebno je otvoriti radni nalog. Znanja stečena iz prethodnih održavanja opreme mogu poslužiti da se brže riješi isti ili sličan kvar. Održavanje strojeva uključuje redovito servisiranje opreme, rutinske preglede, popravke i zamjenu istrošenih ili nefunkcionalnih dijelova. Kod strojne opreme održavanje se često izvršava korektivno koje se provodi kada se kvar već dogodio. Kvar strojne opreme često je neočekivan, neplaniran i obično dovodi do naglih popravaka u hitnim slučajevima. Održavanje se može obavljati i proaktivno, kao što je slučaj s preventivnim i investicijskim održavanjem. Preventivno održavanje oslanja se na nadzor opreme radi otkrivanja problema prije nego što dođe do kvara te se tako sprječavaju neželjeni zastoji u proizvodnji. Tako su umanjeni rizici s kojima se radnici suočavaju u popravcima na licu mjesta te su znatno smanjene i nesreće na radnom mjestu. Investicijsko održavanje obuhvaća aktivnosti na produženju funkcionalne sposobnosti opreme i objekata, koji se provode povremeno i zahtijevaju prekid proizvodnje. Treba se pridržavati redovitim provjerama funkcionalnosti rada svih strojeva. U slučaju da se na stroju primijeti bilo kakav nenormalan zvuk ili ponašanje, radnik bi trebao odmah obavijestiti službu za održavanje, tako da se kvar može odmah ispraviti. Svaki od strojeva koji su opisani u radu mora se održavati da bi mogao obavljati funkciju za koju je namijenjen. Ako jedan stroj ne izvrši pravilno svoj zadatak, lako može poremetiti cijeli proces proizvodnje. Kao takav, jedan kvar sustava rezultirat će skupim zastojem dok se problem ne otkrije i ukloni.

7. LITERATURA

- [1] <https://petrokemija.hr/Kompanija/Osnovni-podaci> (dostupno 2.7.2020.)
- [2] <https://petrokemija.hr/Kompanija/Povijest-tvrtke> (dostupno 3.7.2020.)
- [3] <https://petrokemija.hr/Portals/0/tvornica.jpg> (dostupno 3.7.2020.)
- [4] Materijali tvrtke Petrokemija d.d.
- [5] <https://petrokemija.hr/hr-hr/Proizvodi-i-usluge/Gnojiva> (dostupno 5.7.2020.)
- [6] https://petrokemija.hr/Portals/0/Dokumenti_Kompanija/Financije/Nefinancijsko%20izvjesce%202018.pdf?ver=2019-06-29-064313-670 (dostupno 9.7.2020.)
- [7] <https://cdn.acumeninterior.com/img/piel-gnacja-ro-lin/6057545/jak-przechowywanawozy-mineralne.jpg> (dostupno 5.7.2020.)
- [8] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/20/Root_Cause_Analysis_Tree_Diagram.jpg/440px-Root_Cause_Analysis_Tree_Diagram.jpg (dostupno 6.7.2020.)
- [9] <https://www.sologic.com/getattachment/about/root-cause-analysis/5-rca-steps-sologic.png.aspx?lang=en-us> (dostupno 6.7.2020.)
- [10] https://tulip.co/wp-content/uploads/root_analysis_types1.png (dostupno 6.7.2020.)
- [11] <https://online.visual-paradigm.com/repository/images/a63c2ad3-7a98-4fea-b73e-76de2ab4c3fc.png> (dostupno 6.7.2020.)
- [12] Krešimir Petrović, Infracrvena termografija – pravi izbor za redovito održavanje (I. dio) Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/222865>
- [13] Kondić, Živko; Čikić, Ante; Kondić, Veljko: Osnove održavanja mehatroničkih sustava 1, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, 2014.
- [14] Golubić Stjepan. Nastavni materijali Održavanje mehatroničkih sustava, Veleučilište u Bjelovaru, 2019.-2020.
- [15] https://petrokemija.hr/Portals/0/Dokumenti_Kompanija/Petrokemija_HR.pdf?ver=2017-10-10-155008-000 (dostupno 10.7.2020.)
- [16] <https://flsmidth-prod-cdn.azureedge.net/-/media/brochures/brochures-products/material-handling/stacker-and-reclaimer-systems-for-cement-plants.pdf?rev=d6bf3131-6aa8-4049-9777-8fe09fe2490c> (dostupno 14.7.2020.)
- [17] Lucija Cigula, Izrada nacrtu skladišta u proizvodnji mineralnih gnojiva, diplomski rad, 2016.
- [18] <https://image.made-in-china.com/202f0j00ayqETmenZPkL/Slewing-Ring-Bearings-for-Stacker-and-Reclaimer-1797-4250G-.jpg> (dostupno 15.7.2020.)

