

# Osiguravanje kvalitete u ljevaonici obojenih metala

---

Ropuš, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:109957>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Ivana Ropuš

Zagreb, 2009.

## I. SAŽETAK

Završni rad “Osiguravanje kvalitete u ljevaonici obojenih metala” pisan je u sklopu poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.

Opisuju se općenito primjenjivane tehnologije ovog poduzeća, a poseban naglasak je stavljen na postupke nastajanja proizvoda priključnica 1000A te metode i mjerne instrumente koji se pritom koriste u svrhu kontroliranja kvalitete.

Postupak proizvodnje priključnice 1000A počinje legiranjem bakra, cinka i olova u zahtjevanim omjerima kako bi se dobila talina mjedi koja se zatim ulijeva u kokilu. Odljevak odrezanog ulijevnog sustava služi kao predmodel za kovanje nakon čega slijedi odsjecanje vijenca. Pjeskareni oblik priključnica dobiva u sačmarilici koja ujedno služi i za čišćenje površine od premaza. Strojna obrada koju obradak prolazi sastoji se od više operacija koje uključuju bušenje rupe u koju se urezuje navoj M30x2; bušenje četiri rupe i urezivanje dva navoja M10 na dva pera priključnice; bušenje dvije rupe te glodanje na pločastom dijelu; upuštanja rupa te skidanje srhova.

Pomičnim mjerilom su mjerene 4 duljine i 2 promjera rupa na pločastom dijelu priključnice te graničnim mjerilom provjeravana točnost navoja M30x2 po principu ide- neide.

U dobivenim kontrolnim kartama i histogramima je vidljivo da su procesi pomaknuti prema desnoj, odnosno, gornjoj granici dozvoljenog odstupanja, a dimenzija 3 potpuno izlazi izvan nje.

Rezultatima izračuna potencijalnih sposobnosti kao i gornje i donje potencijalne sposobnosti utvrđeno je da se radi o procesima koji nisu sposobni, daju škart.

Prijedlog, dan za postizanje poboljšanja sposobnosti procesa, je korištenje trna za priključnicu koji se koristi kod bušenja svakog pojedinog komada, a osigurava poklapanje osi navoja M30x2 i osi između dvije rupe na pločastom dijelu priključnice što je i zahtjevano od strane naručitelja.

## II. SADRŽAJ

I. SAŽETAK	1
II. SADRŽAJ	2
III. POPIS SLIKA	3
IV. POPIS TABLICA	5
V. POPIS KARATA	5
VI. POPIS PRILOGA	6
VII. ZAHVALA	7
1. UVOD	8
2. POVIJEST PODUZEĆA	9
3. OPIS POGONA	13
3.1. Ljevaonica	13
3.2. Kovačnica	14
3.3. Obrada površine	16
3.4. Strojna obrada	17
3.5. Kontrola kvalitete	17
4. PRIKLJUČNICA (1000A)	19
4.1. Ljevaonje	20
4.2. Kovanje	22
4.3. Obrada površine	27
4.4. Strojna obrada	28
4.5. Kontrola kvalitete	32
5. DIMENZIONALNO ISPITIVANJE	33
6. ZAKLJUČAK	59
7. POPIS LITERATURE	61

### 3. POPIS SLIKA

Slika 1. Priključnice	9
Slika 2. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	10
Slika 3. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	10
Slika 4. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	10
Slika 5. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	11
Slika 6. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	11
Slika 7. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	12
Slika 8. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.	12
Slika 9. Lijevanje u kokilu	14
Slika 10. Kovanje u ukovnju	15
Slika 11. Odsjecanje vijenca	16
Slika 12. Sačmarilica	16
Slika 13. Stupne bušilice	17
Slika 14. Ručna mjerila za dimenzionalno ispitivanje	18
Slika 15. Trokraki mikrometar	18
Slika 16. Primjer dimenzionalnog ispitivanja slijepe rupe	18
Slika 17. Priključnica (1000A)	19
Slika 18. Transformator	19
Slika 19. Grafitni lonac	20
Slika 20. Donji dio kokile	21
Slika 21. Lijevanje u kalup	21
Slika 22. Odljevak u kalupu	21

Slika 23. Tarna preša	22
Slika 24. Odlijevak u ukovnju	23
Slika 25. Vađenje otkivka iz ukovnja	24
Slika 26. Ekscentar preša	24
Slika 27. Obradak prije odsjecanja	25
Slika 28. Obradak u alatu za odsjecanje	25
Slika 29. Vijenac nakon postupka odsjecanja	26
Slika 30. Obradak nakon odsjecanja	26
Slika 31. Unutrašnjost sačmarilice	27
Slika 32. Priključnice u bubnju sačmarilice	27
Slika 33. Obradak nakon sačmarenja	27
Slika 34. Postavljanje obradka u škripac pomoću kutnika	28
Slika 35. Rezanje na glodalici	28
Slika 36. Urezivanje navoja M30x2	29
Slika 37. Svrkla s dvostrukim promjerom	29
Slika 38. Urezna svrdla M10	30
Slika 39. Tokarski nož u funkciji glodanja	30
Slika 40. Glodanje	30
Slika 41. Brušenje bridova priključnice	31
Slika 42. Upuštanje	31
Slika 43. Gotovi obradci	32
Slika 44. Označene ispitivane dimenzije	33
Slika 45. Ručna mjerila korištena u mjerenju dimenzija	33

