

# Prikaz i analiza tehnološkog procesa montaže kućišta i aktivnog dijela mjernog transformatora

---

**Hudin, Kristina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:556023>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Kristina Hudin**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Tihomir Opetuk, mag. ing.

Student:

Kristina Hudin

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Tihomiru Opetuku na stručnoj pomoći i savjetima, te prenesenom znanju tijekom izrade ovog završnog rada.

Također se zahvaljujem djelatnicima poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori d.d., na dopuštenom uvidu u tehničku i poslovnu dokumentaciju te pristupačnosti svih. Posebno se zahvaljujem tehničkom direktoru Igoru Žigeru na pruženoj prilici te rukovoditelju Odjela tehnologije, Ivanu Janjišu, na velikoj pomoći i raspolaganju.

Konačno, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju i pruženoj podršci u svakome trenutku dosadašnjeg studiranja.

Kristina Hudin



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Kristina Hudin** JMBAG: **0035224705**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Prikaz i analiza tehnološkog procesa montaže kućišta i aktivnog dijela mjernog transformatora**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Review and analysis of the technological process of assembling the housing and the active part of the instrument transformer**

### Opis zadatka:

Projektiranje tehnoloških procesa predstavlja dio proizvodnoga sustava, odnosno određuje redosljed tehnoloških operacija za izradu proizvoda. Pomoću njega određuju se normativi i komadno vrijeme izrade proizvoda. Kao takvo, ono predstavlja dio ukupnog vremena izrade koje uzima u obzir još i vremena potrebna za transport, kontrolu, zastoje i međuskladištenje. Područje Studija rada i vremena koristi se za snimanje proizvodnog procesa u poduzeću, odnosno snimanje potrebnih vremena za izradu nekog proizvoda. Dobiveni podaci predstavljaju podlogu za analiziranje i definiranje mogućih poboljšanja.

U radu je potrebno:

- Opisati odabrano poduzeće (djelatnost, lokacija, organizacijska i kadrovska struktura i proizvodni program).
- Napraviti i prikazati raspored proizvodne linije za izradu mjernih transformatora (raspoloživi strojevi, raspored strojeva, radna mjesta i skladišne i međuskladišne lokacije).
- Za odabrani reprezentant definirati tehnološki proces montaže kućišta i aktivnog dijela - utop (redosljed operacija, vremena izrade, kapacitete, uska grla i rokove izrade).
- Napraviti analizu tehnoloških vremena i ukupnog vremena izrade promatranog dijela (utop) tehnološkog procesa i na temelju rezultata predložiti i razraditi prijedloge unapređenja.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.  
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.  
3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. - 3. 3. 2023.  
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.  
3. rok: 25. 9. - 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Tihomir Opetuk

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
POPIS MJERNIH JEDINICA.....	VI
POPIS KRATICA .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD.....	1
2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA .....	2
2.1. Općenito o procesu.....	2
2.2. Tehnološki i proizvodni proces.....	2
2.3. Opći principi projektiranja tehnološkoga procesa .....	3
2.3.1. Svrha i značenje projektiranja tehnološkoga procesa .....	3
2.3.2. Sadržaj projektiranoga tehnološkoga procesa.....	5
3. STUDIJ RADA I VREMENA .....	9
3.1. Studij rada .....	9
3.2. Studij i analiza vremena .....	9
3.2.1. Pripremno-završno vrijeme.....	10
3.2.2. Tehnološko vrijeme .....	11
3.2.3. Pomoćno vrijeme .....	11
3.2.4. Dodatno vrijeme.....	11
4. PROIZVODNI PROCES I PROIZVODNI SUSTAV .....	12
4.1. Općenito o proizvodnom procesu .....	12
4.2. Općenito o proizvodnom sustavu.....	13
4.3. Ulazne i izlazne veličine proizvodnoga sustava .....	14
4.4. Ciklusi proizvodnje .....	15
4.4.1. Vrste ciklusa proizvodnje.....	16
4.4.2. Koeficijent protoka i međuoperacijski zastoji .....	16
5. PODUZEĆE KONČAR – MJERNI TRANSFORMATORI (KMT).....	18
5.1. Djelatnost poduzeća .....	18
5.1.1. Profil poduzeća i suradnja.....	18
5.1.2. Povijest i tradicija .....	19
5.2. Lokacija poduzeća.....	19
5.3. Organizacijska struktura poduzeća .....	20
5.4. Kvaliteta i odgovornost, informacijski sustavi .....	21
5.5. Proizvodni program i procesi .....	22
5.5.1. Općenito o mjernim transformatorima.....	22
5.5.2. Podjela mjernih transformatora.....	22

---

5.5.3. Tip AGU .....	24
5.6. Tehnološki layout.....	27
6. FAZE PROCESA MONTAŽE („UTOPA“) MJERNIH TRANSFORMATORA TIPA AGU .....	31
6.1. Proizvodne faze važne prije procesa „utopa“ .....	31
6.2. Faze procesa „utopa“ .....	32
7. PRAĆENJE VREMENA TRAJANJA „UTOPA“ .....	39
7.1. Proizvodni zapisi praćenja vremena trajanja „utopa“ .....	39
7.2. Mjerenje vremena trajanja izvođenja faza „utopa“ .....	41
7.3. Usporedba procijenjenog i stvarnog vremena trajanja procesa montaže („utopa“) ...	46
8. EVALUACIJA I PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROCESA MONTAŽE („UTOPA“).	47
9. ZAKLJUČAK.....	50
LITERATURA.....	51

## POPIS SLIKA

Slika 1. Mjesto i značenje projektiranja tehnološkoga procesa u pripremi i vođenju proizvodnje i poslovanja [1].....	4
Slika 2. Opći tok rada na projektiranju tehnološkoga procesa [1] .....	7
Slika 3. Tok rada pri razradi tehnološke operacije [1] .....	8
Slika 4. Shematski prikaz zbivanja u proizvodnom sustavu [1] .....	12
Slika 5. Ulazne i izlazne veličine proizvodnoga sustava [5].....	15
Slika 6. Vanjski izgled poduzeća KONČAR - Mjerni transformatori [7].....	18
Slika 7. Lokacija poduzeća KONČAR - Mjerni transformatori [7].....	20
Slika 8. Organizacijska struktura poduzeća [8].....	21
Slika 9. Organizacijska struktura tehničkog ureda [8] .....	21
Slika 10. Mjerni transformator tipa VCU [7] .....	23
Slika 11. Mjerni transformator tipa VAU [7].....	24
Slika 12. Mjerni transformator tipa AGU [7].....	25
Slika 13. Prikaz dijelova mjernog transformatora tipa AGU [7] .....	26
Slika 14. Tlocrt pogona poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori [11].....	28
Slika 15. Tok dijelova i materijala potrebnih za montažu mjernog transformatora [11] .....	29
Slika 16. Tlocrt montažne hale poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori [11] .....	30
Slika 17. Grupirani potrebni dijelovi na paleti .....	32
Slika 18. Mjerni transformator AGU-420 rastavljen na dijelove [12] .....	33
Slika 19. Kompletirano kućište [12] .....	34
Slika 20. Izolator montiran na kućište [12] .....	34
Slika 21. Ulaganje aktivnog dijela u izolator [12] .....	35
Slika 22. Aktivni dio u izolatoru [12] .....	35
Slika 23. Sklop "glava-vrat" [12] .....	36
Slika 24. Montiran primarni priključak [12] .....	36
Slika 25. Montirana membrana [12] .....	37
Slika 26. Montiran mjerni transformator AGU-420 [12].....	38
Slika 27. Proizvodni zapis praćenja vremena trajanja "utopa" [13].....	40
Slika 28. Izdvojeni podaci o praćenju vremena trajanja "utopa" [14].....	41
Slika 29. Grafikon faze kompletiranja kućišta .....	43
Slika 30. Grafikon faze ulaganja i pričvršćivanja aktivnog dijela .....	44
Slika 31. Grafikon faze montiranja sklopa "glava-vrat" .....	44
Slika 32. Grafikon faze montiranja primarnog priključka .....	45
Slika 33. Grafikon faze montiranja membrane .....	45
Slika 34. Usporedba procijenjenog i stvarnog vremena trajanja procesa montaže ("utopa").	46
Slika 35. Sušenje aktivnog dijela u peći.....	48
Slika 36. Ulaganje aktivnog dijela u izolator .....	49



## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Podaci dobiveni kao rezultat mjerenja vremena trajanja izvođenja faza „utopa“ ... 42

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
$n$	komad	Broj komada
$t_d$	s	Dodatno vrijeme
$t_N$	h	Ukupno vrijeme trajanja određene operacije
$t_p$	s	Pomoćno vrijeme
$t_{pz}$	s, h	Pripremno-završno vrijeme (određene operacije)
$t_t$	s	Tehnološko vrijeme
$t_l$	h	Tehnološko vrijeme određene operacije

## **POPIS MJERNIH JEDINICA**

<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Opis</b>
<b>V</b>	Volt
<b>kV</b>	Kilovolt
<b>A</b>	Amper
<b>°C</b>	Stupanj Celzijev

## **POPIS KRATICA**

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
<b>ISO</b>	Međunarodna norma
<b>ERP</b>	Enterprise resource planning

## **SAŽETAK**

Projektiranje tehnoloških procesa od ključne je važnosti za poslovanje poduzeća. U današnjem suvremenom svijetu brzih promjena, važno je imati učinkovitu i fleksibilnu proizvodnju. Stoga, projektiranje tehnoloških procesa predstavlja određen izazov, te je i dalje kompleksan zadatak koji zahtijeva mnogo vremena i uzima u obzir različite čimbenike.

U ovome radu predstavljen je primjer praćenja i evaluacije vremena trajanja procesa montaže mjernog transformatora, u suradnji s poduzećem KONČAR – Mjerni transformatori d.d. Proces montaže predstavlja veliku važnost za samu kvalitetu mjernih transformatora. Predstavljeno je poduzeće te njihov proizvodni program. Objašnjena je važnost mjernih transformatora i njihova podjela. Opisane su faze procesa montaže te je analizirano vrijeme trajanja izvođenja pojedinih faza. Rezultati analize doprinijet će poboljšanju procesa, uz povećanje produktivnosti i kvalitete.

Ključne riječi: projektiranje tehnoloških procesa, mjerni transformator, montaža, analiza vremena.

## **SUMMARY**

Technological processes planning is of key importance for the company business. In today's modern world of rapid changes, it is important to have efficient and flexible production. Therefore, technological processes planning presents a certain challenge, and is still a complex task that requires a lot of time and takes into account various factors.

This thesis presents an example of monitoring and evaluating the duration of the assembly process of instrument transformer, in cooperation with the company KONČAR – Instrument Transformers Inc. The assembly process is very important for the quality of instrument transformers. The company and their production program were presented. The importance of instrument transformers and their division is explained. The stages of the assembly process were described and the time duration of the stages was analysed. The results of the analysis will contribute to process improvement, while increasing productivity and quality.

Key words: technological processes planning, instrument transformer, assembly, time analysis.

## **1. UVOD**

Projektiranje tehnoloških procesa omogućuje poduzećima efikasniju proizvodnju. Za proizvodnju važna je implementacija procesa koji u najvećoj mjeri donose vrijednost proizvodu ili usluzi. Cilj poboljšanja svakog procesa je eliminacija gubitaka i aktivnosti koje ne dodaju vrijednost konačnome proizvodu ili usluzi. Bitno je kontinuirano promatrati proces kako bi se prepoznala potencijalna područja za poboljšanje samih operacija. To je i cilj ovoga rada. Promatra se proces montaže mjernih transformatora. Precizna i učinkovita proizvodnja mjernih transformatora ključna je za osiguranje pouzdanosti i sigurnosti elektroenergetskog sustava. Praćenje i evaluacija vremena važan je aspekt upravljanja proizvodnjom. Pruža bitne informacije o učinkovitosti i produktivnosti proizvodnoga procesa. Snimanje vremena trajanja određenih faza montaže pomaže pri identifikaciji problema i zastoja u proizvodnji te omogućava lakšu optimizaciju rada. Također pomaže poduzećima pri ostvarenju glavnog cilja, a to je ostvarenje veće produktivnosti uz niže troškove. Utječe i na zadovoljstvo kupaca. Praćenje vremena trajanja procesa direktno utječe na preciznije određivanje rokova isporuke. Stoga, od ključne je važnosti snimiti postojeće stanje kako bi se donijeli prijedlozi poboljšanja procesa. Jednom donesene prijedloge poboljšanja nije lako implementirati u postojeću, uhodanu proizvodnju. Potrebna je ustrajnost i vrijeme.

## 2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

### 2.1. Općenito o procesu

Proces je skup zbivanja koja se događaju na određenom objektu, mijenjajući pritom neka njegova svojstva. [1] To je definicija koja vrijedi općenito, neovisno o karakteru objekta i vrsti uzrokovanih promjena. [1] Ono što je, osim objekta na kojem se proces odvija, nužno za odvijanje samog procesa jest:

- Sustav u kojem se proces zbiva.
- Energija pomoću koje će se obaviti rad.
- Informacije pomoću kojih će proces biti upravljan prema željenom rezultatu. [1]

### 2.2. Tehnološki i proizvodni proces

Važno je razlikovati tehnološki od proizvodnoga procesa.

Tehnološki proces predstavlja izvor svih podataka za pripremu i vođenje proizvodnoga procesa, čime su uvelike predodređeni i kvaliteta proizvoda, proizvodnost rada i ekonomičnost proizvodnje. [1]

Dakle, tehnološki proces određuje način i redoslijed izvođenja proizvodnih operacija i kontrole kakvoće, dok je proizvodni proces rješenje tehnološkoga procesa u prostoru i vremenu. [2]

Temeljna jedinica tehnološkoga procesa je operacija. Organizacijski promatrano, operacija je skup svih zahvata (zbivanja) koji se obavljaju na jednome radnome mjestu uz jedno pripremanje toga radnoga mjesta za njihovo obavljanje. [1]

Stezanje je dio operacije u kojem je predmet obrade jednom stegnut u stegu koja ga pridržava za vrijeme izvođenja obrade. Pritom se može događati promjena položaja predmeta obrade u odnosu na alat ili opremu pomoću koje se izvodi obrada, ali se ne smije u tijeku jednoga stezanja otpuštati predmet obrade. [1]

Položaj je dio stezanja u kojem predmet obrade zadržava stalan položaj u odnosu na kretanje alata kojim se izvodi obrada. [1]

Zahvat je elementarni dio operacije koji još uvijek zadržava sva njezina obilježja. Obuhvaća dio operacije koji se izvodi jednim alatom uz konstantni režim obrade. Odnosi se na jednu elementarnu površnu obrađivanoga predmeta. [1]



Prolaz je dio zahvata koji označuje jedan kontakt alata i predmeta obrade bez prekidanja dodira alata i predmeta. [1]

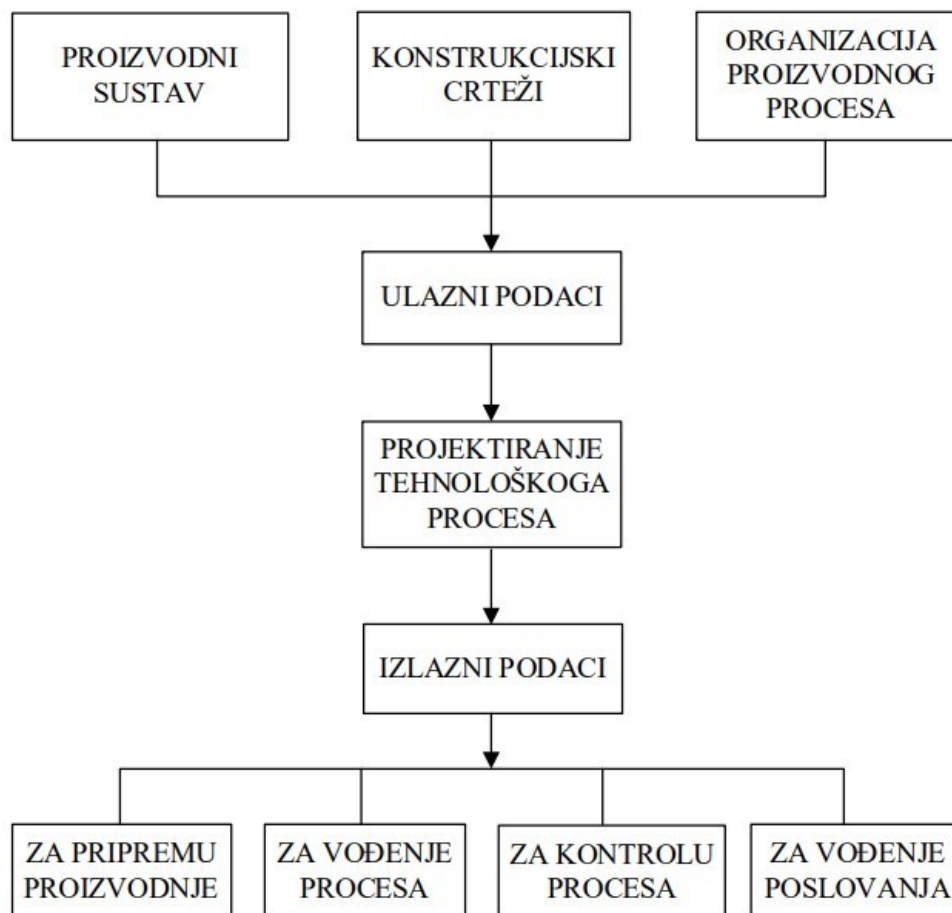
## **2.3. Opći principi projektiranja tehnološkoga procesa**

### **2.3.1. Svrha i značenje projektiranja tehnološkoga procesa**

Organizaciji posla na projektiranju tehnoloških procesa za nove proizvode mora se posvetiti znatna pažnja jer ekonomski rezultati poslovanja u velikoj mjeri ovise o kvaliteti projektiranih tehnoloških procesa. [1]

Projektiranje tehnoloških procesa zapravo znači pretvaranje podataka iz crteža u podatke za pripremanje i vođenje proizvodnoga procesa, vodeći računa o stvarnome proizvodnom sustavu u kojem se taj proces izvodi i o stvarnoj organizaciji proizvodnje koja postoji u tome sustavu. [1] Shema za ilustraciju navedenog prikazana je na slici 1.