- [19] http://www.sahesa.com/old/catalogos/haver/ffs_alpha_pm_236_e.pdf (dostupno 19.7.2020.)
- [20] <https://5.imimg.com/data5/GA/VV/MY-9815013/siemens-sinamics-s7-300-plc-500x500.jpg> (dostupno 20.7.2020.)
- [21] <https://pdf.directindustry.com/pdf/beumer-group-gmbh-co-kg/beumer-paletpac-1500/6191-127034.html> (dostupno 22.7.2020.)
- [22] <http://strojnaoprema.hr/elektromotori/> (dostupno 25.7.2020.)
- [23] https://petrokemija.hr/Portals/0/PJ_odrzavanjescreen.pdf (dostupno 30.7.2020.)
- [24] <https://www.yumpu.com/en/document/read/22385589/skf-baker-d12r-d6r-d3r-digital-winding-tester-datasheet> (dostupno 31.7.2020.)

8. OZNAKE I KRATICE

AC – (eng. *Alternating current*) Izmjenična struja

DC – (eng. *Direct current*) Istosmjerna struja

EX - Protueksplozijska zaštita oprema

FMEA – (eng. *Failure Mode and Effect Analysis*) Analiza uzroka i posljedica kvarova

IR – (eng. *Infrared*) Infracrveno

MIRT - Mjerna i regulacijska tehnika

PLC- (eng. *Programmable Logic Controller*) Programirljivi logički kontroler

RCA- (eng. *Root Cause Analysis*) Analiza uzroka korijena

RMS – (eng. *Root mean square*) Jedinica za mjerenje vibracija

U – učinkovitost održavanja

9. SAŽETAK

Naslov: Održavanje strojne opreme u tvrtki Petrokemija d.d. Kutina

Ovim završnim radom opisana je organizacija i djelatnost održavanja u Petrokemiji d.d. Kutina. Opisana je organizacija i djelatnost održavanja kao i neki osnovni podaci u svrhu dobivanja opće predodžbe o organizacijskoj cjelini održavanje.

Petrokemija proizvodi mineralna gnojiva uporabom prirodnih mineralnih sirovina, prirodnog plina, atmosferskog dušika i kisika. Iz ovih sirovina se odgovarajućim tehnološkim postupcima proizvode bazne kemikalije, a potom mineralna gnojiva.

Za svaku radnju održavanja u proizvodnji potrebno je napraviti radni nalog. Za određivanja prioriteta koristi se matrica prioriteta koja pridonosi poboljšavanju komunikacije između održavanja i proizvodnje. Koriste se i drugi alati i metode koji pridonose poboljšanju produktivnosti poput RCA, FMEA, BDA analize.

Petrokemija d.d. Kutina koristi tri načina održavanja opreme a to su preventivno, korektivno te investicijsko održavanje.

Opisana su tri glavna stroja za proizvodnju te njihovo održavanje. To su skreper, stroj koji služi za transport gotove robe koju transportira dalje na pakiranje velikih ili malih vreća. Stroj za pakiranje HAVER FFS DELTA koji pakira gotovu robu u vreće od 25 kg ili 50 kg te ih šalje na stroj za paletizaciju BEUMER 1500. Stroj za paletizaciju slaže vreće na paletu po određenom rasporedu koje se dalje prevoze u kamion uz pomoću viličara. Također u radu opisan je postupak održavanja visokonaponskog elektromotora od detektiranja kvara pa sve do popravka i ponovnog puštanja u funkciju.

Ključne riječi: održavanje, skreper, HAVER FFS DELTA, BEUMER 1500, elektromotori

10. ABSTRACT

Title: Machinery Maintenance at the Company Petrokemija d.d. Kutina

This final paper describes the organization and maintenance activities in Petrokemija d.d. Kutina. Activity and organization of maintenance are described, as well as some basic data which is used to present and explain the scope of organization of maintenance in the company.

Petrokemija Kutina produces mineral fertilizers using natural minerals, natural gas, atmospheric nitrogen and oxygen. By using appropriate technological procedures base chemicals and mineral fertilizers are produced from these raw materials.