#### 4. POPIS TABLICA

Tablica 1. Izmjerene vrijednosti	34
----------------------------------	----

#### 5. POPIS KARATA

Karta 1. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 1	39
Karta 2. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 1	39
Karta 3. $\bar{x}$ - R karta dimenziju 1 s granicama dozvoljenih odstupanja	40
Karta 4. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 2	41
Karta 5. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 2	41
Karta 6. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 2 s dozvoljenim granicama odstupanja	42
Karta 7. Histogram dimenzije 2 bez podataka skupine 2 i 7	43
Karta 8. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 2 s dozvoljenim granicama odstupanja bez podataka skupine 2 i 7	43
Karta 9. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 3	44
Karta 10. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 3	45
Karta 11. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima	45
Karta 12. Histogram dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 2 i 7	46
Karta 13. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 2 i 7	47
Karta 14. Histogram dimenzije 4	48
Karta 15. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 4	48
Karta 16. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima	49

Karta 17. Histogram dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 3	50
Karta 18. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 3	50
Karta 19. Histogram dimenzije 5	51
Karta 20. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 5	52
Karta 21. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima	52
Karta 22. Histogram dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 11 i 15	53
Karta 23. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 11 i 15	54
Karta 24. Histogram dimenzije 6	55
Karta 25. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 6	55
Karta 26. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima	56
Karta 27. Histogram dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 1	57
Karta 28. $\bar{x}$ - R karta dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 1	57

## 6. POPIS PRILOGA

Prilog 1. Radionički crtež priključnice 1000A

Prilog 2. Radionički crtež trna za priključnicu 1000A

Prilog 3. Radionički crtež kaljenog prstena za trn



## 7. ZAHVALA

Srdačno se zahvaljujem mentoru, profesoru Sanjinu Mahoviću za pomoć u osmišljanju i stvaranju ovog rada, gospodinu Tomislavu Popijaču, direktoru ljevaonice obojenih metala Popijač- Kovinar d.o.o., na svrđno i nesebično pruženj pomoći, posebice u vođenju kroz proces proizvodnje priključnice (1000A) te radnicima navedenog pouzeća na susretljivsti.

## 1. UVOD

Završni rad na temu “Osiguravanje kvalitete u ljevaonici obojenih metala” odlučila sam pisati u sklopu poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.

Cilj mi je proučiti sustav kvalitete u jednom od malih hrvatskih poduzeća. U ovom slučaju to je ljevaonica obojenih metala u Vukovini, a sustav kvalitete sam proučavala prateći razvoj proizvoda priključnica (1000A).

U radu se opisuju tehnologije kojima se dotično poduzeće koristi u svom radu. Nakon toga se opisuje postupak nastajanja jednog proizvoda, priključnica 1000 A, od legiranja bakra, cinka, i olova u tiganjskoj peći, kovanja predmodela, odsjecanja vijenca od obratka, sačmarenja pa do odgovarajućih postupaka strojne obrade. Pri svakoj od navedenih faza proizvodnje vršen je osvrt na metode kontrole kvalitete i mjerne uređaje koji se primjenjuju. Zatim su izneseni rezultati merenja tehnološki važnih dimenzija te analize istih. U konačnici su izneseni prijedlozi poboljšanja proizvodnje, konkretnije, strojne obrade.

## 2. POVIJEST PODUZEĆA

Popijač- Kovinar d.o.o. je poduzeće za proizvodnju, trgovinu i usluge iz Vukovine, kraj Velike Gorice. Proizašlo je iz obrtničke radionice Kovinar koja je počela sa radom 1982. godine.

U početku se obrt bavio isključivo lijevanjem. S vremenom se počelo sa obradom odljevaka, alatima za lijevanje, ručnim čišćenjem odljevaka te strojnom obradom za potrebe radionice.

Počela se ukazivati sve veća potreba za kovanjem pa se tada radiona sastojala od strojeva za kovanje, strojnu obradu i strojeva za čišćenje otkivaka. S vremenom se širio i radni prostor poduzeća.

Početakom 2007. godine poduzeće dobiva današnji izgled i napreduje u svakom pogledu. Danas posjeduje plamenu peć za taljenje metala, elektropeć, tarne preše od 40t, 80t, 100t, 160t, 200t, ekscentar preše, uređaje za rezanje, stupne bušilice, glodalice, tokarske strojeve, brusilice za oštrenje alata, strojeve za čišćenje odljevaka i otkivaka- sačmarilicu i vibracijski uređaj za briljantiranje te mjerne instrumente za kontroliranje kvalitete. U zasebnom djelu se nalazi prostor za izradu pješćanih jezgri, skladište materijala i skladište alata za lijevanje i kovanje. Poduzeće većinom proizvodi dijelove za transformatore, priključne stezaljke za (električne) ormariće, ispusne slavine, matice, ventile, klješta za držanje elektroda kod zavarivanja, grb grada Velike Gorice (za stupiće u prometu)...

Danas surađuju sa brojnim tvrtkama, među kojima se ističu HŽ, TŽV Gredelj, Končar-sklopna postrojenja, Končar- mjerni transformatori, Končar- distributivni i specijalni transformatori, Končar- ugostiteljska oprema, Pastor inženjering, TLOS, TEP rasvjeta, kao i s mnogim drugim poduzećima.



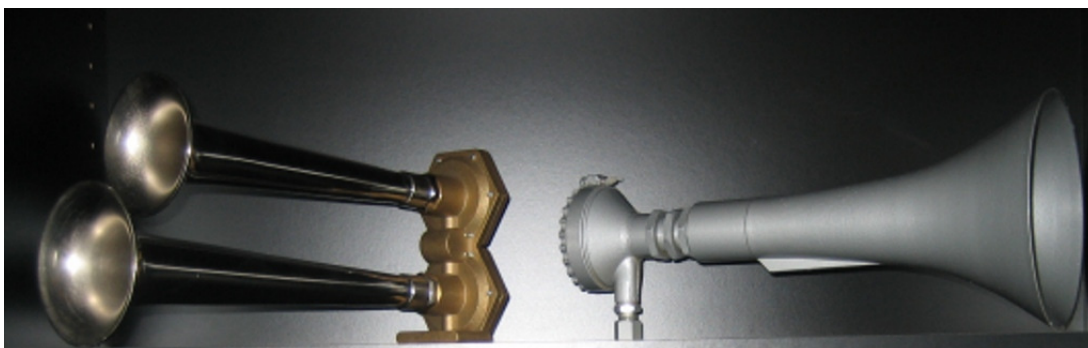
Slika 1. Priključnice



Slika 2. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 3. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 4. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 5. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 6. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 7. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.