Projektant tehnoloških procesa detaljno definira proces koji transformira pripremak (početnu sirovinu) u oblik traženih svojstava i dimenzija. Oblik definiran od strane konstruktora izražen je tehničkim crtežom, geometrijskim dimenzijama i tolerancijama. Promišljanja projektanta tehnoloških procesa ograničena su definiranim tehničkim crtežom. [3]



**Slika 1. Mjesto i značenje projektiranja tehnološkoga procesa u pripremi i vođenju proizvodnje i poslovanja [1]**

Kako bi se moglo optimalno projektirati tehnološki proces, potrebno je poznavati određene parametre prije projektiranja procesa. Ti su parametri konstrukcijska dokumentacija, veličina serije i ukupna količina proizvodnje.

Konstrukcijski crtež mora pružiti sve podatke o proizvodu koji treba biti rezultat procesa. Kada je riječ o strojnim dijelovima ti podaci obuhvaćaju:

- Vrstu i kvalitetu materijala od kojeg će biti izrađen proizvod.
- Opću konfiguraciju dijela (elementarne površine koje ga oblikuju te međusobne položaje tih elementarnih površina).
- Potpunu definiciju svake elementarne površine (oblik, dimenzije, zahtijevana točnost oblika i dimenzija, kvaliteta površine, posebne značajke površinskoga sloja, zahtijevana tvrdoća površinskoga sloja materijala). [1]

Proizvodni sustav predodređuje uvjete u kojima će se proces odvijati, a relevantni podaci o tom sustavu (za potrebe projektiranja tehnološkoga procesa) su:

- Podaci o mikroklimi u proizvodnome prostoru.
- Podaci o proizvodnoj opremi.
- Podaci o radnicima u proizvodnji. [1]

Organizacija određuje niz dopunskih podataka nužnih za projektiranje tehnološkoga procesa:

- Predvidiva ukupna količina proizvoda.
- Planirana veličina serije.
- Materijali predviđeni tvorničkim standardima.
- Alati predviđeni tvorničkim standardima.
- Standardni režimi rada.
- Standardni elementi vremena izrade.
- Standardni dodaci za obradu. [1]

Ukupni sustav podataka koji služi kao ulazni podaci za projektiranje tehnološkoga procesa moguće je odrediti i po drugome kriteriju:

- Podaci koji su vezani uz proizvod i određuju se svaki put kada se prihvaća novi proizvod (konstrukcijski crtež, podatak o ukupnoj količini proizvoda, podatak o veličini serije).
- Podaci koji su vezani uz proizvodni sustav i organizaciju i koji moraju biti kontinuirano održavani u skladu s promjenama koje nastaju u proizvodnom sustavu i organizaciji (proizvodna oprema, mikroklima, podaci određeni tvorničkim standardima). [1]

Promjene vezane uz proizvod proizlaze iz rezultata analize tržišta i razvoja proizvoda, a promjene vezane uz proizvodni sustav i organizaciju proizvodnje proizlaze iz njihova usavršavanja. [1]

### **2.3.2. Sadržaj projektiranoga tehnološkoga procesa**

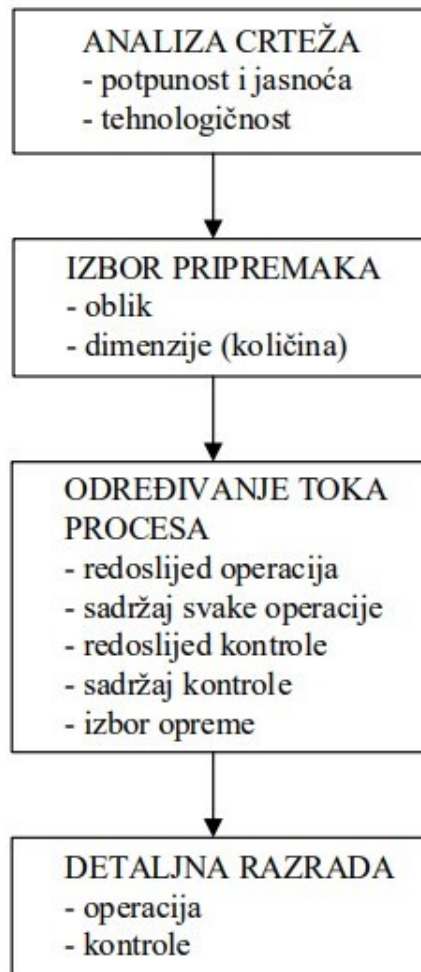
Prije pristupanja samome projektiranju tehnološkoga procesa nužno je provesti analizu konstrukcijskih crteža radi provjere nalaze li se na crtežima svi podaci koji određuju proizvod, te jesu li ti podaci dani u jasnom obliku. [1]

Podaci koje mora sadržavati projektirani tehnološki proces podloga su za pripremanje i vođenje proizvodnje, a moguće ih je podijeliti u tri grupe:

- Podaci o materijalu (sirovini).
- Podaci o općem toku procesa.
- Podaci o detaljima u svakomu pojedinom događaju u procesu. [1]

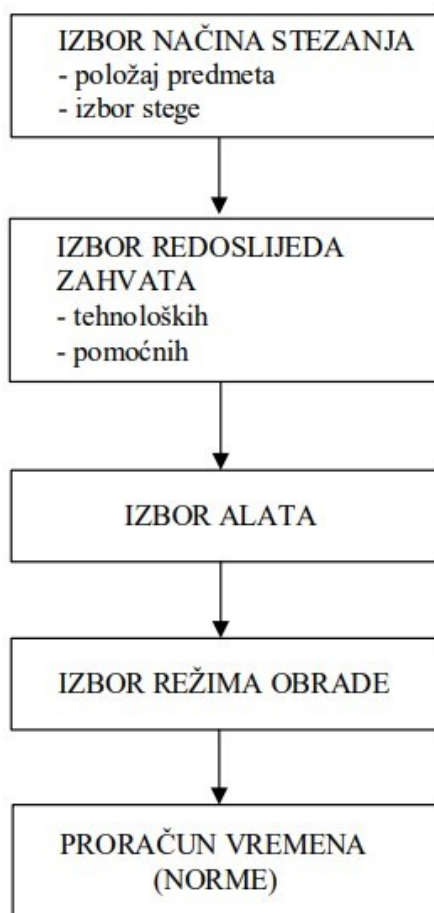
Podaci o materijalu djelomično su određeni konstrukcijskim crtežima. Konstruktor odabire materijal u ovisnosti o funkciji koju dotični dio obavlja. Na temelju potrebnih svojstava materijala, koja osiguravaju ispravno obavljanje predviđene funkcije, konstruktor odabire vrstu i kvalitetu materijala. Kako bi materijal bio definiran potrebno je još odrediti oblik sirovog materijala (otkivak, šipka i sl.) te dimenzije materijala. Ove podatke određuje tehnolog pri projektiranju tehnološkoga procesa jer su oni posljedica odabrane varijante tehnološkoga procesa i odabranih dodataka materijala potrebnih za obradu. [1]

Opći tok tehnološkoga procesa određuje redoslijed svih aktivnih događaja koje obuhvaća tehnološki proces, zadatak pojedine aktivnosti (sadržaj) i mjesto izvođenja aktivnosti (radno mjesto u proizvodnji). S obzirom na to da je svrha tehnološkoga procesa pretvorba sirovine u proizvod, a to se postiže isključivo tehnološkim operacijama, najveća se pažnja posvećuje upravo određivanju tehnoloških operacija. [1] Kontrola kao aktivnost dodaje se kod onih operacija gdje je to bitno za ispravno upravljanje procesom. Aktivnosti transporta prepoznaju se iz samog toka aktivnosti operacija i kontrola. Naznačuju se iznimno u projektiranome tehnološkom procesu. Potreba transporta proizlazi iz činjenice da se dva uzastopna događaja kontrole ili operacija odvijaju na različitim mjestima, a način obavljanja transporta određen je projektiranim proizvodnim procesom. [1] Opći je tok projektiranja tehnološkoga procesa prikazan u shemi na slici 2.



**Slika 2. Opći tok rada na projektiranju tehnološkoga procesa [1]**

Podaci o detaljima u pojedinim događajima procesa određuju se za svaku tehnološku operaciju i svaki događaj kontrole. Tim se podacima određuje tok izvođenja operacije, uvjeti pod kojima se izvode pojedini zahvati (režimi rada), sva pomagala koja se koriste u izvođenju operacije te potrebno vrijeme za obavljanje operacije. Kod događaja kontrole određuje se što i čime treba kontrolirati te koliko je potrebno vrijeme za obavljanje kontrole. [1] Postupak razrade tehnološke operacije prikazan je u shemi na slici 3.



Slika 3. Tok rada pri razradi tehnološke operacije [1]

### 3. STUDIJ RADA I VREMENA

Oduvijek su se pri radu tražila bolja rješenja za tehnologiju izvođenja rada, kao i bolji alati, odnosno uvjeti prilikom izvođenja rada. Uz to bilo je nužno određivanje vremena izvođenja toga rada, tj. spoznaja koliko je vremena potrebno za izvođenje nekoga rada. [1]

#### 3.1. Studij rada

Znanstvena disciplina *Studij rada* ima zadatak znanstvenim metodama, logičnim, cjelovitim i sustavnim analizama nekoga rada osigurati:

- Optimalno oblikovanje tehnologije rada prilagodbom radnoga mjesta, metoda i uvjeta rada čovjeku.
- Realno potrebno vrijeme izrade te ispravno izračunatu normu, koja mora biti shvaćena kao organizacijsko mjerilo humano oblikovanog rada. [4]

Zbog toga ta znanstvena disciplina obuhvaća:

- *Studij i analizu vremena*, kojim se, u ovisnosti o metodama, sredstvima i radnim uvjetima, utvrđuje potrebno vrijeme za pravilno izvršavanje postavljenih zadataka, uzimajući u obzir stabilizirane radne uvjete te uvježbanost, normalno zalaganje i umor izvršitelja rada.
- *Pojednostavljenje rada*, čijim se metodama pojednostavnjuje, unaprjeđuje te olakšava rad onoga koji ga izvodi. [4]

#### 3.2. Studij i analiza vremena

Cjeloviti podatak o tome koliko je vremena potrebno za izvođenje neke operacije naziva se normom. Jedinica kojom se norma izražava jest vrijeme. Normu određuje tehnolog prilikom projektiranja tehnološkoga procesa. Definiira se kao vrijeme koje je potrebno prosječno uvježbanom i određeno kvalificiranom radniku da u normalnim uvjetima, s propisanim sredstvima rada, na točno određeni način i uz normalno zalaganje i umor, obavi posve određeni posao. Radnika se ne smije poticati na premašivanje određene norme, već ga treba poticati na ispunjavanje tehnološkim procesom određene norme uz dopušteno slučajno odstupanje. [4]

Ukupno vrijeme rada koje je potrebno da bi se izveo neki posao zadan radnim nalogom sastoji se od ovih elemenata:

- Pripremno-završno vrijeme ( $t_{pz}$ ) koje je potrebno za pripremu radnoga mjesta za neki posao, te uređenje toga mjesta nakon rada.
- Tehnološko vrijeme ( $t_t$ ) koje označuje ono vrijeme koje je potrebno za izvršavanje nekog efektivnog rada, odnosno kada se događa promjena oblika, dimenzije ili strukture materijala, bez obzira na to obavlja li se rad ručno ili pomoću stroja.
- Pomoćno vrijeme ( $t_p$ ) koje je potrebno za obavljanje pomoćnih poslova koji omogućuju izvedbu onih tehnoloških.
- Dodatno vrijeme ( $t_d$ ) koje služi za kompenzaciju onih gubitaka koje ima radnik u tijeku dana, a nije za njih kriv. [4]

Tehnološko i pomoćno vrijeme zajedno se nazivaju vremenom izrade, i to je ono vrijeme kada se nešto događa na predmetu obrade. [4]

### 3.2.1. Pripremno-završno vrijeme

Kako bi se posao na bilo kojem radnom mjestu mogao nesmetano obavljati, potrebno ga je pripremiti za rad. Vrijeme koje je potrebno za sve te pripreme naziva se pripremnim vremenom. Nakon završetka posla na cijeloj seriji proizvoda radno se mjesto mora dovesti u prvobitno stanje, a za to potrošeno vrijeme naziva se završnim vremenom. Oba vremena zajedno tvore pripremno-završno vrijeme jer se odnose na čitavu seriju. Obavlja se samo jednom u jednoj seriji. Iz tog razloga se udio pripremno-završnoga vremena za jedan proizvodni komad smanjuje porastom broja komada u seriji. Trajanje pripremno-završnoga vremena određeno je tehnološkim procesom, složenosti posla, uvježbanošću radnika i stupnjem organizacije proizvodnje. [4]

U pripreme radove ubrajamo:

- Upoznavanje s dokumentacijom, radom i uputama.
- Dobivanje (na radnome mjestu) materijala pripremljenog za obradu, alata i pribora, odnosno uzimanje toga sa skladišta.
- Pripremanje radnoga mjesta (namještanje, provjeravanje, učvršćivanje i skidanje pribora i alata, premještanje pojedinih dijelova i uređaja, te podešavanje uređaja za traženi režim rada).
- Izvršavanje postupka u vezi s pokusnom obradom. [4]

U završne radove ubrajamo:

- Predaja gotovog izratka, materijala i dijelova.