During any maintenance work, it is necessary to create a work order. A priority matrix is used to determine priorities, which contributes to the normalization of communication between maintenance and production. Other tools such as RCA, FMEA and BDA analysis also contribute to improve productivity.

Petrokemija d.d. Kutina uses three methods of equipment maintenance, namely preventive, corrective and investment maintenance.

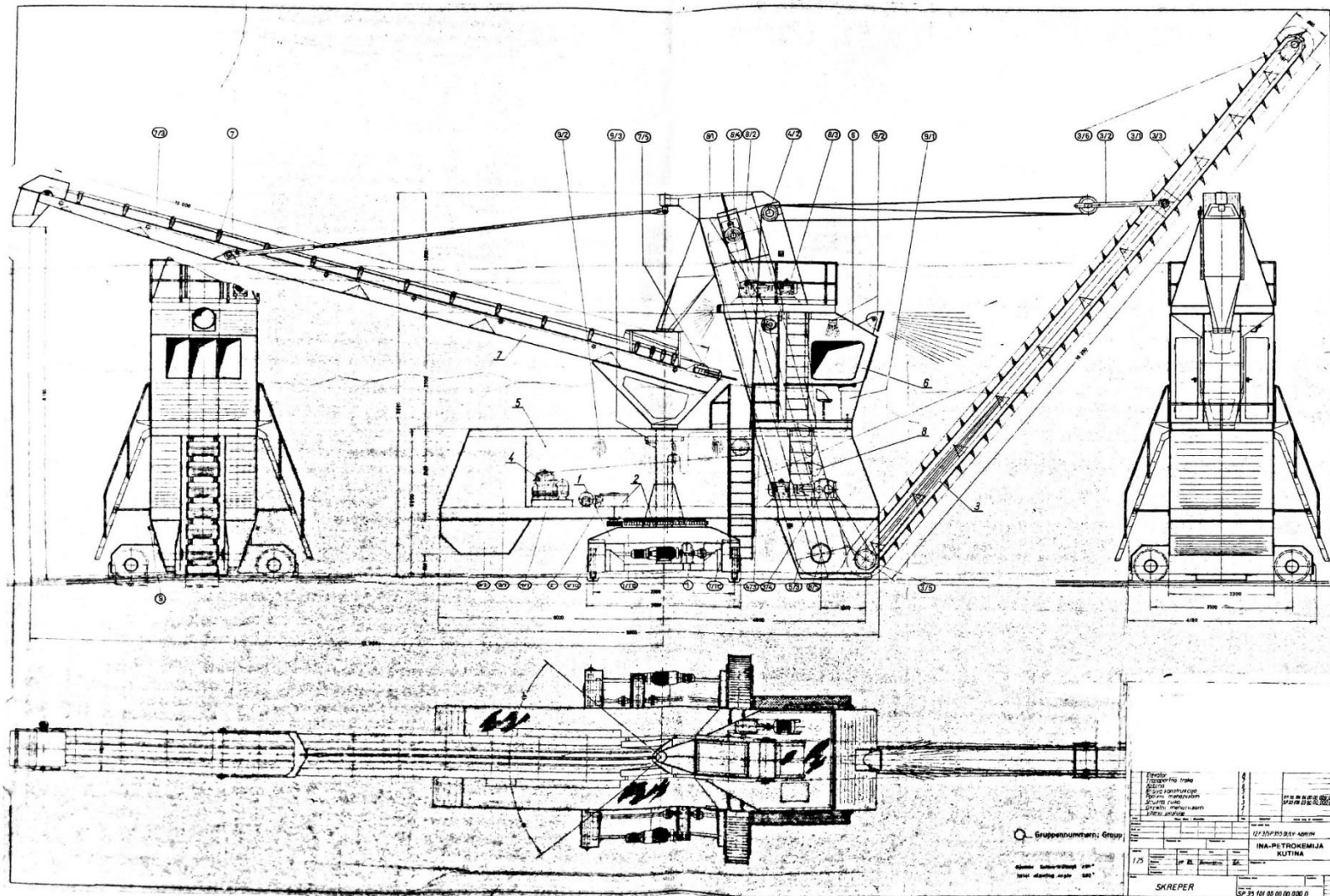
The three described machines and their maintenance processes are the scraper, machine used to transport finished goods to pack large or small bags. The HAVER FFS DELTA packing machine that packs the finished goods in 25 kg or 50 kg bags and sends them to the BEUMER 1500 palletizing machine. The palletizing machine stacks the bags on a pallet according to a specific schedule, which they then transport to the truck using a forklift. The paper also describes the process of maintaining a high-voltage electric motor which includes fault detection, repairs and re-commissioning.