Slika 8. Neki od proizvoda poduzeća Popijač- Kovinar d.o.o.

### 3. OPIS POGONA

#### 3.1. Ljevaonica

Prvi dio pogona je ljevaonica. Sastoji se od tiganjske peći sa grafitnim loncem gdje se kao gorivo koristi lož ulje.

Prije taljenja, pojedine komponente je potrebno izvagati kako bi se dobila željena legura. Ovisno o propisanom postotku pojedinih komponenta u peć se stavlja određena masa svakog metala. Primjerice kod nastajanja mjedi najprije se tali bakar (Cu), a zatim se dodaje cink (Zn). Taljenje se odvija u plamenoj peći, u grafitnom loncu na temperaturi 1084 °C. Ako se ukaže potreba za postizanjem dodatnih svojstava legure mjedi, dodaju se još neki legirni elementi, primjerice olovo (~ 1%), aluminij (~0.5%)...

Ovo poduzeće se manjim dijelom koristi lijevanjem legura aluminijske, silicij, magnezija te čistog aluminijske.

Nakon postizanja željene legure, ista se lijeva u kokile- trajne metalne kalupe pri čemu se koriste još i pješćane ili metalne jezgre.

Nakon što se talina dovoljno ohladi odljevak se izbacuje iz kalupa. Tako dobiven pripremak spreman je za daljnju zahtjevanu obradu.

Trajni metalni kalup- kokila koristi se za daljnje lijevanje tj. za daljnje dobivanje istih odljevaka.

Osim kokila postoje i jednokratni, pješćani kalupi, ali u ovoj ljevaonici nema potrebe za njihovo korištenje.

Prilikom lijevanja često se koriste jezgre koje mogu biti pješćane i metalne, a izrađuje ih se u vlastitoj alatnici ili u alatnici s kojom surađuju.

Pješćane jezgre se izrađuju od pjeska sa vezivom koji se sipa u zagrijani kalup. Kad se po rubovima stvrdne pjesak sa vezivom, kalup se pomakne da pjesak iscure van. Jezgra ostaje u kalupu dok ne ispadne ili ju se izbacuje iz kalupa, ovisno o složenosti oblika jezgre.

Sastavni dio alata je uljevni sustav pomoću kojeg se puni kalupna šupljina. Talina se drži u alatu da se ohladi, zatim se izbacuje iz kalupa te se odreže uljevni sustav s odljevka. Tad se odljevak prosljeđuje na daljnju, primjerice strojnu obradu ili kovanje, a ako je traženo samo lijevanje, bez dodatnih obrada odljevak ide u postupak čišćenja površine, što se vrši ili u sačmarilici ( površina dobiva pjeskareni izgled) ili u vibracijskom uređaju za čišćenje izradaka.

To je tzv. briljantiranje nakon čega je površina izratka glatka i sjajna.

Po završetku postupka lijevanja provjerava se da li je oblik odljevka pravilan te je li raspoređenost metala zadovoljavajuća, gravura, ima li vidljivih pora, slučajnih pogrešaka. Pošto se lijevanje vrši u trajne kalupe slijedivost je omogućena, a redovitom provjerom alata i osigurana.



Slika 9. Lijevanje u kokilu

### 3.2. Kovačnica

Slijedeći dio pogona je kovačnica.

Kovanje, inače najstariji način obradbe metala, je postupak oblikovanja koji se u ovom postrojenju vrši u toplom stanju.

Postoji više načina pripreme materijala za kovanje. Za postupak kovanja potrebno je pripremiti materijal koji je dobavljen. Primjerice, ako je dobavljen u obliku šipki, šipka se na kružnoj pili, koja je tamo dostupna, razreže na manje dijelove željenih duljina. Takvi pripremci se zatim zagrijavaju u elektropeći ili ako se radi o pojedinačnom komadu, on se zagrijava plamenom te ide u tarne preše na kovanje.

Druga mogućnost pripreme materijala za kovanje jest lijevanjem dobiti predmodele. Na taj način se dobiju odljevci forme približne konačnom izgledu otkivka. Takav, dovoljno vruć odljevak se stavlja u frikcijsku prešu, odnosno u ukovanj i izvrši se kovanje. Taj postupak je pogodan za komade veće mase, da se ne ohlade brzo nakon zagrijavanja.

Alat za kovanje se mijenja svakih nekoliko godina, ovisno o serijama. Glavni uvjeti za mjenjanje alata je širenje gravure i puknuća koja krenu od rubova. U tom slučaju se otkivak teže vadi iz alata, u konačnici alat se odbaci.





Slika 10. Kovanje u ukovnju

Nakon što je kovanje završeno, otkivak ohlađen, slijedi odsjecanje vijenca tj. viška materijala u ekscentar preši. Kao alat za odsjecanje tog okvira koristi se alatni čelik za hladni rad.

Greške koje se pojave u tijeku odsjecanja su odsjecanje dijela obradka, a kod sitnih komada se može dogoditi da ih alat prereže. Uzrok tome je loše postavljen obradak u alat.

Osim odsjecanja vijenca, ako je potrebno mogu se otkivati i rupe na istom stroju-ekscentar preši.

Ponekad je potrebna i naknadna strojna obrada kojom se po potrebi buše rupe, narezuju navoji, upušta, gloda ili tokari kako bi se dobili izradci željenih oblika i dimenzija.