- Pospremanje radnoga mjesta i dovođenje u početno stanje (skidanje pribora, alata, dijelova uređaja itd.).
- Vraćanje alata, naprava i pribora u skladište. [4]

### **3.2.2. Tehnološko vrijeme**

Tehnološko vrijeme označava onaj dio vremena izrade koji je potreban za obavljanje posla izravno povezanog s promjenom oblika, položaja, izgleda ili osobina materijala ili predmeta obrade u smislu tehnološkoga procesa, bez obzira na to obavlja li se posao ručno ili pomoću stroja. Jedino je u normi izravno korisno pa treba nastojati da njegov udio bude najveći. Određeno je načinom i propisanim režimima. [4] Može biti:

- Strojno vrijeme, tj. vrijeme rada automatike stroja, a to je ono vrijeme kada stroj sam obavlja posao.
- Strojno-ručno vrijeme, tj. vrijeme kada rade zajedno radnik i stroj.
- Ručno vrijeme, tj. ono vrijeme kada radi samo radnik. [4]

### **3.2.3. Pomoćno vrijeme**

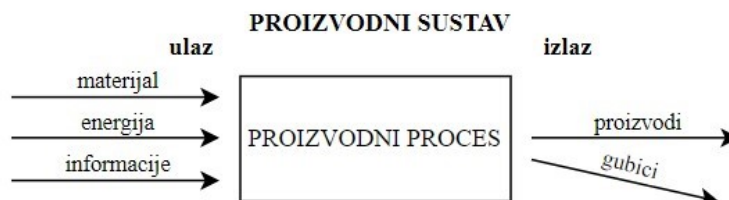
Pomoćno vrijeme predstavlja vrijeme potrebno za obavljanje pomoćnih poslova, koji omogućuju izvođenje tehnoloških. Poslovi u pomoćnim vremenima mogu biti posve ručni (radnik sam obavlja posao ručno), mogu biti ostvareni zajedničkim radom stroja i radnika, te posve automatski, a ponavljaju se pri svakoj obradi predmeta ili materijala. Pomoćna vremena potrebno je svesti na minimum kako bi u normi sudjelovala sa što manjim udjelom jer ne utječu izravno na promjenu samoga proizvoda u tijeku procesa rada. Veličina pomoćnih vremena ovisi prije svega o tehnološkom procesu izrade, a zatim o vrsti alata i naprava kojima se radnik služi. Dobro razrađenim procesom, uporabom prikladnih naprava, dobrom organizacijom i stabilizacijom radnoga mjesta, te sustavnim podučavanjem radnika u obavljanju posla, mogu se smanjiti pomoćna vremena, a time i vrijeme izrade. [4]

### **3.2.4. Dodatno vrijeme**

Kada bi se norma odredila kao suma tehnološkog i pomoćnog vremena, tj. kada bi samo ta vremena predstavljala vrijeme izrade, radnik ne bi mogao dostići takvu normu ili bi to uspio uz povećan napor. Razlog tomu je da u tijeku jednog dana postoje razdoblja vremena kada radnik ne radi zbog djelovanja radnih uvjeta, a ne zbog svoje krivice. Da bi se takvi gubici radnoga vremena pokrili, pripremno-završnom, tehnološkom i pomoćnom vremenu treba dodati određen postotak vremena koji će služiti kao kompenzacija tih gubitaka. To se vrijeme naziva dodatnim vremenom. [4]

## 4. PROIZVODNI PROCES I PROIZVODNI SUSTAV

U jednom proizvodnom sustavu istodobno se odvija niz pojedinačnih procesa koji mogu biti jednaki ili različiti. Ti procesi zajedno daju ukupni proces u tome proizvodnom sustavu. Ukupna zbivanja shematski su prikazana na slici 4. Kao što je vidljivo sa slike, u proizvodni sustav dovode se materijal (sirovine), energija i informacije. Nakon pretvorbe sirovina djelovanjem proizvodnog procesa, iz proizvodnog sustava izlaze proizvodi i otpad (gubici). Otpad predstavlja suvišan materijal uklonjen u procesu i neispravne proizvode koji su škart. [1]



Slika 4. Shematski prikaz zbivanja u proizvodnom sustavu [1]

### 4.1. Općenito o proizvodnom procesu

Prema normi ASME 101, proizvodni proces jest proces rada proizvodnoga sustava, i obuhvaća sva zbivanja u procesu izrade nekog proizvoda:

- Proces rada kojim se izravno i svrshodno djeluje na materijal (predmete rada) i tako povisuje njegova vrijednost (mehanička obrada, zaštita materijala, montaža, toplinska obrada itd.).
- Zbivanja koja izravno ne doprinose povećanju vrijednosti materijala, ali su nužna za odvijanje ukupnog procesa (kontrola kakvoće, transport, zastoji i skladištenje). [2]

Planiranje procesa određuje kako će proizvod biti proizveden i stoga je ključni element u proizvodnom procesu. Igra važnu ulogu prilikom određivanja troškova pozicija i utječe na sve aktivnosti poduzeća, kompetitivnost poduzeća, praćenje i kontrolu proizvodnje, učinkovitost i kvalitetu proizvodnje. [3]

## 4.2. Općenito o proizvodnom sustavu

Proizvodni je sustav složena socijalna i materijalna tvorevina kojom se obnosi proces proizvodnje – proces stvaranja vrijednosti – materijalnih dobara. To je proces povećanja (stvaranja nove) vrijednosti, na temelju ljudskog rada. [2]

Tijekom obrade sirovina prolazi kroz promjene kako bi postala dio proizvoda ili proizvod. Jednom obrađena, trebala bi imati vrijednost. Vrijednost koja je kroz preradu dodana materijalu mora biti veća od troška obrade kako bi organizacija zaradila novac ili profit, te samim time opstala na tržištu. [5]

Za ostvarenje proizvodnje, tj. proizvodnog sustava nužno je osigurati:

- Elemente sustava (proizvodne snage).
- Određene uvjete.
- Komunikaciju između sustava i okruženja. [2]

Osnovni elementi proizvodnog sustava su ljudi s proizvodnim iskustvom i sredstva za proizvodnju koji zajedničkim djelovanjem u radnoj okolini, uz ispunjenje određenih (prikladnih) uvjeta:

- Prostora.
- Energije.
- Informacija.

transformiraju ulazne komponente (input) u izlazne veličine (output). [2]

Proizvodni je sustav:

- Konkretan sustav s potpuno definiranim vezama između elemenata sustava.
- Umjetan, stvoren ljudskim radom, za zadovoljenje ljudskih potreba.
- Dinamičan, jer se stanje sustava mijenja tijekom vremena.
- Složen, jer se najčešće sastoji od više, proizvodnim tokovima povezanih elemenata, od kojih svaki pojedinačno predstavlja složen podsustav.
- Otvoren, neizoliran od utjecaja vanjskih sustava, posjedujući brojne veze sa svojim okruženjem.
- Stohastički, jer se ponašanje proizvodnoga sustava može predvidjeti samo s određenom vjerojatnošću.
- Sociotehnički, jer su temeljni činitelji sustava ljudi i tehnička sredstva. [2]

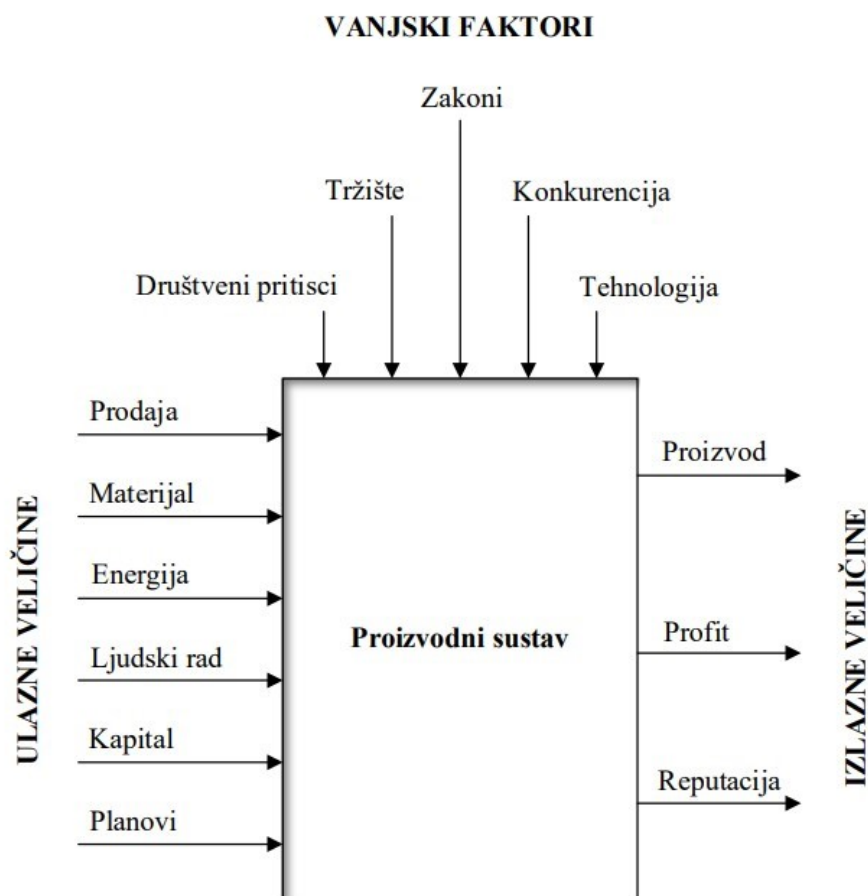
Projektiranje proizvodnih sustava je multidisciplinarna i interdisciplinarna djelatnost kojoj je svrha ostvarenje funkcionalnog, ekonomičnog, fleksibilnog, humanog i ekološki proizvodnog sustava, racionalnim korištenjem ljudskih i materijalnih potencijala. [2]

Proizvodni je sustav sastavljen od više podsustava u stalnoj međusobnoj interakciji te stoga mora biti cjelovit (integriran). [2]

#### **4.3. Ulazne i izlazne veličine proizvodnoga sustava**

Analiza ulaznih i izlaznih veličina bit će objašnjena uz pomoć prikaza na slici 5. Iz slike je vidljivo da sustav nema kontrolu nad svim ulaznim veličinama, kao što su društveni pritisci, tržište, zakoni, konkurencija i tehnologija. Te veličine su vanjski faktori koji su ujedno i razlog potrebe za dodatnom fleksibilnošću sustava prema varijacijama ulaznih veličina. [5]

Glavna izlazna veličina proizvodnog sustava očito je proizvod. Proizvodi se mogu klasificirati ili kao potrošački proizvodi ili proizvodi za proizvodnju (poluproizvodi). Potrošački proizvodi su oni koji se prodaju općoj populaciji. Međutim, poluproizvodi su oni koji su proizvedeni za druge organizacije koje bi ih koristile za proizvodnju vlastitih proizvoda. Stoga je ponekad izlazna veličina jednog sustava zapravo ulazna veličina drugog sustava. Zbog toga može postojati značajna interakcija između sustava. Također je važno za napomenuti da nisu sve izlazne veličine opipljive ili mjerljive. Reputacija može imati značajan utjecaj na cijeli sustav, međutim nije mjerljiva već ovisi o uspjehu plasiranog proizvoda. [5]



Slika 5. Ulazne i izlazne veličine proizvodnoga sustava [5]

#### 4.4. Ciklusi proizvodnje

Ciklus proizvodnje predstavlja određeni vremenski interval od početka rada na prvoj operaciji i poziciji pa do predaje gotovoga proizvoda u skladište ili eksploataciju. Cilj upravljanja proizvodnjom je skraćivanje ciklusa proizvodnje, kako bi uložena sredstva što prije preko gotovoga proizvoda bila plasirana na tržište, tj. prodana. [1]

Kako bi se izračunao ciklus proizvodnje te maksimalno skratio, izračunava se vrijeme trajanja svake operacije uz korištenje normiranog vremena za svaku operaciju, te pripremno-završno vrijeme za određenu seriju. Ta vremena su poznata iz tehnološke dokumentacije. [1] Trajanje operacije za  $n$  komada (u satima) iznositi će, prema jednadžbi za trajanje jedne operacije:

$$t_N = t_{pz} + n \times t_1 \quad [1]$$

gdje je:

$t_N$  – ukupno vrijeme trajanja određene operacije

$t_{pz}$  – pripremno-završno vrijeme određene operacije

$n$  – broj komada

$t_l$  – tehnološko vrijeme određene operacije.

Kada se tako izračuna trajanje svih operacija na svakoj od pozicija, može se izračunati ciklus proizvodnje prema različitim teoretskim principima kretanja, a to su postupni ciklus proizvodnje, paralelni ciklus proizvodnje i kombinirani ciklus proizvodnje.

Dobiveni podaci unose se u gantograme u kojima su vidljivi početak, trajanje i završetak aktivnosti. [1]

#### **4.4.1. Vrste ciklusa proizvodnje**

Postupni ciklus proizvodnje može se uzeti kao prvi i osnovni, a njegova je karakteristika da sljedeća operacija ne može započeti ako nije završena prethodna. Ovako teče pojedinačna ili maloserijska proizvodnja. [1]

Ubrzanje ciklusa proizvodnje moguće je provesti kod rada u većim serijama, a sam ciklus skraćen je zato što se neke operacije mogu izvoditi paralelno. [1]

Još veće skraćivanje proizvodnog intervala može se postići kombiniranim ciklusom proizvodnje, a koristi se u velikoserijskoj ili masovnoj proizvodnji. Osnovna mu je karakteristika u tome da se kratka operacija koja prethodi dugoj podijeli na više manjih serija, a isto to radi se i na zadnjoj operaciji. [1]

Stvarni se ciklusi proizvodnje ne odvijaju prema navedenim teoretskim principima kretanja. To se ponajviše događa zbog toga što između operacija postoji određeni zastoj (kontrola, transport, čekanje na slobodno radno mjesto itd.) koji produljuje trajanje ciklusa. Sve to jednim imenom zovemo međuoperacijski zastoj. [1]

#### **4.4.2. Koeficijent protoka i međuoperacijski zastoji**

Međuoperacijski zastoj obično je isti u određenom pogonu i posljedica je određene razine organizacije promatranog poduzeća. Uvijek se računa da je broj međuoperacijskih zastoja jednak broju operacija (postoji zastoj i nakon zadnje operacije prije ulaska pozicije ili dijela u skladište). Poznati su primjeri iz prakse gdje trajanje ovih međuoperacijskih zastoja iznosi ukupno više nego što traje sam proizvodni rad. Kako bi se odredili koliki su stvarni ciklusi proizvodnje za pojedine pogone ili čak tvornice, provedene su analize tako da su stavljani u odnos stvarno snimljeni ciklusi proizvodnje s ciklusima proizvodnje po postupnom načinu kretanja. Tako je dobiven koeficijent protoka koji kaže koliko je stvarni ciklus proizvodnje dulji od onoga po postupnom načinu kretanja. [1]

Koeficijent protoka indikator je kvalitete proizvodnoga procesa, odnosno organizacije. No, njegovu vrijednost određuju veličine međuoperacijskog zastoja. Dakle, stvarni ciklus proizvodnje može se odrediti i izravno dodavanjem trajanja međuoperacijskog zastoja na trajanje svake operacije u danima, pri čemu treba razlikovati o kojim se operacijama radi. Veličina međuoperacijskog zastoja će ovisno o tome varirati od jednog sata do nekoliko dana ili tjedana. Konačno, poznajući veličine i broj međuoperacijskih zastoja, s jedne strane, te broj, vrstu, radno mjesto i trajanje operacija, s druge, može se čistim zbrajanjem izračunati stvarni ciklus proizvodnje u danima. [1]

Međuoperacijski zastoji mogu nastati iz više razloga, a neki od njih su:

- Čekanje na kontrolu i sama kontrola izratka.
- Vrijeme manipulacija materijalom ili izratkom.
- Čekanje na unutrašnji transport.
- Sve vrste transporta između radnih mjesta.
- Čekanje dokumentacije.
- Čekanje na sljedeće slobodno radno mjesto i sl. [1]

## 5. PODUZEĆE KONČAR – MJERNI TRANSFORMATORI (KMT)

Poduzeće KONČAR – Mjerni transformatori d.d. dio je Grupe KONČAR koja se može pohvaliti sa 100 godina iskustva te s otprilike 50 % izvoznih proizvoda. Temeljna djelatnost Grupe KONČAR je proizvodnja opreme i postrojenja za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, kao i tračničkih vozila te opreme za primjenu u području transporta i industrije. Grupu danas čini KONČAR – Elektroindustrija koja je matica, te 13 ovisnih društava i jedno pridruženo. [6]

### 5.1. Djelatnost poduzeća

#### 5.1.1. Profil poduzeća i suradnja

Konkretno poduzeće KONČAR – Mjerni transformatori, prikazano na slici 6, posjeduje preko 65 godina iskustva te trenutno zapošljava 280 djelatnika. Prosječna dob zaposlenika je 41 godina, a prosječni radni staž 20 godina. Tvornica se prostire na preko 26 530 m<sup>2</sup>, što uključuje 9 870 m<sup>2</sup> natkrivenog prostora za proizvodnju. [7]



Slika 6. Vanjski izgled poduzeća KONČAR - Mjerni transformatori [7]