Keywords: maintenance, scraper, HAVER FFS DELTA, BEUMER 1500, electric motors

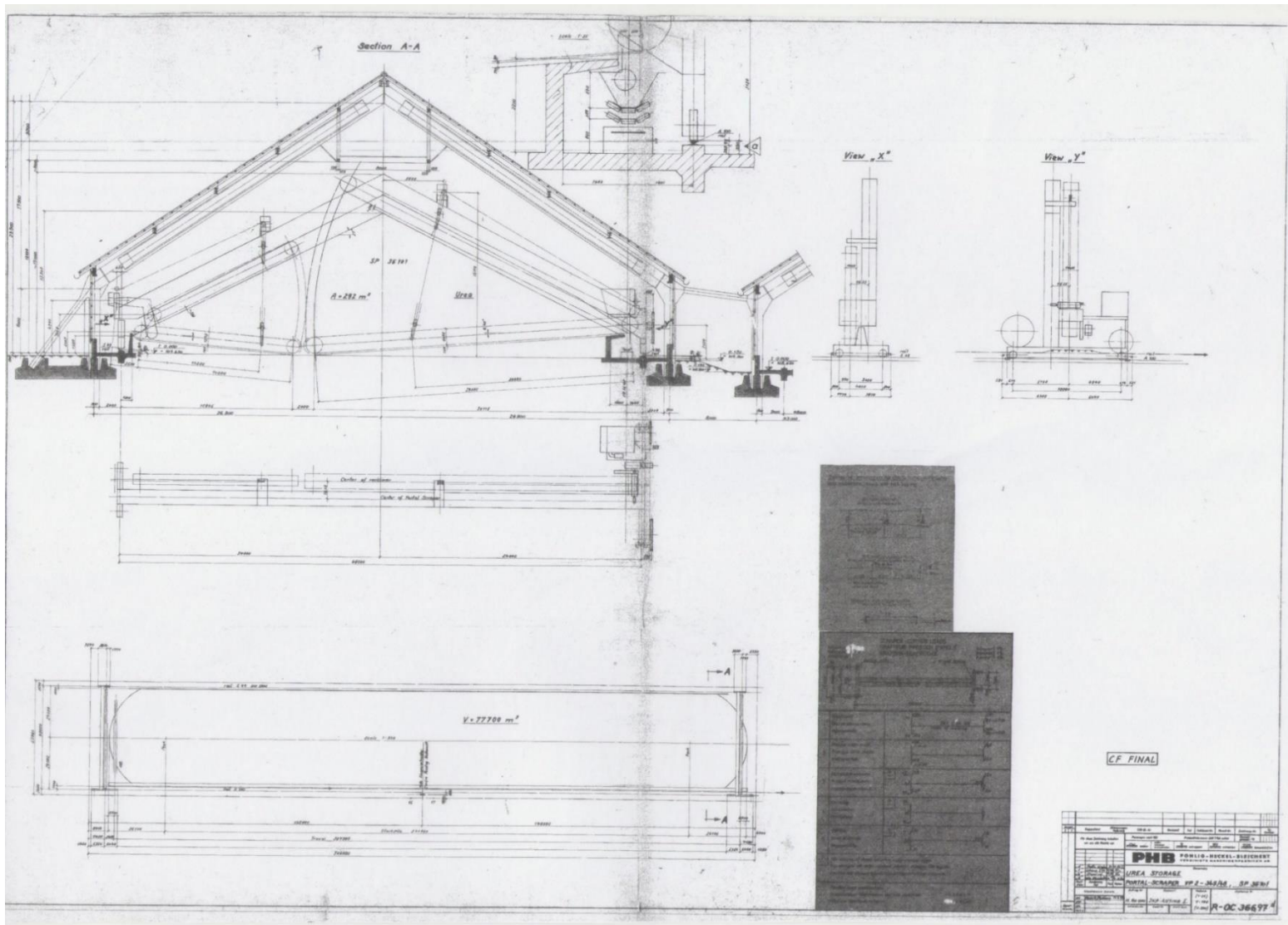
11. PRILOZI

TISAK: PETROKEMIJA d.d. KUTINA Tekuća gnojiva, usluge i servisi		LIST ZA DEFJEKTACIJU ELEKTROMOTORA				Broj: 242/20 Datum: 19.06.20		
KAP/NAK-2		Item: EM 26003	Proizvođač: KONČAR	Tvor. br.: 964895	Snaga: 200 kW Br. okr.: 1500			
RAZLOG UPUĆIVANJA NA POPRAVAK		REKONT EL. MOTORA				Potpis: <i>[Signature]</i>		
POČETNO ISPITIVANJE	U-V=	Y MΩ	U-0=	53,9 MΩ	U-x=	Ω	I _{OR} =	A
	U-W=	MΩ	V-0=	75,7 MΩ	V-y=	Ω	I _{OS} =	A
	V-W=	MΩ	W-0=	78,6 MΩ	W-z=	Ω	I _{OT} =	A
<input type="checkbox"/> sušenje		<input type="checkbox"/> prematanje		<input type="checkbox"/> impregniranje		<input type="checkbox"/> žica		
PRIKLJUČNA KUTIJA	<input type="checkbox"/> poklopac		<input type="checkbox"/> kučište		<input type="checkbox"/> brtva		<input type="checkbox"/> vijak za uzemljenje	
	<input type="checkbox"/> priključna pločica		<input type="checkbox"/> izolator		<input type="checkbox"/> izvodi		<input type="checkbox"/> svornik	
Napomena:								
KAPA VENTILATORA	<input type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> popraviti		VENTILATOR	<input type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> popraviti
LEŽAJNI ŠTIT	<input type="checkbox"/> A-strana		<input type="checkbox"/> B-strana		LEŽAJNI POKLOPCI	<input type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> popraviti
DIMENZIONA KONTROLA	<input checked="" type="checkbox"/>				VIBRACIJE			
LEŽAJEVI	<input checked="" type="checkbox"/> A-strana Tip: <i>NU 322</i>		<input checked="" type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> podmazati			
	<input checked="" type="checkbox"/> B-strana Tip: <i>6322</i>		<input checked="" type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> podmazati			