Slika 11. Odsjecanje vijenca

### 3.3. Obrada površine

Naposlijetku je željenom izratku potrebno još samo očistiti površinu u sačmarilici ili u vibracijskom uređaju za čišćenje. Ti postupci služe i u estetske svrhe. U sačmarilici se dobije gruba, sačmarena površina, a u vibracijskom uređaju (briljantiranjem) glatka i sjajna površina.

Briljantiranje je postupak koji se sastoji od međudjelovanja kuglica, deterdženta, kiseline i vibracija uslijed kojih se s površine odstranjuju masni, crni grafitni premazi koji nastaju tijekom kovanja, a služe za bolje kovanje. Na samome kraju se izradak stavi na sušenje u piljevinu koja upije vlagu i dodatno ugladi njegovu površinu.



Slika 12. Sačmarilica

### 3.4. Strojna obrada

U dijelu pogona za strojnu obradu vrše se slijedeće obrade: tokarenje, glodanje, bušenje, upuštanje, razvrtavanje, narezivanje navoja te brušenje, oštrenje alata. Za navedene obrade na raspolaganju su dvije glodalice, tri tokarska stroja, šest stupnih bušilica te dvije brusilice za oštrenje alata.



Slika 13. Stupne bušilice

### 3.5. Kontrola kvalitete

Kontrola kvalitete se vrši u toku proizvodnje.

Kod lijevanja se isključivo vrši vizualna kontrola. Pošto se radi na način da jedan ljevač zahvaća i lijeva talinu, a drugi drži kalup u koji se lije i kasnije izbacuje odljevak, ljevači odmah vrše vizualnu kontrolu odljevaka. Pritom se obraća pozornost na to da li je odljevak zahtjevanog oblika; da li je došlo do neodgovarajućeg oblika odljevka kao posljedice nepotpunog popunjavanja kalupa; da li su vidljive uključine, šljaka na površini; da li je gravura potpuna i pravilna; da li je tekstura ujednačena. Ukoliko se uoče neke od navedenih nepravilnosti odljevak se vraća u peć na ponovno taljenje. Učestalost uočenih grešaka je mala, a najčešće nastupa kad dođe do grešaka na alatu tj. kad alat napukne, kad se izliže alat.

Kovanje se vrši komad po komad pa kovač prilikom kovanja ili odsjecanja viška materijala vrši vizualnu kontrolu pri čemu provjerava ispravnost oblika otkivka, popunjenost gravure i sl. Nepravilnosti koje se još uoče su stvaranje ljuskica na površini, što se kasnije očisti u sačmarilici i bubrenje površine ako se kovao pretopao odljevak. Sav uočeni škart se vraća nazad u peć na ponovno taljenje.

Prilikom strojne obrade se uglavnom vrši vizualna kontrola pri čemu se prati da li je u toku obrade došlo do nepravilnosti npr. zarezivanje materijala, oštećenja zbog loše podešenih parametara. Poslije obrade se vrši kontrola ovisno o zahtjevu obratka. Na raspolaganju su pritom pomična mjerila (mehanička i digitalna), mikrometri, trokraki mikrometri za mjerenje unutarnjih promjera, kalibri za kontrolu navoja po principu ide-neide, češljevi za kontrolu navoja, kalibri za oblik i dimenziju otkivaka također po principu ide-neide. Ukoliko dođe do nepravilnosti koje se ne mogu na neki način popraviti, komad se vraća u peć.

Kontrolu vrše radnici periodički ovisno o zahtjevima proizvoda.



Slika 14. Ručna mjerila za dimenzionalno ispitivanje



Slika 15. Trokraki mikrometar



Slika 16. Primjer dimenzionalnog ispitivanja slijepe rupe

#### 4. PRIKLJUČNICA 1000A

Priključnica (1000A), koju ovo poduzeće proizvodi više od deset godina, primjenjuje se kod transformatora. Iz transformatora izlaze četiri bakrene šipke sa navojem M 30x2. Na svaku šipku se navine priključica i s dva vijka M10 se dodatno stegne što sprječava pojavu zračnosti, a time i zagrijavanja, iskrenja te konačno kvarova u radu transformatora koji se priključuje u električni vod. Na pločastom dijelu priključnice je bitna što glađa i sjajnija površina na koju se vijcima pritegnu dva vodiča preko kojih se struja dalje prenosi. Pritom je bitno da nema srha kako ne bi došlo do iskrenja, a u konačnici i do požara.

Tehnički podaci:

broj komada u ispitivanoj seriji: 340

broj serija godišnje: 6

ukupna količina u 2008. godini: 2010 komada

materijal: Zn 39%, Pb 2%, Cu 59%



Slika 17. Priključnica 1000A



Transformator prikazan na slici 18., na kojemu se nalaze dotične priključnice, je trofazni uljni transformator sa sustavom samohlađenja i kao takvi su prikladni za rad na otvorenom i u zatvorenom prostoru. Raspon snage im je od 50 do 2500kVA te maksimalnog napona do 36kV. [1]

Slika 18. Transformator

#### 4.1. Lijevanje

Priključnica (1000A) se radi od 39% cinka, 2% olova i 59% bakra iz čega slijedi da se radi o leguri obojenih metala zvanom mjed.

Mjedi, legure bakra i cinka, su najrasprostranjenije legure bakra s vrlo raznolikom primjenom koja proizlazi iz dobre električne i toplinske vodljivosti, dobrih mehaničkih svojstava, mogućnosti prerade u toplom i hladnom stanju te antikorozivnost.



Slika 19. Grafitni lonac

Taljenje se vrši u grafitnom loncu proizvođača Silvio Morando & C. tipa A300 visine 559 mm, zapremnine za rad 37 litara izgleda kao na slici 19.

Grafit je visokokvalitetni vatrostan materijal, dobro provodi toplinu i visokootporan je na topljeni metal i šljaku.