Godišnje proizvedu oko 4 000 visokonaponskih uljem i plinom izoliranih mjernih transformatora i 10 000 srednje- i niskonaponskih transformatora odlivenih u epoksidnoj smoli. 80-90 % proizvedenog kapaciteta se izvozi. Neke od zemalja gdje plasiraju svoje proizvode su Albanija, Bugarska, Grčka, Mađarska, Poljska, Švedska, Nigerija, Indija, Australija, Argentina, Kanada, Sjedinjene Američke Države i dr. Glavna načela poduzeća su kvaliteta, proizvodnja po mjeri, iskustvo, originalna rješenja te suradnja. [7] Njihovi mjerni



transformatori koriste se u elektroenergetskim postrojenjima na svim kontinentima i uspješno rade na svim nadmorskim visinama pri različitim klimatskim i seizmičkim uvjetima te u uvjetima visoke zagađenosti. Njihova konkurentna rješenja uključuju nove materijale i tehnologije. Suraduju s Fakultetom elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Iskra Grupom i dr. Imaju širok raspon dobavljača i razmjenjuju znanja i iskustva s ostalim društvima Grupe KONČAR kao što su Institut za elektrotehniku, Električni visokonaponski aparati, Električni aparati srednjeg napona i Energetski transformatori. [7]

### **5.1.2. Povijest i tradicija**

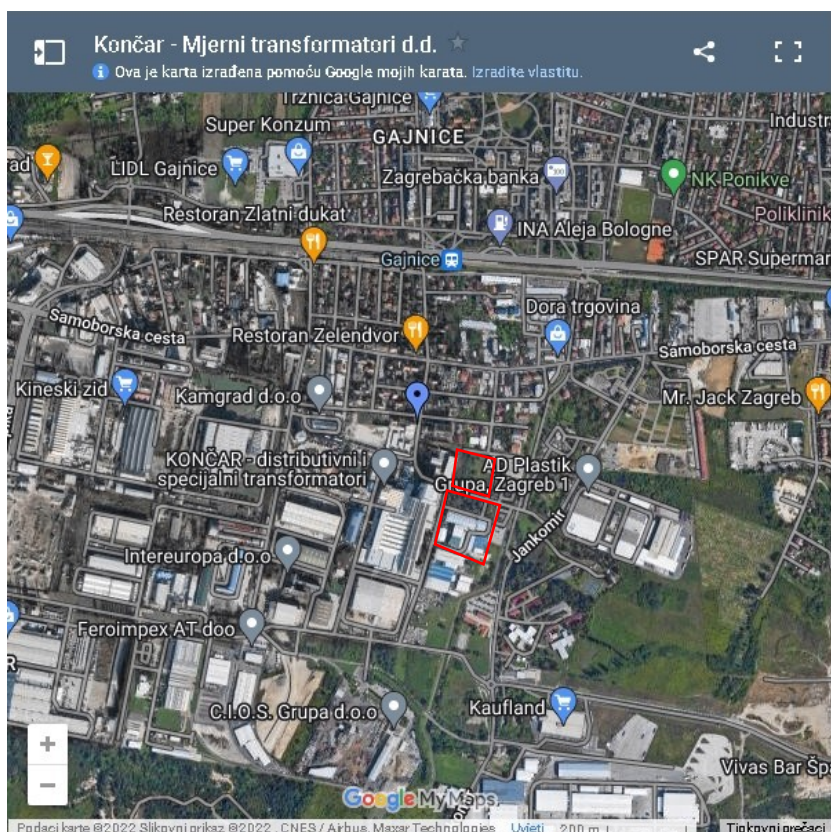
Kao član Grupe, poduzeće KONČAR – Mjerni transformatori evolucijski je slijedilo razvoj cijele Grupe. KMT uspješno posluje od 1947. godine sa sjedištem u Zagrebu.

Od 1947. godine, proizvodni su program proširili proizvodnjom 123 kV, 245 kV, 420 kV, 500 kV, 750 kV, 800 kV transformatora, transformatora izoliranih epoksidnom smolom i plinom SF<sub>6</sub>, kombiniranih transformatora, specijalnih transformatora, visokonaponskih transformatora te GIS postrojenja (plinsko izolirano postrojenje) i proizvodnjom joint-venture tvornice u Kini. [7]

Svi proizvodi rezultat su njihovog vlastitog iskustva i razvoja, koje je rezultiralo brojnim originalnim rješenjima. 70-ih godina prošloga stoljeća, rješenje s otvorenom jezgrom uspješno je primijenjeno u njihovim induktivnim naponskim transformatorima. KONČAR je od tada u potpunosti razvio ideju i trenutno je jedini proizvođač takvih transformatora na svijetu. [7]

### **5.2. Lokacija poduzeća**

Poduzeće se nalazi na zapadnom dijelu grada Zagreba, odnosno na Jankomiru na adresi Josipa Mokrovića 10 s druga dva dvorišta. To su D&ST (Distributivni i specijalni transformatori) te KPT (Energetski transformatori). [7] Prikaz lokacije dan je na slici 7.

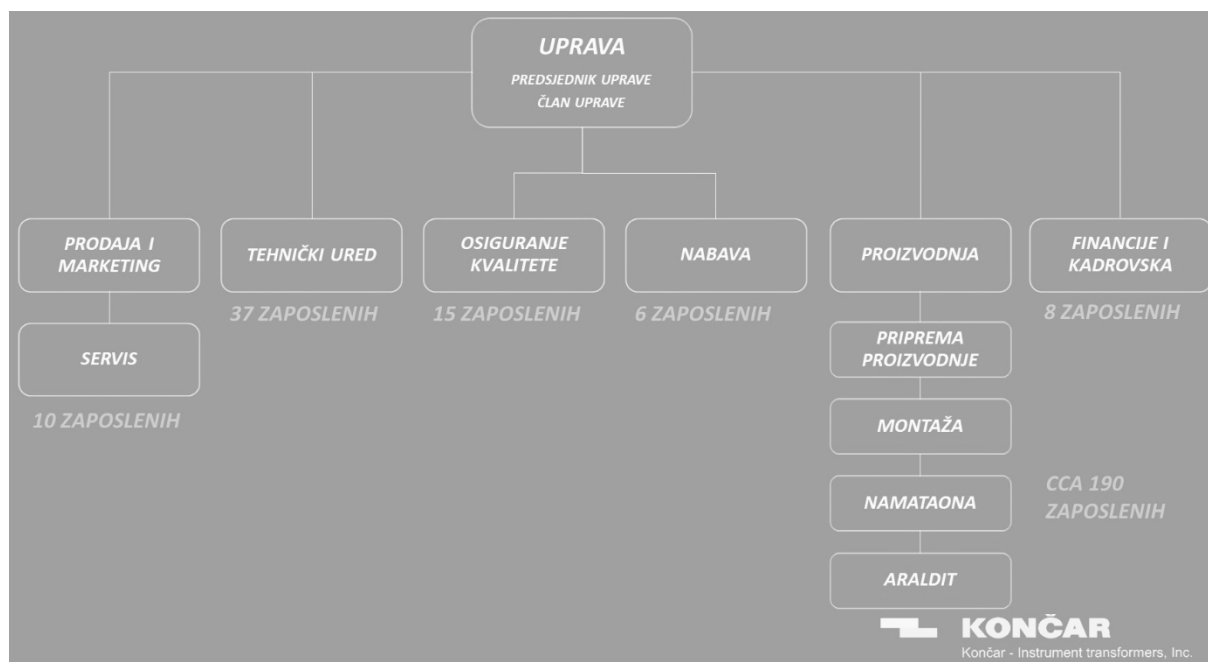


Slika 7. Lokacija poduzeća KONČAR - Mjerni transformatori [7]

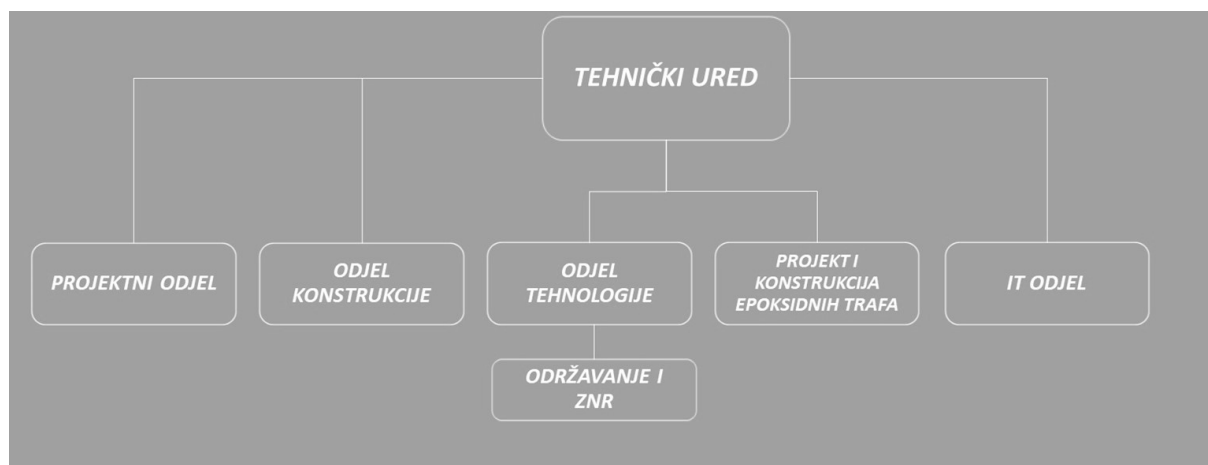
### 5.3. Organizacijska struktura poduzeća

Organizacijska struktura prikazuje utvrđeni sustav sektora, odjela i službi, kao i međusobnih veza i odnosa iz kojih se mogu zaključiti poslovi koje određena djelatnost obuhvaća, zatim zadatak djelatnosti i povezanost između različitih djelatnosti. Također je vidljiva međusobna nadređenost i podređenost te tko donosi određene odluke. Pokazuje globalni sustav poduzeća, sastav svih dijelova strukture u proizvodnom i poslovnom procesu te time predstavlja temelj svakog poduzeća slijedeći tako ciljeve poduzeća. [1]

Na slikama 8 i 9 prikazane su sheme organizacijske strukture poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori i tehničkog ureda. Na vrhu organizacijske strukture je uprava. Uprava se dalje dijeli na prodaju i marketing, tehnički ured, osiguranje kvalitete, nabavu, proizvodnju, te financije i kadrovsku. Pod tehničkim uredom se nalaze projektni odjel, odjel konstrukcije, odjel tehnologije, projekt i konstrukcija epoksidnih transformatora, te IT odjel. Proizvodnju čine priprema proizvodnje, montaža, namatana i araldit. Upravo je montaža dio proizvodnje koji je promatran i detaljnije obrađen u ovome radu. [7]



Slika 8. Organizacijska struktura poduzeća [8]



Slika 9. Organizacijska struktura tehničkog ureda [8]

#### 5.4. Kvaliteta i odgovornost, informacijski sustavi

Kvaliteta proizvedenih mjernih transformatora osigurana je kroz certificirani sustav kvalitete, ISO 9001, koji obuhvaća sva područja konstrukcije, proizvodnje i ispitivanja. KONČAR – Mjerni transformatori posjeduje i certifikate ISO 14001 i ISO 45001, koji dokazuju da slijedi standard očuvanja okoliša i rada na siguran način. [7]

Njihovi laboratoriji posjeduju uređaje potrebne za ispitivanje, što je dijelom temelj za istraživanje i razvoj. Ispitni lanac obuhvaća visokonaponski i srednjenaponski ispitni laboratorij te nekoliko ispitnih mjesta, koji služe za provjere tijekom proizvodnog procesa. Unutar tvornice dostupno je sve što je potrebno za rutinska, tipska i specijalna ispitivanja. [7]

U svome radu koriste ERP sustav koji omogućuje upravljanje poslovnim procesima. Sustav se sastoji od više integriranih aplikacija sa središnjom bazom podataka, koja skuplja podatke iz svih odjela u poduzeću. [7]

## 5.5. Proizvodni program i procesi

### 5.5.1. Općenito o mjernim transformatorima

Transformator je električni uređaj bez pokretnih dijelova koji povezuje dva električna strujna kruga izmjenične struje i izmjeničnu električnu struju zadanoga električnoga napona pretvara u izmjeničnu električnu struju višega ili nižega električnoga napona. [9]

Glavni su dijelovi transformatora magnetska jezgra i najmanje dva međusobno odvojena namota (primar i sekundar) s izolacijom. Primarni i sekundarni namoti obično su postavljeni jedan preko drugoga ili jedan pokraj drugoga kako bi se postigla što bolja međuinaktivna veza. [9]

Mjerni transformator sadrži primarni namot koji se uključuje u mjerni krug i sekundarni namot na koji se priključuju mjerni instrumenti ili zaštitni uređaj. Primarni namot naponskoga mjernoga transformatora spaja se paralelno trošilu kojemu se mjeri električni napon, a primarni namot strujnoga mjernoga transformatora spaja se serijski s trošilom. [9]

Time se postižu znatne prednosti. Neke od njih su:

- Mjerene struje i naponi vrlo različitih nazivnih iznosa transformiraju se na uvijek iste nazivne vrijednosti (redovno na struje od 1 A ili 5 A i napone od 100 V, 200 V,  $100/\sqrt{3}$  ili  $200/\sqrt{3}$ ), čime se smanjuje broj potrebnih tipova mjernih, zaštitnih i regulacijskih instrumenata i uređaja te omogućuje njihovu serijsku proizvodnju.
- Pomoću mjernih transformatora mjerni se instrumenti i uređaji izoliraju od visokih napona u mjenom krugu, tako da rukovanje njima postaje neopasno, a njihova se konstrukcija pojednostavnjuje jer ih ne treba izolirati.
- Mjerni instrumenti i uređaji mogu biti prostorno udaljeni od mjenoga strujnog kruga, što omogućuje njihovo postavljanje na mjesto gdje će to biti najpovoljnije za upravljanje postrojenjem i dr. [10]

### 5.5.2. Podjela mjernih transformatora

U ovome slučaju, podjela je okvirno napravljena na temelju proizvodnoga programa poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori, te ne označava strogu podjelu mjernih transformatora generalno.

Ranije navedene osnovne vrste transformatora koje proizvode (srednjenaponski i visokonaponski) dijele se na podvrste, odnosno na strujne transformatore (tip AGU), induktivne naponske transformatore (tip VPU), kapacitivne naponske transformatore (tip VCU), kombinirane transformatore (tip VAU) te naponske transformatore velike snage (tip VPT). Na slikama 10 i 11 prikazani su tipovi VCU i VAU. Tip AGU će biti detaljnije objašnjen u nastavku s obzirom na to da je kasnije izabran kao reprezentativni primjer. [7]



**Slika 10. Mjerni transformator tipa VCU [7]**



**Slika 11. Mjerni transformator tipa VAU [7]**

Prema mjestu ugradnje, možemo ih podijeliti na transformatore za vanjsku ugradnju i transformatore za unutarnju ugradnju.

Mjerne transformatore možemo podijeliti i prema vrsti glavne izolacije. Razlikujemo nekoliko vrsta glavne izolacije, a to su:

- Papir impregniran uljem.
- Plin SF6.
- Epoksidna smola.