BRTVENI PRSTEN	<input type="checkbox"/> zamijeniti		Du/Dv/Š: / /		SIGURNOSNI PRSTEN	<input type="checkbox"/> zamijeniti		
MAZALICA	<input type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> popraviti		VRATILO	<input type="checkbox"/> zamijeniti		<input type="checkbox"/> popraviti
STATOR	<input type="checkbox"/> paket limova				<input type="checkbox"/> zamijena kuke za nošenje			
	<input type="checkbox"/> popravak noge za učvršćenje							
ROTOR	<input type="checkbox"/> zamijeniti				<input type="checkbox"/> paket limova			
	<input type="checkbox"/> namot rotora - kavez				<input checked="" type="checkbox"/> balansiranje			
BOJENJE	<input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE		ZAMJENA VIJAKA	<input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE		MOTOR SA SPOJKOM, REMENICOM	<input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE	
PRIMJEDBA: <i>REKONT, 23.6.20 Pod GRUPE - R - 73 Ω, PRETA ± > 2000 Ω, BAKER - K-2</i>								
ISPITIVANJE PRIJE MONTAŽE	U-V=	MΩ	U-0=	MΩ	U-x=	Ω	Ispitivanje izvršio:	
	U-W=	MΩ	V-0=	MΩ	V-y=	Ω		
	V-W=	MΩ	W-0=	MΩ	W-z=	Ω		
ZAVRŠNO ISPITIVANJE	U-V=	Y MΩ	U-0=	53,9 MΩ	U-x=	Ω	I _{OR} =	4,4 A
	U-W=	MΩ	V-0=	75,7 MΩ	V-y=	Ω	I _{OS} =	4,5 A 800 V
	V-W=	MΩ	W-0=	78,6 MΩ	W-z=	Ω	I _{OT} =	4,6 A
Radni naloz:	Defektaciju izvršio: <i>[Signature]</i>		Radove izvršio: <i>[Signature]</i>		Ispitivanje izvršio: <i>[Signature]</i>			
851 646	Defektaciju ovjerio: <i>[Signature]</i>		Radove ovjerio: <i>[Signature]</i>		Ispitivanje ovjerio: <i>[Signature]</i>			

Prilog 1: List za defektaciju elektromotora



Prilog 2: Skreper kopač



Prilog 3: Portalni skreper

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>28. 08. 2020.</u>	DARIJO PLEVNIK	<i>Darijo Plevnik</i>

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

DARIJO PLEVNIK

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, 28. 08. 2020.

Darijo Plevnik
potpis studenta/ice