Lonac je potrebno predgrijati na prazno prije početka rada i ne smije se puniti dok lonac ne bude crveno usijan. Čim je lonac dostigao usijanje po cijeloj površini treba pristupiti taljenju jer predugo predgrijavanje šteti vijeku trajanja lonca. Najprije se ubacuje lagani metalni otpadak čime se formira „jastuk“ tj. mekana podloga koja nježnije prima teže komade. Ingoti se ulažu u lonac samo okomito kako nebi koso opterćivali lonac. Čim je metal rastaljen, treba ga izljevati pošto treba izbjegavati pregrijavanje metala.

Na kraju rada lonac se potpuno isprazni. Pažljivo se stružu ostaci s unutarnje stijenke i dna lonca dok je još topao da ne bi došlo do ekspanzijskih pukotina. [2]

Mjed se dobiva na način da se iz zadanih udjela pojedinih elemenata u leguri odredi masa bakra koja se zatim u tiganjskoj peći zagrijava do temperature 1084°C tj. do temperature taljenja bakra. Zatim se dodaju određene mase cinka i olova u talinu. Kad se postigne ujednačena talina slijedi gravitacijsko lijevanje u trajni metalni kalup, u kokilu. Kokila se sastoji od dva dijela, gornjaka i donjaka. Kalup se sastoji od uljevnog dijela i šupljine koja se puni talinom. Kokile trpe oštećenja zbog termičkog zamora.

Kokila je izrađena od konstrukcijskog čelika. Godišnje se iskoriste dvije kokile iz razloga što svakih 1000 odljevaka dolazi do listanja iste pa je vađenje predmodela za kovanje otežano. Kokile omogućuju postizanje dimenzijske preciznosti i finoće površine.

Prije prvog lijevanja potrebno je kokilu zagrijati, što se vrši njenim stavljanjem pored peći za taljenje.

Lijevane mjedi posjeduju uski interval skrućivanja i zbog toga ne dolazi do segregacija u znu. Primjenjuju se u lijevanom stanju zbog povišene čvrstoće. [3]

Slika 20. Donji dio kokile



Nakon ulijevanja pričekava se nekoliko trenutaka kad se miče gornji dio kalupa. Nakon još nekoliko trenutaka kad se talina dovoljno skrutne, po procjeni ljevača, odljevak se istresa iz kalupa. Kalup se zatim uranja u vodu kako bi se ohladio na početnu radnu temperaturu što omogućuje i slijedećoj talini da se što brže ohladi.

Prije slijedećeg ulijevanja kalup se pošprica zračnom špricom i to s kaolinom, kredom u prahu koja se pomješa sa vodom i dijelom alkohola da brže ispari. To omogućuje lakše odvajanje odljevka iz kalupa kod istresanja tj. sprječava ljepljenje taline za kokilu.

Prilikom i nakon istresanja odljevka ljevač vrši vizualnu kontrolu. Pozornost obraća na to je li odljevak odgovarajućeg oblika, a posebno je li pero pravilnog oblika te bez značajnih površinskih nepravilnosti i uključaka.

Ljevači navode da su greške kod ovih odljevaka iznimno rijetke. Greška koja se može dogoditi je da šljaka koja inače pluta po površini taline još nije isplivala u potpunosti pa kod grabljenja bude dio taline koja se ulijeva u kalup.

Ako dođe do nastanka škarta, ti odljevci se vraćaju u peć kako bi se postupak lijevanja ponovio.

Nakon lijevanja reže se uljevni sustav te odljevak ide na kovanje.



Slika 21. Lijevanje u kalup



Slika 22. Odljevak u kalupu

## 4.2. Kovanje



Slika 23. Tarna preša

Kovanje se vrši u tarnoj preši Schuler, model PFW 180/800, mase 220 t, maksimalnog broja udaraca 16 udaraca/min, hoda bata 400 mm koja je prikazana na slici 23.

Tarne ili frikcijske preše ubrajaju se u vretenaste preše. Navedena tarna preša je tipične konstrukcije. Sastoji se od dva vertikalna i jednog horizontalnog diska. Vertikalni diskovi dobivaju pogonski moment od elektromotora i povezani su horizontalnom osovinom, koja se može mehanizmom pomicati lijevo- desno i na taj način mjenjati disk u kontaktu sa horizontalnim. Ovaj je horizontalni disk povezan sa vretenasto postavljenim vretenim s trapeznim navojem što omogućuje prijenos velikih sila i podnošenje velikih pritisaka. Brzina malja kontinuirano raste od gornjeg do donjeg najnižeg položaja, što je povoljno u pogledu oblikovanja jer malj ubrzava. [4]

Kovanje se vrši u toplom stanju što dovodi do snižavanja potrebnih sila deformiranja (manji utrošak rada).

Najbolje temperaturno područje za toplu preradu je 650°C -750°C. Smanjena žilavost i heterogenost povoljne su za poboljšanje obradljivosti mjedi postupcima odvajanja čestica (bušenje, glodanje). Za dodatno poboljšanje obradljivosti odvajanjem čestica u leguri je zaslužno olovo. [3]

Prema načinu provođenja postupka radi se o kovanju u ukovnjima. Kovanje u ukovnju je postupak kod kojeg metal, pod djelovanjem udarca malja ispunjava profilirani prostor izrađen u kovačkom alatu tj. ukovnju. Tečenje materijala je ograničeno zidovima gravure ukovnja. Kovanjem u ukovnju se postiže odgovarajuća kvaliteta gotovog izratka te njegove ujednačene dimenzije i oblik. [4]

Još topli odljevci pripremljeni za kovanje s odrezanim ulijevnim sustavom idu u postupak toplog kovanja. Alat za kovanje je napravljen od čelika za topli rad W300 tvrtke Böhler (Č4751, DIN X38CrMoV5-1, EN 1.2343).