Posljednja podjela koja će biti navedena je ona prema namjeni. Razlikujemo mjerne transformatore za spajanje mjernih uređaja i za spajanje zaštitnih uređaja. [7]

### **5.5.3. Tip AGU**

Tip AGU je strujni mjerni transformator koje proizvode u rasponu od 72,5 do 800 kV. KONČAR – Mjerni transformatori je poduzeće koje ima više od 50 000 komada strujnih transformatora u pogonu širom svijeta. Njihov životni vijek je 50 godina. Na slici 12 vidljivo je kako izgleda mjerni transformator tog tipa. Strujni mjerni transformatori koriste se za prilagodbu mjerenih visokih struja na iznose unutar definirane točnosti koje su pogodne za priključak uređaja za mjerenje, zaštitu i upravljanje. Istovremeno ih izoliraju od visokog napona mreže. [7]

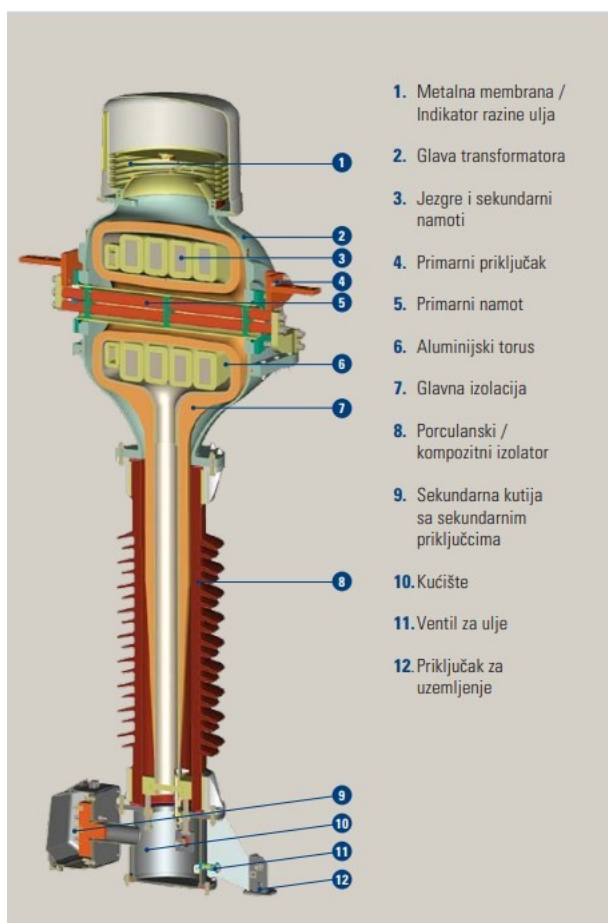


**Slika 12. Mjerni transformator tipa AGU [7]**

Neke od karakteristika koje je važno napomenuti su:

- Izvedba s jezgrama u gornjem dijelu transformatora (inverzni tip) koja osigurava niske gubitke u primarnom namotu.
- Visokokvalitetna papirno-uljna izolacija.
- Brtvljenje za cijeli životni vijek.
- Standardna izvedba za temperature okoline od  $-35$  do  $+40$  °C.
- Visokokvalitetni porculanski ili kompozitni izolator.
- Iskustvo pogona transformatora u seizmički aktivnim područjima.
- Metalni dijelovi zaštićeni od korozije.
- Nije potrebno održavanje. [7]

Uz sliku 13 ukratko će biti dan opis ovog tipa transformatora.



**Slika 13. Prikaz dijelova mjernog transformatora tipa AGU [7]**

Prednost izvedbe s jezgrama u gornjem dijelu transformatora očituje se u jednoličnom i simetričnom položaju primarnog namota u odnosu na jezgre. Primarni namot je minimalne duljine što rezultira minimalnim gubicima. Primarni namot može imati jedan ili više zavoja. [7]

Dijelovi na niskom naponu izolirani su od dijelova na visokom naponu glavnom izolacijom od uljem impregniranog papira. Papirna izolacija se suši u visokom vakuumu i impregnira mineralnim transformatorskim uljem. [7]

Papirno-uljna izolacija je hermetički zatvorena i odvojena od utjecaja okolnog zraka membranom od nehrđajućeg čelika. Membrana kompenzira toplinsku dilataciju (širenje) ulja te istovremeno služi kao pokazivač razine ulja. [7]

Transformator može sadržavati do 10 motanih prstenastih jezgara koje mogu biti različitih klasa, točnosti i veličina. Jezgre mogu biti izrađene od različitih materijala. Izbor materijala ovisi o zahtijevanoj klasi točnosti pojedine jezgre. Sekundarni je namot izrađen od lakirane



bakrene žice jednoliko namotane duž cijelog oboda prstenaste jezgre. Primarni namot nalazi se u njenom centru. [7]

Na zahtjev, izolator može biti porculanski ili kompozitni. Porculanski izolatori izrađeni su od porculana klase C130. Osnovu kompozitnih izolatora čini cijev od epoksidne smole ojačane staklenim vlaknima na koju su vulkanizirana silikonska rebra. [7]

Aktivni dio transformatora nalazi se unutar glave transformatora, izrađene od lijevanog aluminijske. [7]

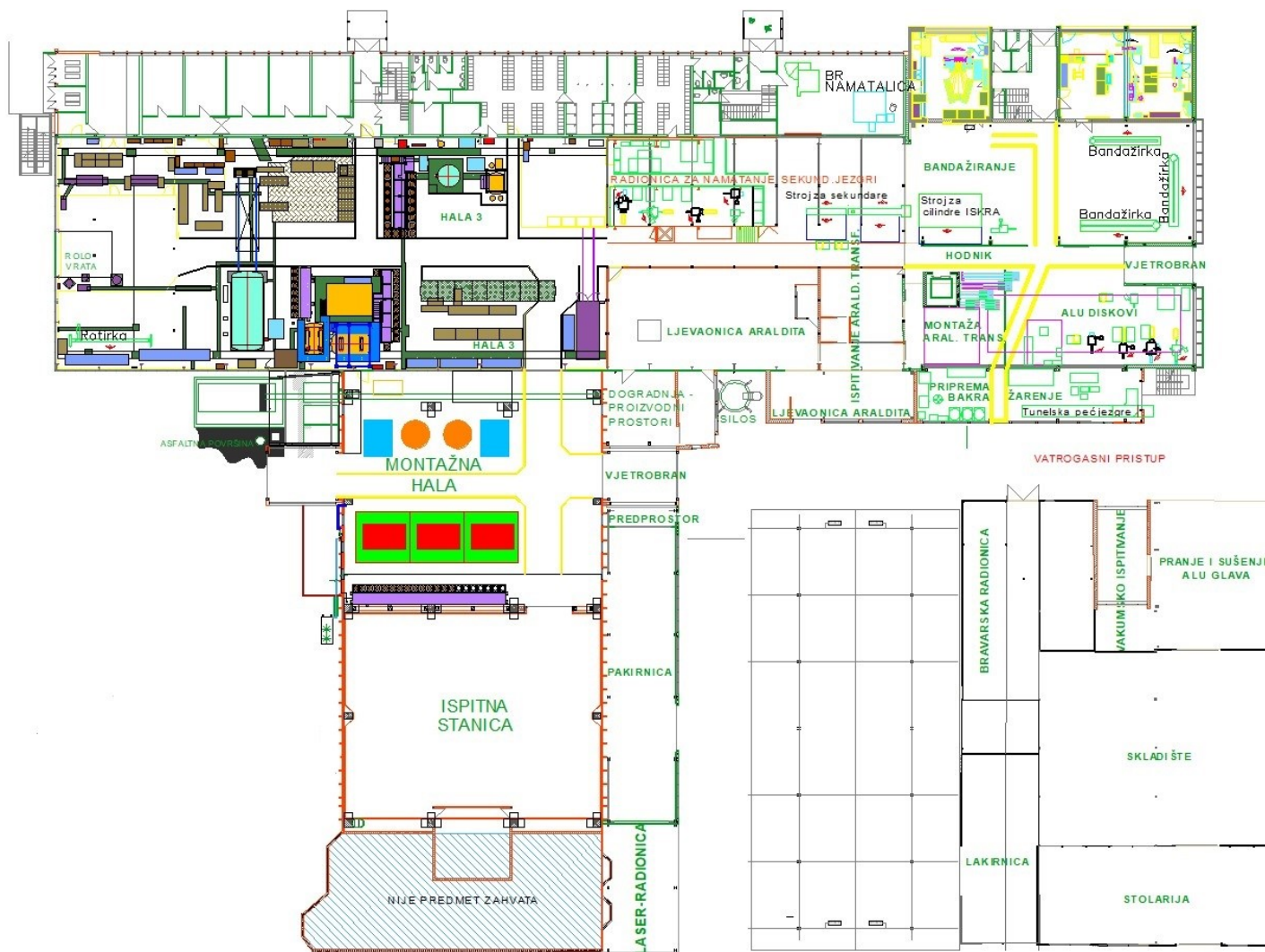
Na kućištu transformatora nalazi se sekundarna priključna kutija s ostalim dodacima kao što su natpisna pločica, ventil za punjenje/praznjenje te uzimanje uzoraka ulja, hvatišta za podizanje transformatora, priključci za uzemljenje i dr. Kućište je otporno na koroziju. [7]

Oblik i tip priključka odabire se prema nazivnim strujama i primijenjenim normama ako drugačije nije navedeno u zahtjevu kupca. [7]

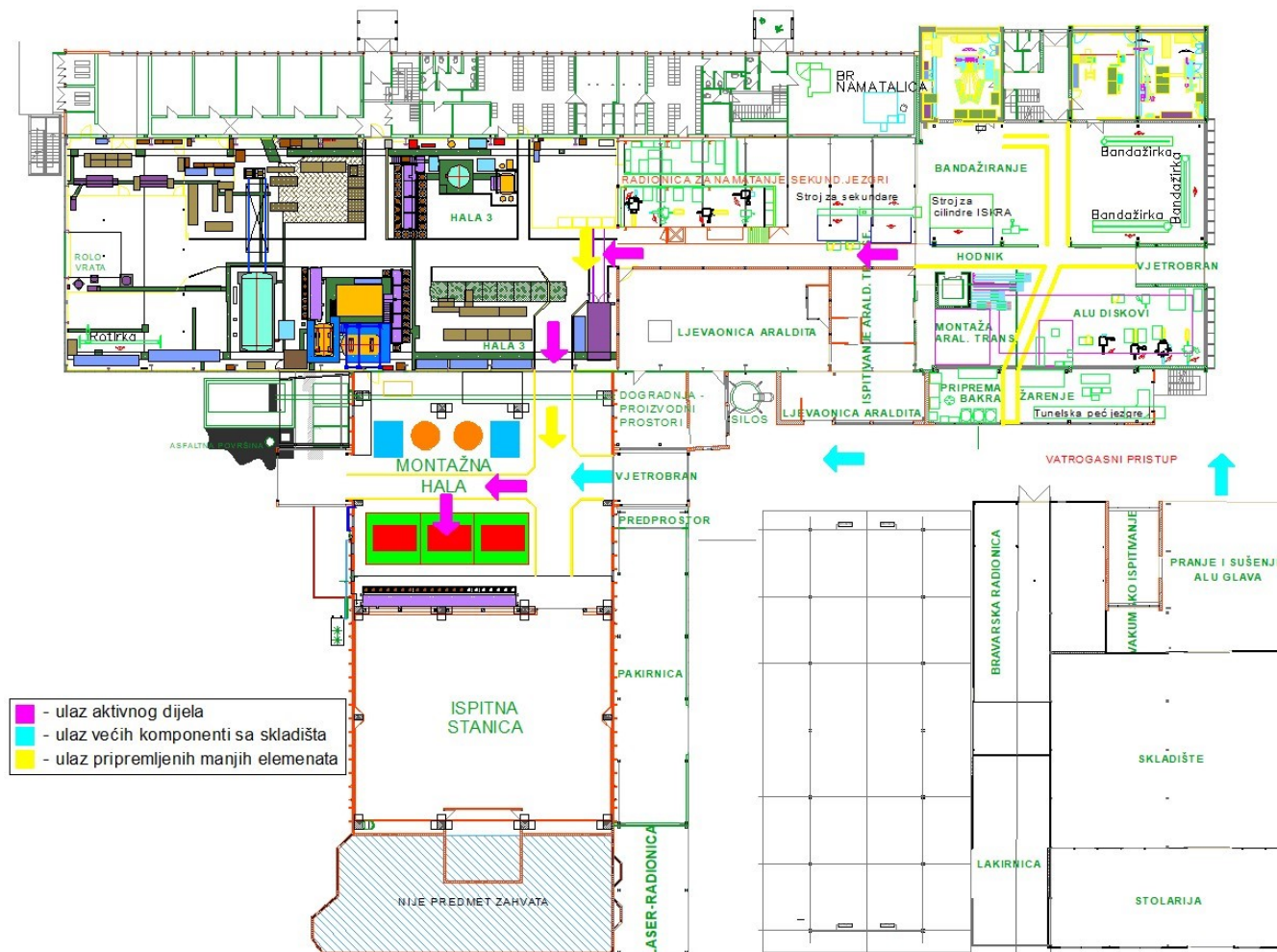
## **5.6. Tehnološki layout**

Na slici 14 prikazan je tlocrt pogona poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori. Na tlocrtu su označene glavne hale, stanice i neki od ključnih strojeva. S obzirom na to da je u ovome radu fokus na montaži mjernih transformatora, elementi koji se nalaze u montažnoj hali prikazani su detaljnije na slici 16, dok je ostatak okvirno naznačen na slici 14 u cilju dobivanja jasnijeg pogleda na aktivnosti poduzeća. Slika 16 prikazuje peći za sušenje (2 i 3), vakuumska postrojenja za svaku peć (1 i 4) te montažnu hidrauličku platformu (5).

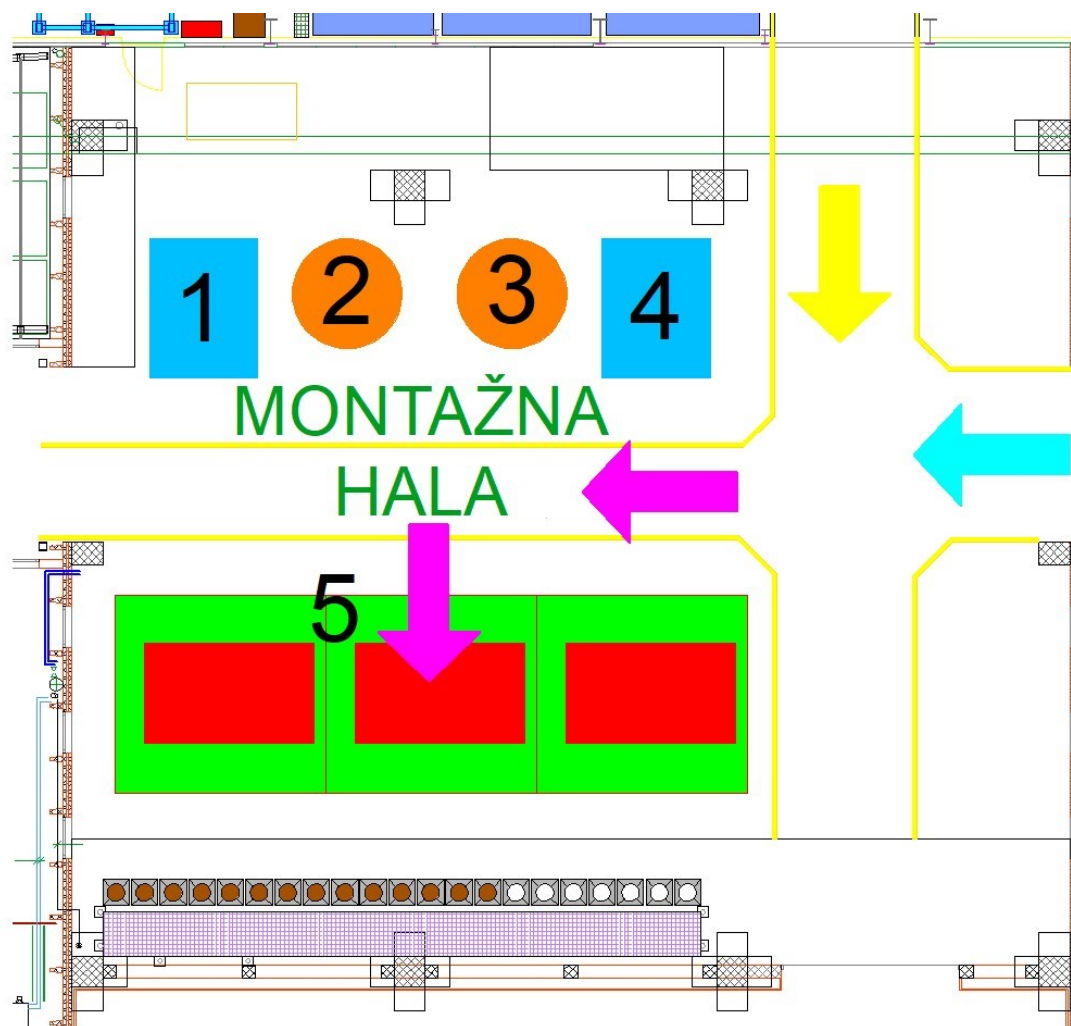
Na slici 15 prikazan je ulaz u montažnu halu dijelova i materijala potrebnih za montažu mjernog transformatora. Prikazan je ulaz aktivnog dijela u montažnu halu, ulaz većih komponenti sa skladišta, te ulaz pripremljenih manjih elemenata.