Početni volumen priprema je veći od volumena otkivka, a višak materijala istječe u posebno profilirani prostor u ukovnju, tzv. kanal za vijenac i po opsegu otkivka oblikuje vijenac.

Kanal za vijenac je dimenzioniran tako da može primiti višak materijala, ali pri tom ne smije biti ispunjen do kraja.





Slika 24. Odljevak u ukovnju

Ukovanj za kovanje priključnice 1000A je otvorenog tipa. [4]

Materijal za izradu ukovnja mora ispunjavati nekoliko zahtjeva: mora biti izrađen iz materijala otpornog na nagle temperature promjene, velike žilavosti, dinamičke izdržljivosti i tvrde površine otporne trošenju.

Prije početka kovanja potrebno je predgrijati ukovanj kako nebi vrući materijal obradka došao u u kontakt sa hladnom površinom ukovnja. Poradi izbjegavanja temperaturnog šoka i produljenja vijeka trajanja ukovanj se predgrijava na 250°C- 300°C što se vrši plamenom.

Prije svakog slijedećeg kovanja alat za kovanje se premaže grafitnim premazom na bazi ulja kako bi se šupljina ukovnja lakše i bolje ispunjavala.



Slika 25. Vađenje otkivka iz ukovnja

Kovač nakon kovanja vrši vizualnu kontrolu otkivka. Ponekad se dogodi da se na površini otkivka pojave ljuskice koje se kasnije očiste u sačmarilici, ali ono što je kritično jest nabubrena površina otkivka što se dogodi ako se pretopao odljevak kuje. Takav otkivak se škartira i šalje ponovno u peć na taljenje.

Nakon kovanja slijedi odstranjivanje viška materijala kovačkom operacijom odsjecanja koje se vrši u alatu konstruiranom za tu svrhu. Kao alat za odsjecanje tog okvira koristi se čelik za hladni rad K110 tvrtke Böhler (Č4850, Din X155CrVMo12-1, EN 1.2379).

Kada malj udari u obradak otkiva otkivak koji pada u sabirnu kutiju, a vijenac ostaje na ukovnju te se škartira. Postupak odsjecanja se vrši na ekscentar preši Schuler mase 60 t prikazanoj na slici 26.

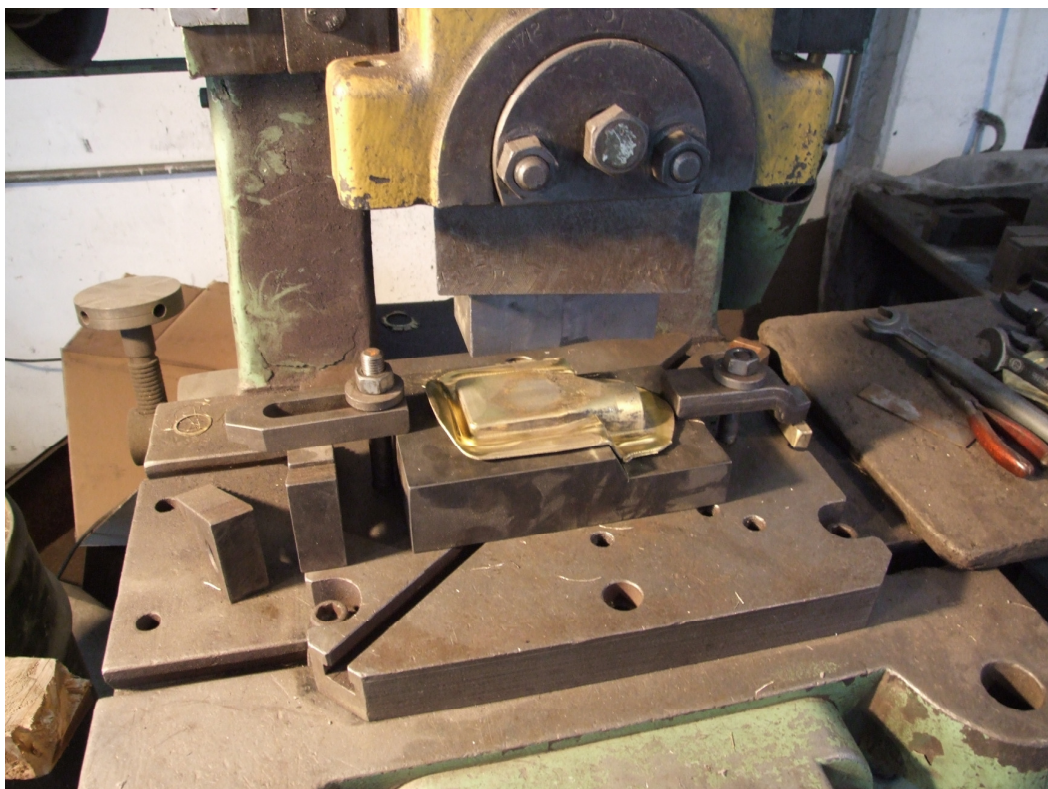
Greške koje se eventualno pojave u postupku odsjecanja jesu odsjecanje donjeg dijela obradka. Razlog tome je krivo centriran alat kojeg povremeno treba pritegnut.