Slika 14. Tlocrt pogona poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori [11]



Slika 15. Tok dijelova i materijala potrebnih za montažu mjernog transformatora [11]



Slika 16. Tlocrt montažne hale poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori [11]

## 6. FAZE PROCESA MONTAŽE („UTOPA“) MJERNIH TRANSFORMATORA TIP A AGU

U ovome poglavlju bit će detaljnije objašnjene faze, odnosno operacije kroz koje prolazi strujni mjerni transformator (tip AGU) prilikom procesa montaže. Dakle, prilikom sastavljanja mjernog transformatora iz njegovih elemenata. U poduzeću KONČAR – Mjerni transformatori, za proces montaže često se koristi naziv „utopa“. U ovome radu odabrano je promatrati proces montaže jer je kritičan dio u proizvodnji mjernog transformatora. Ključno je da faza montaže traje što je kraće moguće, uz to da se ne naruši kvaliteta proizvoda. Upravo faza montaže uvelike utječe na kvalitetu gotovog proizvoda. Opis faza biti će popraćen slikama faza na kojima je prikazan transformator AGU-420. To je strujni transformator („AGU“), a broj „420“ označava da je najviši napon tog sustava upravo 420 kV.

### 6.1. Proizvodne faze važne prije procesa „utopa“

Proizvodnim fazama koje su važne prije samog procesa „utopa“ možemo zapravo smatrati određene uvjete koje je potrebno osigurati kako bi se sigurno moglo krenuti s montažom nekog transformatora. Nužno je da su svi dijelovi koji su potrebni za montažu, pripremljeni. Potrebno je pripremiti odgovarajući broj komada određenih dijelova, vijčanu opremu, brtve i dr. Svi ti dijelovi prolaze kroz ulaznu kontrolu kako bi se utvrdila njihova ispravnost. Nakon što se utvrdi ispravnost svih potrebnih dijelova, nužno ih je odložiti na isto mjesto, tj. grupirati na jednu poziciju kako bi se olakšao njihov pronalazak prilikom procesa montaže. Konačno, potrebno je osigurati spremnost odgovarajuće opreme za dizanje (čelična užad, beskonačne gurtne, škopci, očni vijci i dr.). Na slici 17 vidljiv je primjer grupiranja potrebnih dijelova na jednu poziciju.



Slika 17. Grupirani potrebni dijelovi na paleti

## 6.2. Faze procesa „utopa“

Proces montaže, tj. „utopa“ sastoji se od nekoliko faza, od kojih se svaka faza sastoji od još nekoliko operacija. Na slici 18 vidljiv je transformator AGU-420 rastavljen na ključne dijelove koji su prikazani na slici 13 i objašnjeni ranije.

Faze procesa „utopa“ su:

- 1) Kompletiranje kućišta.
- 2) Montiranje izolatora na kućište.
- 3) Ulaganje i pričvršćivanje aktivnog dijela.
- 4) Montiranje sklopa „glava-vrat“.
- 5) Montiranje primarnog priključka.
- 6) Montiranje membrane, tj. metalnog mijeha.
- 7) Montiranje ostalih pločica.

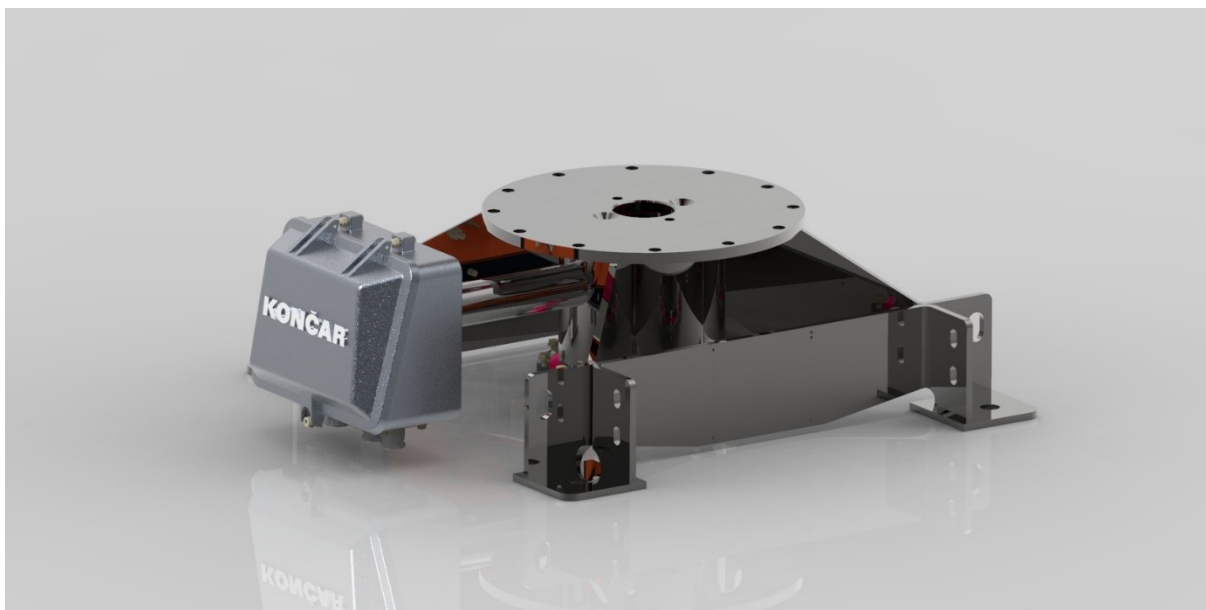


**Slika 18. Mjerni transformator AGU-420 rastavljen na dijelove [12]**

(1) Kompletiranje kućišta sastoji se od:

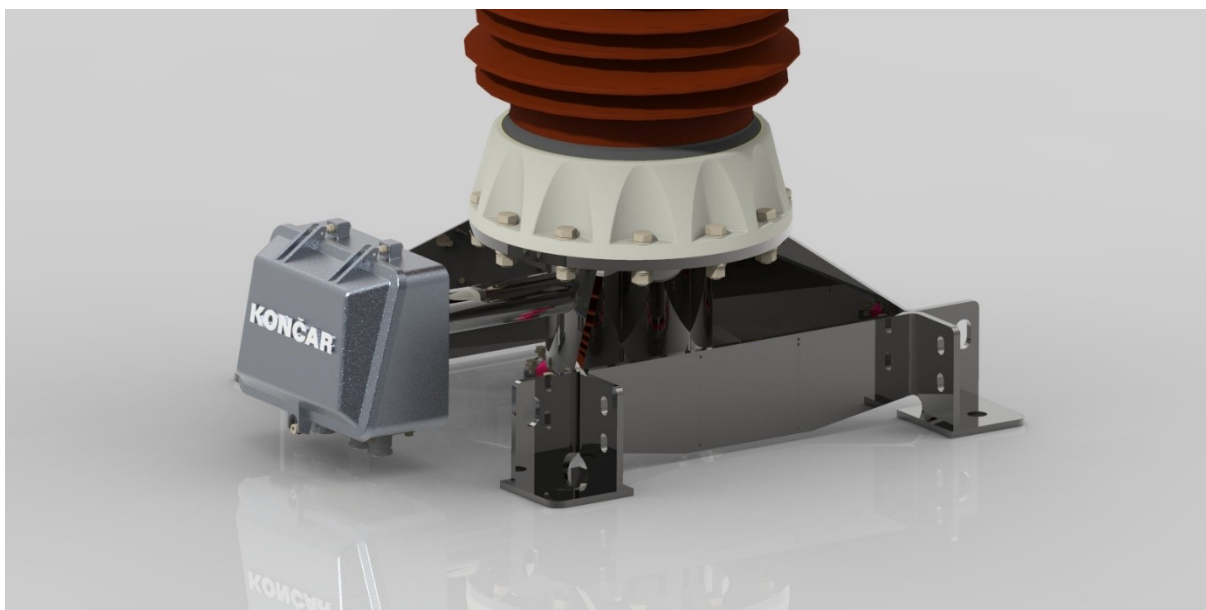
- Montiranja sekundarne ploče (sekundarna ploča + brtva + vijci).
- Montiranja sekundarne kutije (sekundarna kutija + poklopac + brtva + vijci).
- Montiranja tzv. „tgδ“ provodnika (provodnik + brtva + vijci).
- Montiranje natpisne pločice (pomoću zakovice) i pločice prespajanja (nalazi se u sekundarnoj kutiji i lijepi).
- Montiranje ventila (dvije čahure + kuglica + brtveni prsten + čep ventila).

Na slici 19 prikazano je kompletirano kućište.



**Slika 19. Kompletirano kućište [12]**

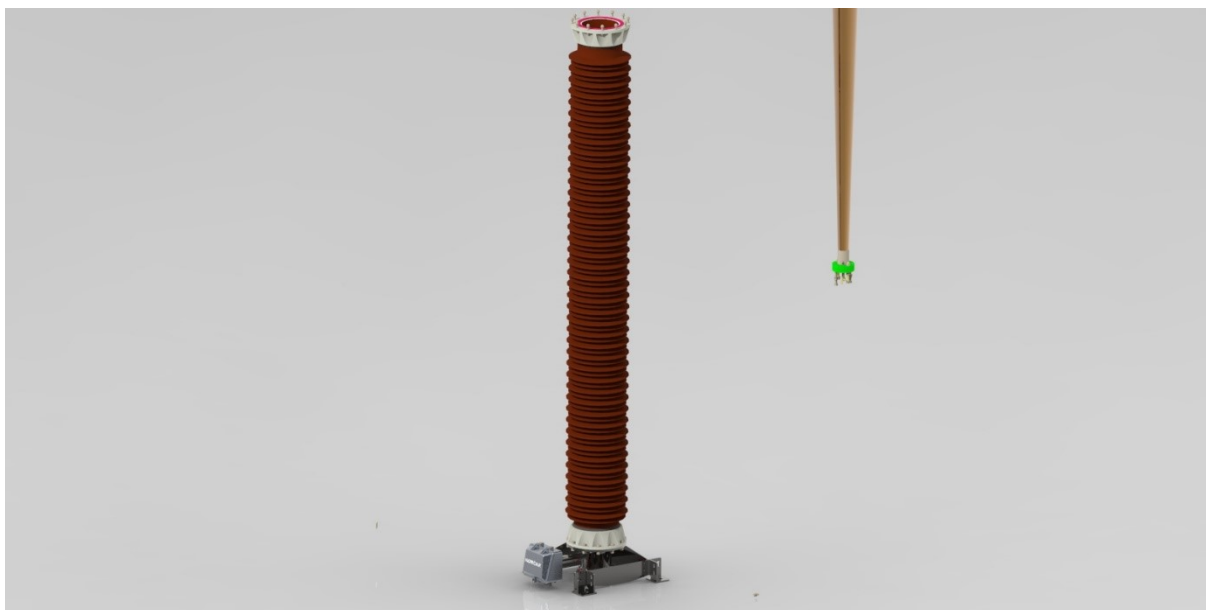
(2) Izolator se na kućište montira sklapanjem prirubnice, pomoću brtve i vijaka. Na slici 20 prikazan je izolator montiran na kućište.



**Slika 20. Izolator montiran na kućište [12]**

(3) Zatim se ulaže aktivni dio u izolator. Prirubnica aktivnog dijela steže se za kućište. Nakon toga se spaja izvod sekundarnih namota i priključaka sekundarne kutije. Konačno slijedi stezanje donje prirubnice kućišta. Slike 21 i 22 prikazuju ulaganje aktivnog dijela u izolator.





**Slika 21. Ulaganje aktivnog dijela u izolator [12]**



**Slika 22. Aktivni dio u izolatoru [12]**

- (4) Vrat se spaja pomoću brtve i vijaka. Zatim se druga brtva stavlja u utor između glave i vrata te se glava pomoću vijaka montira na vrat. Sklop „glava-vrat“ prikazan je na slici 23.



**Slika 23. Sklop "glava-vrat" [12]**

- (5) Primarni priključak ulaže se u utor koji se nalazi na glavi transformatora. Zatim se postavlja brtva i steže prirubnica. Montirani primarni priključak prikazan je na slici 24.



**Slika 24. Montiran primarni priključak [12]**

- (6) Za montiranje membrane prvo se lijepi sjedalica na vrat. Nakon toga postavlja se brtva i membrana se spaja vijcima. Slika 25 prikazuje montiranu membranu.



**Slika 25. Montirana membrana [12]**

(7) Na kraju procesa montaže, lijepe se ostale potrebne pločice P1 i P2.

Tako montirani transformator mora proći kroz ispitivanje. Nakon ispitne stanice, na kraju se montira i zaštitnik. Lijepo se oznake min i max i zaštitnik se steže vijcima. Vrijeme montaže zaštitnika neće se pratiti u ovome radu s obzirom na to da dolazi kasnije u procesu. Na slici 26 vidljivo je kako izgleda transformator nakon procesa montaže (uključujući i zaštitnik).



**Slika 26. Montiran mjerni transformator AGU-420 [12]**

## 7. PRAĆENJE VREMENA TRAJANJA „UTOPA“

Kako bi se došlo do eventualnog prijedloga optimizacije, prvo je potrebno snimiti i analizirati postojeće stanje. Snimanje i analiza postojećega stanja potrebni su pri svim vrstama projektnih zadataka osim projektiranja potpuno novog proizvodnog sustava. Snimanje se obavlja vizualnim praćenjem procesa, proučavanjem dokumentacije te razgovorom sa zaposlenicima. Podaci se prikazuju tablično i dijagramski. Ovisno o kakvom je projektom zadatku riječ, snimanjem je obuhvaćen cijeli proizvodni sustav ili neki njegov podsustav. [2] Cilj snimanja je dobiti informacije o:

- Proizvodnom programu i oblikovanju proizvoda.
- Pripremi proizvodnje.
- Strojevima, opremi, zgradama i instalacijama.
- Tehnološkim postupcima izrade i montaže.
- Kontrolu kvalitete.
- Tokovima materijala i informacija.
- Transportu.
- Troškovima itd. [2]

U ovome slučaju, pratilo se vrijeme trajanja „utopa“, tj. montaže ranije navedenog transformatora AGU-420. Upravo taj transformator odabran je kao reprezentativni proizvod čije će se vrijeme montaže pratiti. Odabran je zbog svojih velikih dimenzija, mase i proizvodne količine. Vrijeme montaže snimano je štopericom.

### 7.1. Proizvodni zapisi praćenja vremena trajanja „utopa“

Nakon svakog procesa „utopa“ okvirno je procijenjeno vrijeme trajanja i unesene su vrijednosti u određenu tablicu. Na slici 27 vidljiv je primjer jednog takvog proizvodnog zapisa. Crveno je uokviren dio koji se trenutno promatra. Bitno je upisati datum i procijenjeno vrijeme završetka „utopa“ transformatora toga dana. Za vrijeme početka uzima se 8 sati ujutro. Bitno je za napomenuti da procijenjeno vrijeme ne vrijedi za jedan transformator, već za sve koji su navedeni u proizvodnome zapisu. U ovome primjeru procijenjeno vrijeme trajanja „utopa“ za šest transformatora AGU-420 iznosi 13 sati i 30 minuta. Ako se to vrijeme trajanja podijeli sa šest, dobije se da je za montažu jednog transformatora toga dana bilo potrebno 2 sata i 20 minuta.

PROCES VAKUUMSKE IMPREGNACIJE				vrsta		KONTROLNA LISTA																	design by Z.Burić		OB 240/N		
Početak vakuuiranja:				Datum: (dd.mm.gg)		9.1.2023		Sat: (hh:mm)		21:30		NO-RA						evakuaciju započeo:					ZG/MDML				
red.br. mjerenja	MJERENJE Δ P15 [mbar]	Datum dd.mm.gg	Sat hh:mm	vrijeme procesa	procesni priključak																						Mjerno:
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
TIP I TVORNIČKI BROJ TRANSFORMATORA																											
															AGU-420	AGU-420				AGU-420	AGU-420	AGU-420	AGU-420				
															12001315	12001307				12001332	12001326	12001333	12001340				
1	P1	10.1.23.	6:00	8,5																					ZG		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
2	P1	10.1.23.	11:30	14,0																					ZG		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
3	P1	10.1.23.	18:00	20,5																					ZG		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
4	P1	11.1.23.	6:00	32,5																					T.I		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
5	P1	11.1.23.	11:00	37,5																					ZG		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
6	P1	11.1.23.	18:30	45,0																					MDML		
	P2																										
	Δ P15				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
1. Početak punjenja transformatora uljem:				LYRA		Datum:		11.1.2023		Sat:		20:00		kupno vrijeme evakuacije prije punjenja [h]			-1078461,5		impregnaciju započeo:			žg					
Probajna čvrstoća ulja (KV/cm):																											
Završetak punjenje membrana:						Datum:		12.1.2023		Sat:		10:00							punjenje završio:			JI					

Slika 27. Proizvodni zapis praćenja vremena trajanja "utopa" [13]

Na temelju tih proizvodnih zapisa unazad godinu dana (od siječnja 2022. do siječnja 2023. godine), izdvojeni su podaci o broju komada, datumu, kraju i trajanju „utopa“. Na slici 28 dan je prikaz isječka iz te tablice.