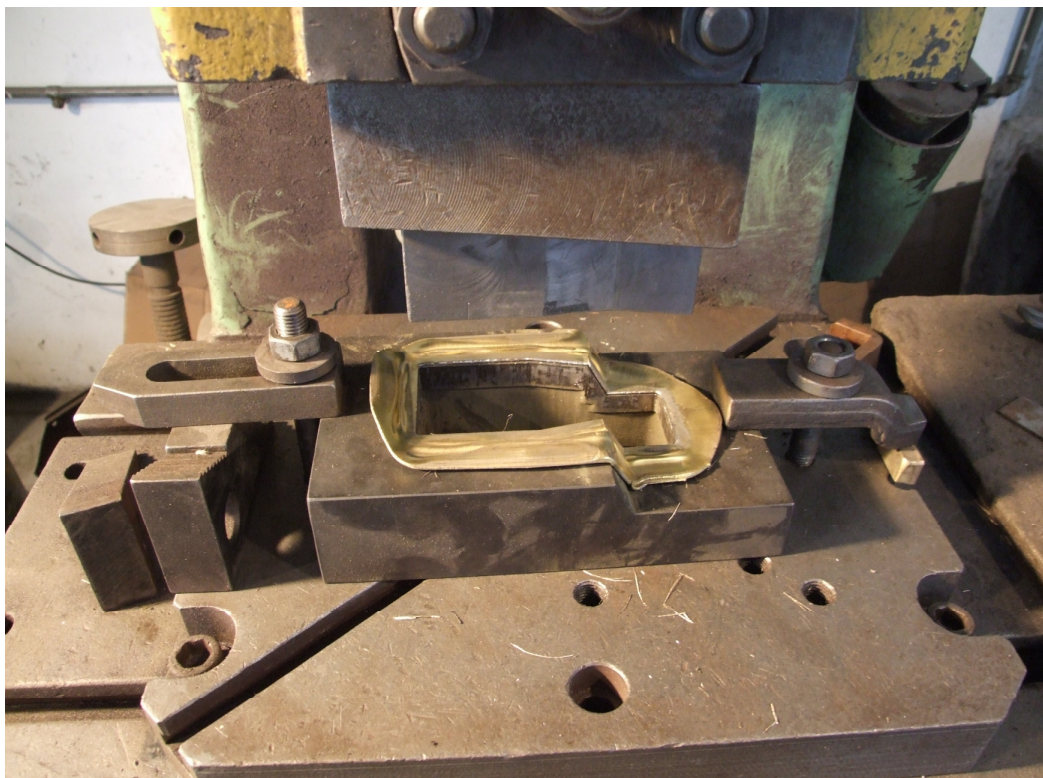
Slika 26. Ekscentar preša



Slika 27. Obradak prije odsjecanja



Slika 28. Obradak u alatu za odsjecanje



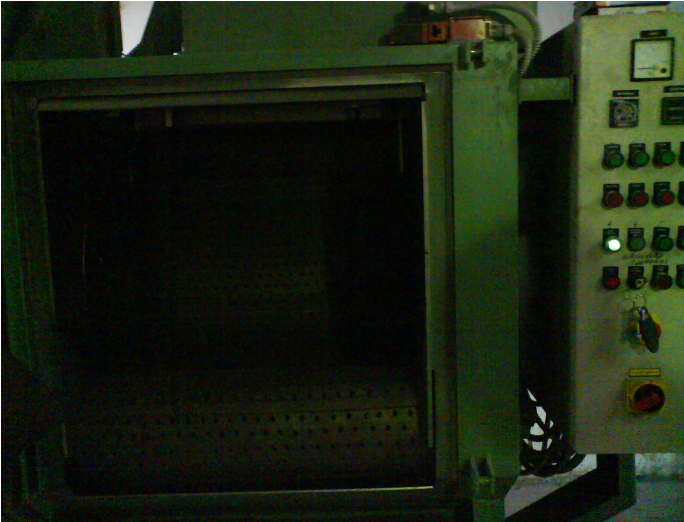
Slika 29. Vijenac nakon postupka odsjecanja



Slika 30. Obradak nakon odsjecanja

### 4.3. Obrada površine

Obrada površine se vrši u sačmarilici BO- DA modela GG80 zapremnine 80 litara. Ovdje se čeličnom sačmom postiže matirana površina obradka očišćena od grafitnog premaza kojeg je obradak poprimio u ukovnju tijekom kovanja.



Sika 31. Unutrašnjost sačmarilice



Slika 32. Priključnice u bubnju sačmarilice



Slika 33. Obradak nakon sačmarenja

#### 4.4. Strojna obrada

Obradak tokom strojne obrade prođe nekoliko operacija.

Najprije se buši rupa  $\varnothing 28$  kroz donji deblji dio priključnice na jednovretenoj stupnoj bušilici Prvomajska Dalmastroj, tipa SB-3. Na istom stroju se promijeni rezni alat. Montira se upuštalo kojim se vrši upuštanje s gornje strane obradka.

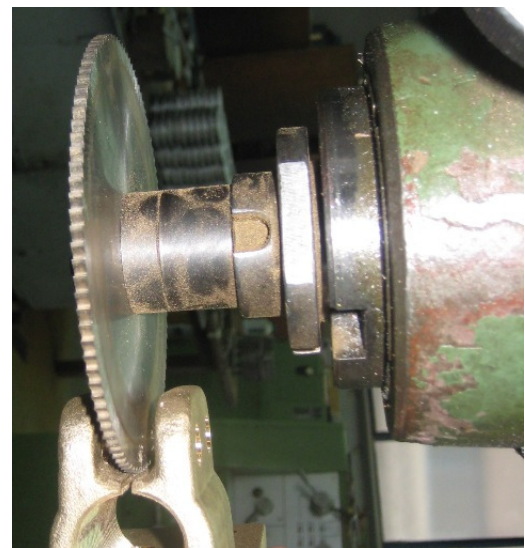
Isti se postupak vrši i za urezivanje navoja. Ureznicom se na istom stroju vrši urezivanje navoja M 30x2. Da navoj bude centriran radnik koristi kutnik prilikom stavljanja obradka u škripac.

Svrkla, rezna kao i urezna, bruse se otprilike svakih 2000 komada, a trajnost obrađivanja im je otprilike 10 000 komada.