A	B	C	D	E	F	G
R.BR.	TIP-NN	BR. KOM	UTOP (DATUM)	POČETAK UTOPA (SAT)	KRAJ UTOPA (SAT)	TRAJANJE UTOPA
1	VAU-123	3	5.1.2022	8:00	14:00	6:00:00
2	AGU-123	12	5.1.2022	8:00	14:00	6:00:00
3	VPT-123	1	10.1.2022	8:00	16:00	8:00:00
4	VAU-245	12	10.1.2022	8:00	16:00	8:00:00
5	VPU-362	2	12.1.2022	8:00	18:00	10:00
6	VPU-362	2	13.1.2022	8:00	16:00	8:00
7	VAU-245	5	13.1.2022	8:00	16:00	8:00
8	VAU-123	1	13.1.2022	8:00	16:00	8:00
9	AGU-362	1	13.1.2022	8:00	16:00	8:00
10	AGU-420	4	13.1.2022	8:00	16:00	8:00

**Slika 28. Izdvojeni podaci o praćenju vremena trajanja "utopa" [14]**

Prema tim izdvojenim podacima, izračunato je prosječno vrijeme trajanja „utopa“ transformatora AGU-420, s obzirom na to da je on predmet promatranja u ovome radu. Vrijednost je izračunata u programu Excel, kako bi se napravila usporedba sa stvarnim izmjerenim vremenom trajanja „utopa“ transformatora AGU-420. Prosječno vrijeme trajanja „utopa“ iznosi sat vremena i 40 minuta.

## 7.2. Mjerenje vremena trajanja izvođenja faza „utopa“

Tablica 1 prikazuje rezultate mjerenja vremena trajanja izvođenja pojedine faze „utopa“. Faze i podfaze koje su bile promatrane, opisane su ranije.

Tablica 1. Podaci dobiveni kao rezultat mjerenja vremena trajanja izvođenja faza „utopa“

FAZA	PODFAZA	VRIJEME [min]
<b>Kompletiranje kućišta</b>	Montiranje sekundarne ploče	6
	Montiranje sekundarne kutije	17
	Montiranje tzv. „tgđ“ provodnika	5
	Montiranje natpisne pločice	3
	Montiranje ventila	4
	<b>UKUPNO</b>	<b>35</b>
<b>Montiranje izolatora na kućište</b>	Sklapanje prirubnice	10
<b>Ulaganje i pričvršćivanje aktivnog dijela</b>	Ulaganje aktivnog dijela	9
	Stezanje prirubnice	3
	Spajanje izvoda	3
	Stezanje donje prirubnice	5
	<b>UKUPNO</b>	<b>20</b>
<b>Montiranje sklopa „glava-vrat“</b>	Spajanje vrata	10
	Stavljanje brtve	0,5
	Montiranje glave	12
	<b>UKUPNO</b>	<b>22,5</b>
<b>Montiranje primarnog priključka</b>	Ulaganje primarnog priključka	2
	Stavljanje brtve	2,5
	Stezanje prirubnice	2,5
	<b>UKUPNO</b>	<b>7</b>
<b>Montiranje membrane, tj. metalnog mijeha</b>	Lijepljenje sjedalice i stavljanje brtve	2
	Spajanje membrane	6
	<b>UKUPNO</b>	<b>8</b>
<b>Montiranje ostalih pločica</b>	Lijepljenje pločica	2



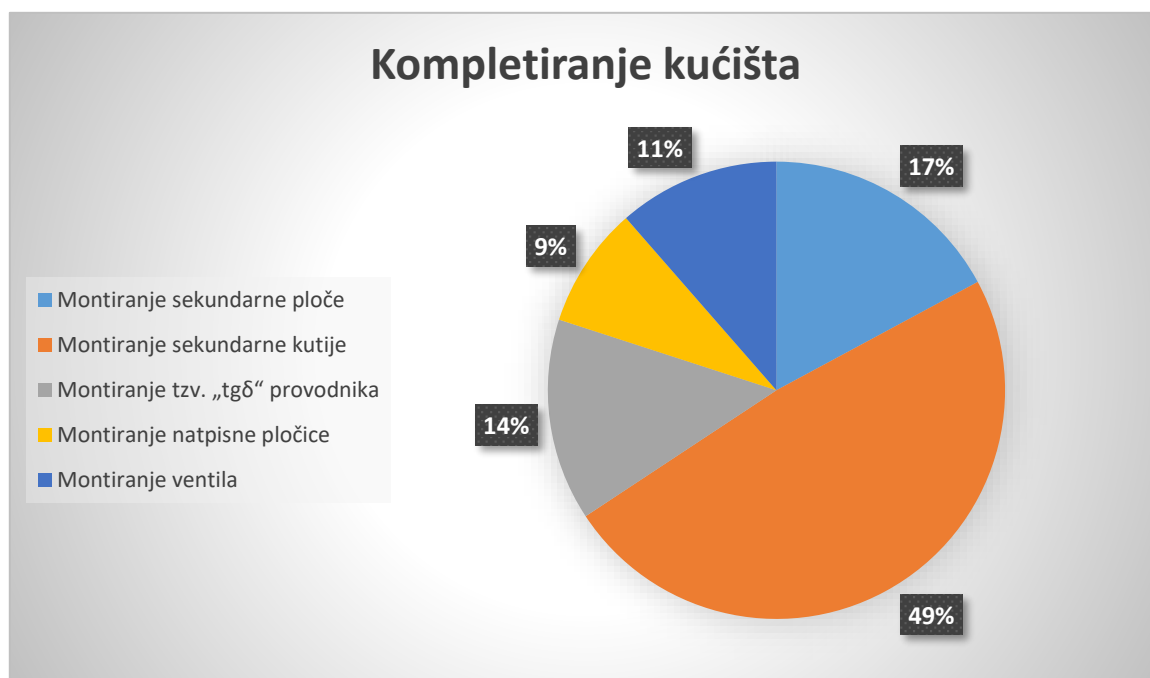
Iz tablice može se vidjeti da je:

- Za kompletiranje kućišta, potrebno 35 minuta.
- Za montiranje izolatora na kućište, potrebno 10 minuta.
- Za ulaganje i pričvršćivanje aktivnog dijela, potrebno 20 minuta.
- Za montiranje sklopa „glava-vrat“, potrebno 22,5 minute.
- Za montiranje primarnog priključka potrebno, 7 minuta.
- Za montiranje membrane, potrebno 8 minuta.
- Za montiranje ostalih pločica, potrebno 2 minute.

Prema tim rezultatima, zaključuje se da je u realnom stanju zabilježeno vrijeme trajanja montaže transformatora AGU-420 od sat vremena i 45 minuta.

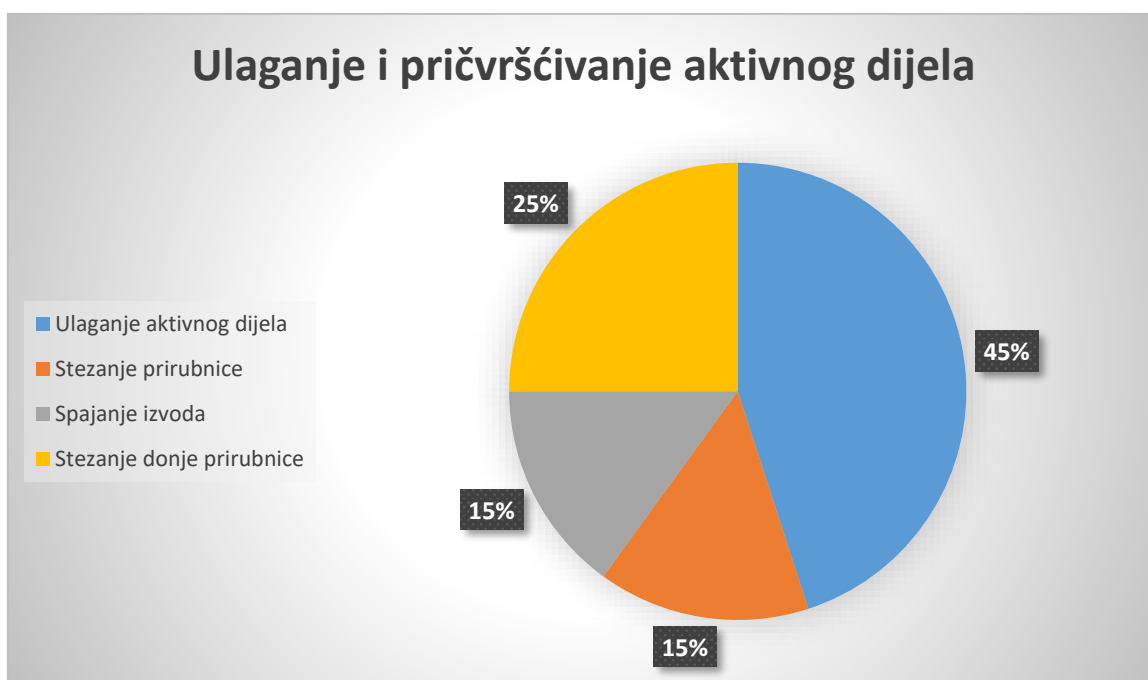
U nastavku je dan grafički prikaz vremenskog udjela pojedinih operacija u fazama koje se sastoje od više operacija.

Na slici 29 dan je grafički prikaz faze kompletiranja kućišta. Najviše vremena potrebno je za montiranje sekundarne kutije, a najmanje za montiranje natpisne pločice.



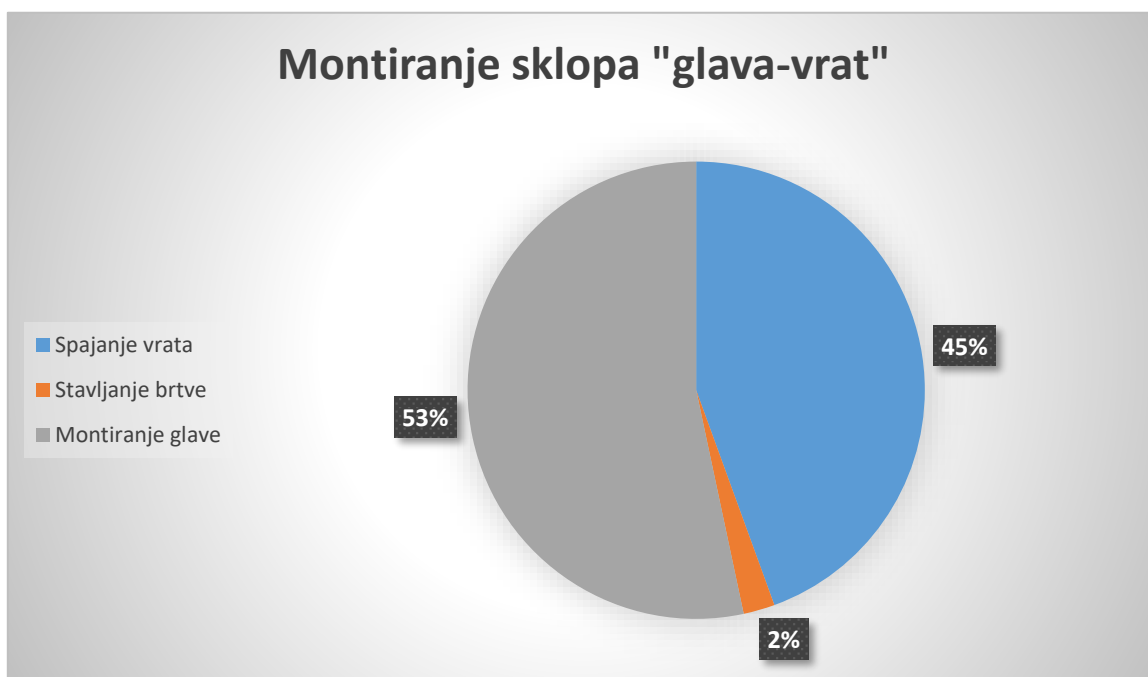
Slika 29. Grafikon faze kompletiranja kućišta

Na slici 30 dan je grafički prikaz faze ulaganja i pričvršćivanja aktivnog dijela. Najviše vremena potrebno je za ulaganje aktivnog dijela, a najmanje za spajanje izvoda i stezanje prirubnice.



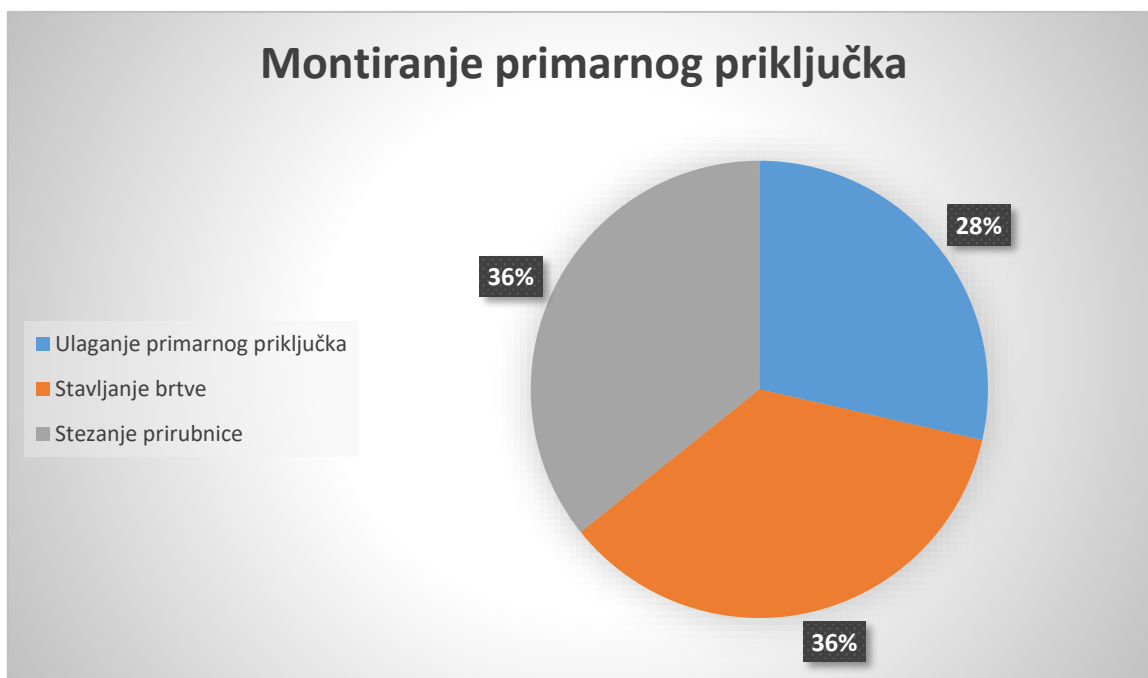
Slika 30. Grafikon faze ulaganja i pričvršćivanja aktivnog dijela

Na slici 31 dan je grafički prikaz faze montiranja sklopa „glava-vrat“. Najviše vremena potrebno je za montiranje glave, a najmanje za stavljanje brtve.



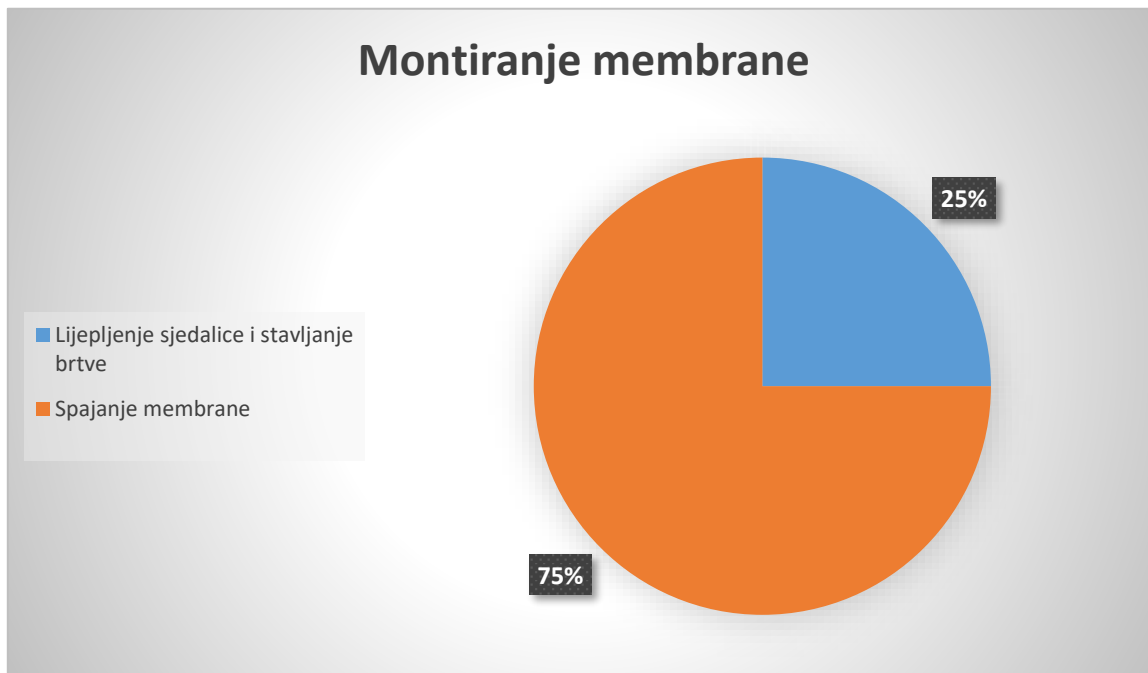
Slika 31. Grafikon faze montiranja sklopa "glava-vrat"

Na slici 32 dan je grafički prikaz faze montiranja primarnog priključka. Najviše vremena potrebno je za stavljanje brtve i stezanje prirubnice, a najmanje za ulaganje primarnog priključka.



**Slika 32. Grafikon faze montiranja primarnog priključka**

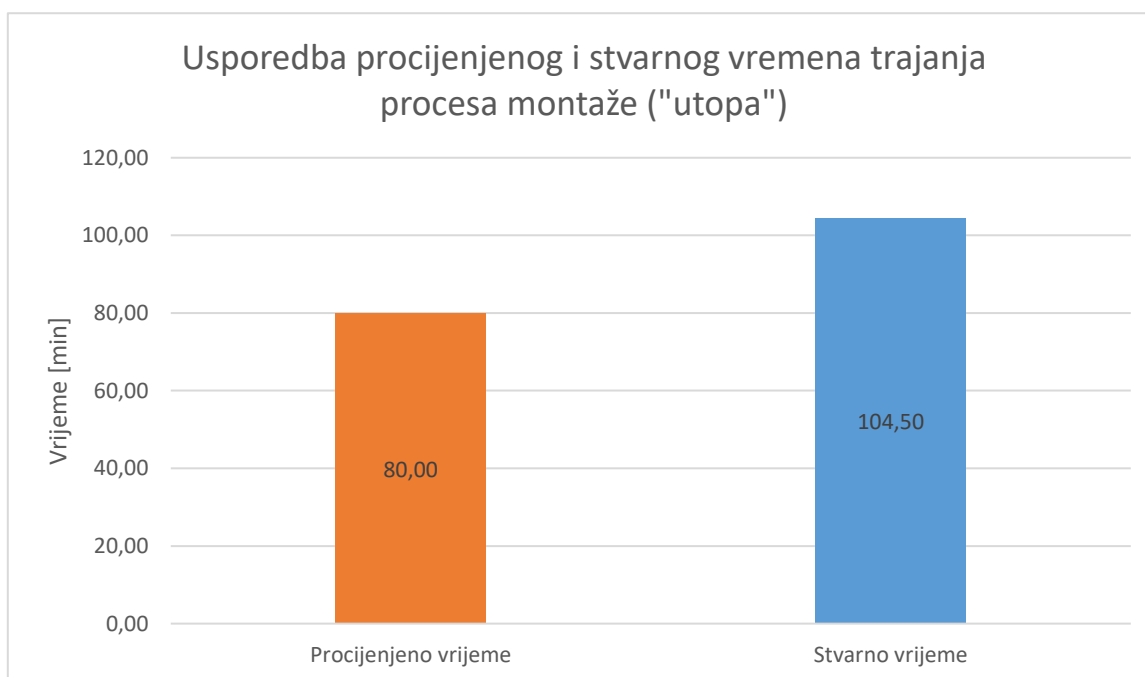
Na slici 33 dan je grafički prikaz faze montiranja membrane. Najviše vremena potrebno je za spajanje membrane, a najmanje za lijepljenje sjedalice i stavljanje brtve.



**Slika 33. Grafikon faze montiranja membrane**

### 7.3. Usporedba procijenjenog i stvarnog vremena trajanja procesa montaže („utopa“)

S obzirom na procijenjeno vrijeme trajanja, vrijeme koje je zabilježeno je dulje, kao što je vidljivo na grafikonu prikazanom na slici 34. Rezultat je očekivan zbog različitih zastoja do kojih može doći tijekom izvođenja određenih faza montaže. Prilikom teorijske procjene vremena trajanja, pretpostavlja se idealan slučaj. Čekanja se mogu pojaviti zbog različitih situacija. Zastoj se može dogoditi ako neki dio ili potreban alat nisu pripremljeni na vrijeme, ako netko od drugih zaposlenika na bilo koji način ometa proces i sl. Vrijeme trajanja izvođenja određene faze također ovisi i o broju radnika te radnoj sposobnosti svakog radnika pojedinačno.



Slika 34. Usporedba procijenjenog i stvarnog vremena trajanja procesa montaže ("utopa")

## 8. EVALUACIJA I PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROCESA MONTAŽE („UTOPA“)

Kako bi se određeni proces optimizirao, cilj je eliminirati sve gubitke u procesu, odnosno sva čekanja i zastoje koji su navedeni ranije. Ključ optimizacije procesa je pravovremena priprema svih potrebnih dijelova i opreme. Potrebno je odabrati sve neophodno za rad i pripremiti na vrijeme, u potrebnoj količini. Dijelovi i oprema koja se koristi, trebaju biti sistematski posložena u blizini radnog mjesta gdje se koriste. Tako se izbjegava nepotrebna manipulacija dijelovima i kretanje radnika.

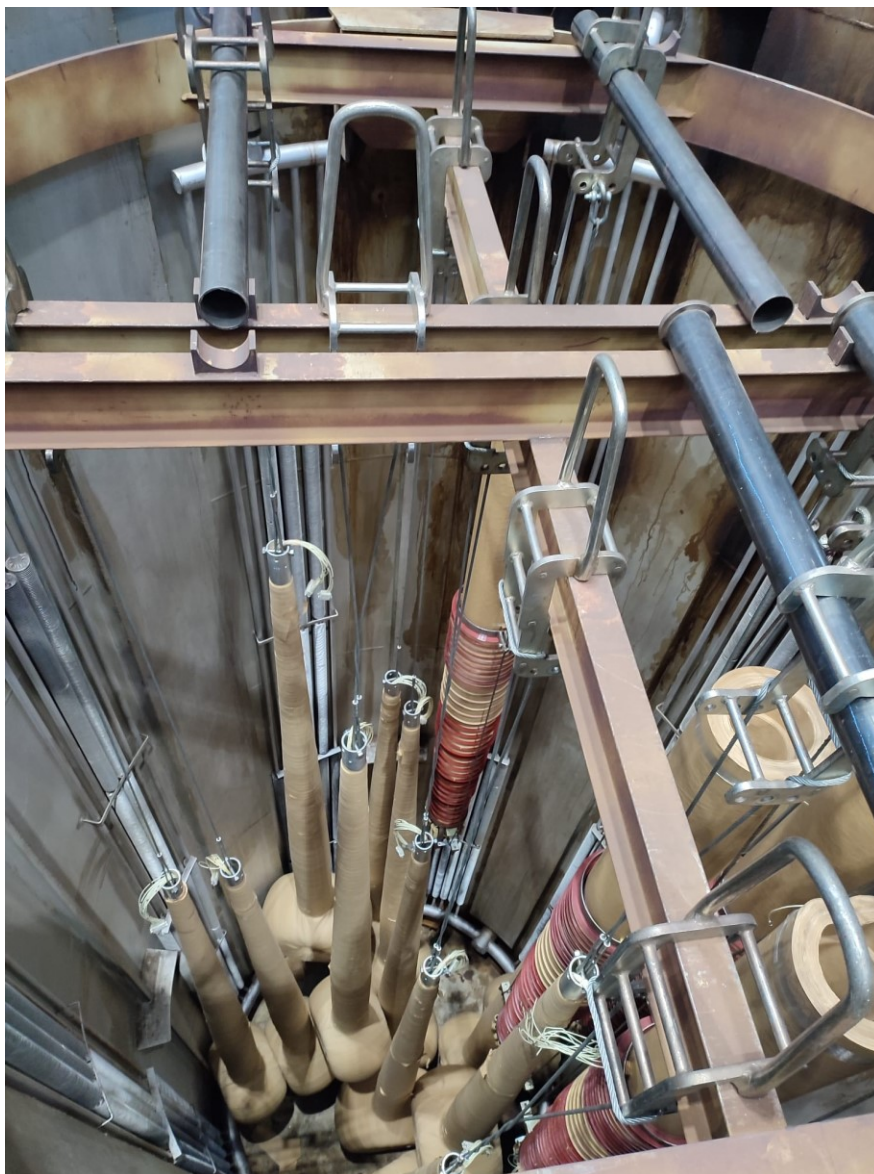
Jedan od načina na koji se već sad u poduzeću KONČAR – Mjerni transformatori d.d. osigurava potrebna količina dijelova je putem Kanban metode. Na temelju procijenjene potrebe i redovite provjere, dopuni se potrebna količina vijaka. Taj princip omogućuje smanjenje zaliha u proizvodnji. Ta metoda bi se još mogla poboljšati češćim provjeravanjem. Bilo bi poželjno i ponovno ispitati potrebne zalihe određenih dijelova. Može se razmisliti i o konstrukcijskim i tehnološkim promjenama u samoj konstrukciji transformatora. Također, može se razmisliti o nabavi novijih naprava koje bi olakšale i ubrzale pojedine segmente procesa montaže.

U ovome radu fokus je bio na konkretnim operacijama koje čine proces montaže transformatora kako bi se razmotrilo može li se ubrzati izvođenje neke od njih, a da se pritom ne naruši kvaliteta proizvoda. Ako je to moguće, objasniti će se što bi se eventualno moglo promijeniti i zašto. Potrebno je analizirati vrijeme trajanja svake pojedine operacije kako bi se iznijeli eventualni prijedlozi poboljšanja. Primjerice, faza kompletiranja kućišta može se poboljšati povećanjem uniformnosti dijelova. Time se omogućuje brže rukovanje dijelovima jer su svi isti te se tako smanjuje broj grešaka prilikom dohvaćanja i montiranja dijelova.

Izolator se na kućište montira sklapanjem prirubnice, pomoću brtve i vijaka. U ovome slučaju, koristi se 12 vijaka. Postavlja se pitanje o mogućnosti montaže izolatora na kućište pomoću manjeg broja vijaka. U tom slučaju, potrebno je da vijci imaju veću nosivost od trenutno korištenih.

Nakon toga, slijedi ulaganje i pričvršćivanje aktivnog dijela. Nakon sušenja aktivnog dijela u peći, vidljivo na slici 35, on se odlaže pored peći. S tog mjesta, aktivni dio potrebno je uložiti u izolator koji se, s kućištem, nalazi na spuštеноj platformi. To je vidljivo na slici 36. Najviše vremena oduzima zapravo taj transport. Također, kod operacije montiranja glave, glava se s

poda mora dizalicom transportirati na vrat. To je određena aktivnost koja ne donosi direktnu vrijednost proizvodu, ali je nužna. Moglo bi se razmisliti o načinu na koji bi se transportno vrijeme moglo smanjiti. To također vrijedi i za montiranje glave. Kod montiranja vrata, također se može promijeniti potreban broj vijaka, ako taj manji broj vijaka bude veće nosivosti.



**Slika 35. Sušenje aktivnog dijela u peći**



**Slika 36. Ulaganje aktivnog dijela u izolator**

Membrana se do nedavno montirala na drugačiji način što je trajalo i dva puta dulje. Trenutni način montaže membrane ubrzao je proces montaže, ali i omogućio lakšu zamjenu određenih dijelova ako dođe do kvara.

## 9. ZAKLJUČAK

Cilj projektiranja tehnoloških procesa je projektirati efikasne procese koji donose kvalitetan proizvod ili uslugu, uz što veću produktivnost i niže troškove. Kako bi se iznijeli prijedlozi optimizacije određenih procesa, te tako utjecalo na proizvodnju u cijelosti, potrebno je snimiti i analizirati postojeće stanje. U ovome radu prikazano je snimanje stanja vizualnim praćenjem i praćenjem vremena trajanja procesa. Cilj snimanja je dobivanje različitih informacija. Za poduzeće KONČAR – Mjerni transformatori d.d. od ključne je važnosti dobivanje informacija o trajanju procesa montaže transformatora jer uvelike utječe na samu kvalitetu gotovog mjernog transformatora. Najveći izazov prilikom praćenja vremena, konkretno u ovome poduzeću, bilo je uskladiti teorijske pretpostavke kako se sama montaža transformatora odvija i realnog stanja. U teoriji su poznate faze montaže i poznat je način i redosljed na koji se svaka faza odvija. Ovisno o radnom vijeku pojedinih zaposlenika i stečenom iskustvu, faze montaže u stvarnosti se ne odvijaju uvijek na jednak način, ni jednakom brzinom. Ako je dostupno više radnika, ponekad će se određene operacije odvijati paralelno što će rezultirati bržim procesom. Bitno je za napomenuti da suština faze ostaje uvijek ista. Praćenje izvođenja tih faza predstavlja priličan izazov operateru koji ne poznaje toliko dobro proces kao što ga poznaju iskusni radnici.

Tabličnim i grafičkim prikazom podataka, napravljena je analiza i doneseni su sami prijedlozi poboljšanja. To nisu konačne odluke, već isključivo prijedlozi. Potrebno je razmotriti utjecaj samih prijedloga na poboljšanje kvalitete, sniženje troškova te kvalitetno izvođenje poboljšanih operacija od strane zaposlenika. Kao što je i napomenuto ranije, teorijski pristup i realnost se često razlikuju. U teoriji, predložena poboljšanja utječu pozitivno na sami proces iz više aspekata. S obzirom na to da implementacija određenih promjena u proizvodnju u ovome slučaju uvelike ovisi o radu ljudi, potrebno je dobro razmisliti o samoj realizaciji promjena. Koliko god tehnologija napreduje, ljudi i dalje izvode mnogo operacija te je potrebno razmisliti o tome kako bi eventualna poboljšanja utjecaja na radnu sposobnost i motivaciju zaposlenika.



## LITERATURA

- [1] Skupina autora: Inženjerski priručnik IP4, treći svezak, Organizacija proizvodnje, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [2] Zoran Kunica: Projektiranje proizvodnih sustava: Nastavni materijal, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2016.
- [3] Gideon Halevi: Process and Operation Planning, Kluwer Academic Publishers, Dordrechts/Boston/London, 2003.
- [4] Dragutin Taboršak: Studij rada, Orgadata, Zagreb, 1994.
- [5] Peter Scallan: Process Planning, Butterworth-Heinemann, London, 2003.
- [6] Grupa KONČAR <https://www.koncar.hr/>, pristupljeno 25.10.2022.
- [7] KONČAR – Mjerni transformatori <http://www.koncar-mjt.hr/Home.aspx>, pristupljeno 25.10.2022.
- [8] ORGANIZACIJSKE SHEME.docx (Word dokument) – interni dokument poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori
- [9] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62032>, pristupljeno 5.11.2022.
- [10] Vojislav Bego: Mjerni transformatori, Školska knjiga, Zagreb, 1977.
- [11] Tehnološki\_layout.dwg (progeCAD dokument) – interni dokument poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori
- [12] AGU-420.asm (Creo dokument) – interni dokument poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori
- [13] Proizvodni zapis praćenja vremena trajanja "utopa".xls (Excel dokument) – interni dokument poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori
- [14] Izdvojeni podaci o praćenju vremena trajanja "utopa".xls (Excel dokument) – interni dokument poduzeća KONČAR – Mjerni transformatori