Slika 34. Postavljanje obratka u škripac pomoću kutnika

Slijedeće je cirkularno piljenje na glodalici po dužini između dva pera. Pila se brusi svakih 2000 komada. U slučaju da se brzina piljenja poveća od uobičajene može se dogoditi da pila izbaci obradak iz škripca.



Slika 35. Rezanje na glodalici



Slika 36. Urezivanje navoja M30x2

Nakon piljenja slijedi pročišćavanje navoja ureznicom. U tijeku pročišćavanja može se dogoditi da ureznica zahvati špenu i preskoči navoj. Takvo uništenje navoja se dogodi otprilike jednom na 500 komada nakon čega se obradak, dakako, škartira.

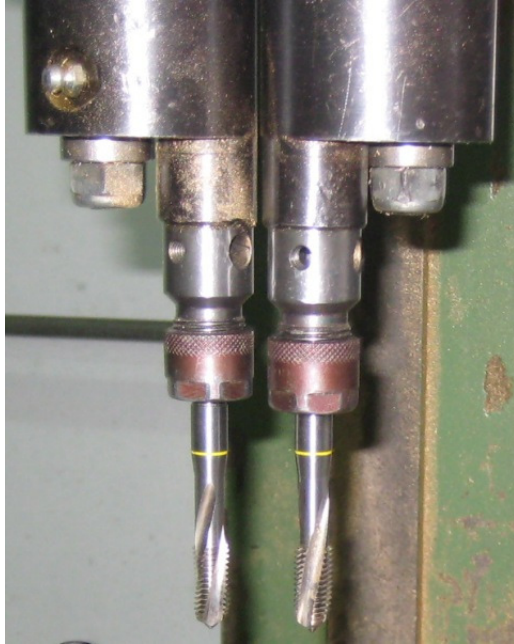
Sa uređajima za provjeru navoja po principu ide- neide radnik kontrolira otprilike svaki dvadeseti komad. Nakon svakih pedesetak komada radnik brusi svrdlo kako bi održao tražene mjere navoja poradi šipke koja se spaja u tom dijelu na priključnicu i koja mora dobro pijanjeti kako ne bi došlo do zagrijavanja ili iskrenja.

Kad dođe do zatupljenja svrdla za urezivanje navoja svrdlo počinje gurati materijal prema van. Svrldo u tom slučaju ne puca jer se radi o mekanom materijalu koji se obrađuje.

Na perima se buše rupe u jednom prolazu, kroz oba pera na jednovretenoj bušilici Dalmastroj PSB-5 s dva svrdla. Svrdla su dvostrukog promjera  $\text{Ø}8$  i  $\text{Ø}12$ . Nakon toga se svrdla zamjene sa ureznim svrdlima i narezuje se navoj M10 na donji dio pera.



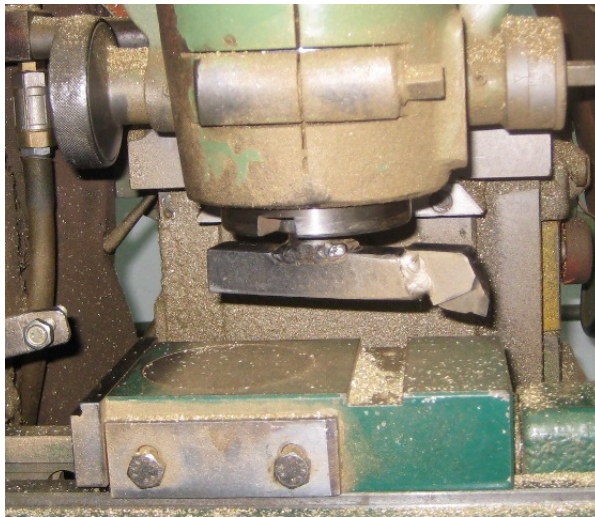
Slika 37. Svrdla s dvostrukim promjerima



Slika 38. Urezna svrdla M10

Na pločastom dijelu priključnice se buše dvije rupe na istoj jednovretonoj stupnoj bušilici Dalmastroj PSB-5. Potrebno je namjestiti držače svrdala nakon prethodne operacije bušenja što se vrši pomičnim mjerilom.

Obradak se centrira kutnikom pošto se os središnjeg navoja M30x2 treba poklapati sa osi između navedenih dviju rupa. Obradak se namješta u škripac do prethono podešenog graničnika. Promjer ovih rupa  $\varnothing 14$  je slobodnih tolerancija.



Slika 39. Tokarski nož u funkciji glodanja



Slika 40. Glodanje

Turpijom je potrebno skinuti nastale srhove nakon čega obradak ide na glodanje.

Na gornjem pločastom dijelu priključnice, repu, vrši se čeono glodanje na glodalici ALG 100 kako bi se postigla sjajna, glatka površina koja u primjeni omogućuje dobro prijanjanje na površinu na koju se postavlja i tako postignutim kontaktom i puštanjem struje od 1000A sprječava zagrijavanje spoja.

Operacija glodanja se vrši najprije sa stražnje, a zatim s prednje strane priključnice. Glodanje se vrši na glodalu sa zavarenim tokarskim nožem.





Nakon glodanja je potrebno skinuti srhove sa rubova tokarenih površina što se vrši na stolnoj brusilici.

Slika 41. Brušenje bridova priključnice

Slijedeća operacija je skidanje srhova sa rupa na repu i perima priključnice te navoja na peru. Navedeno upuštanje se vrši upuštalom na bilo kojoj slobodnoj stupnoj bušilici, ali u ovome slučaju to je bila Dalmastroj SB-30. Upuštalo se s vremena na vrijeme pobrusi, otprilike svakih 10 000 komada.

Na samome kraju se zrakom očisti špena koja je zaostala u navoju M30x2 obradka kao posljedica prethodnih strojnih obrada.



Slika 42. Upuštanje

#### 4.5. Kontrola kvalitete

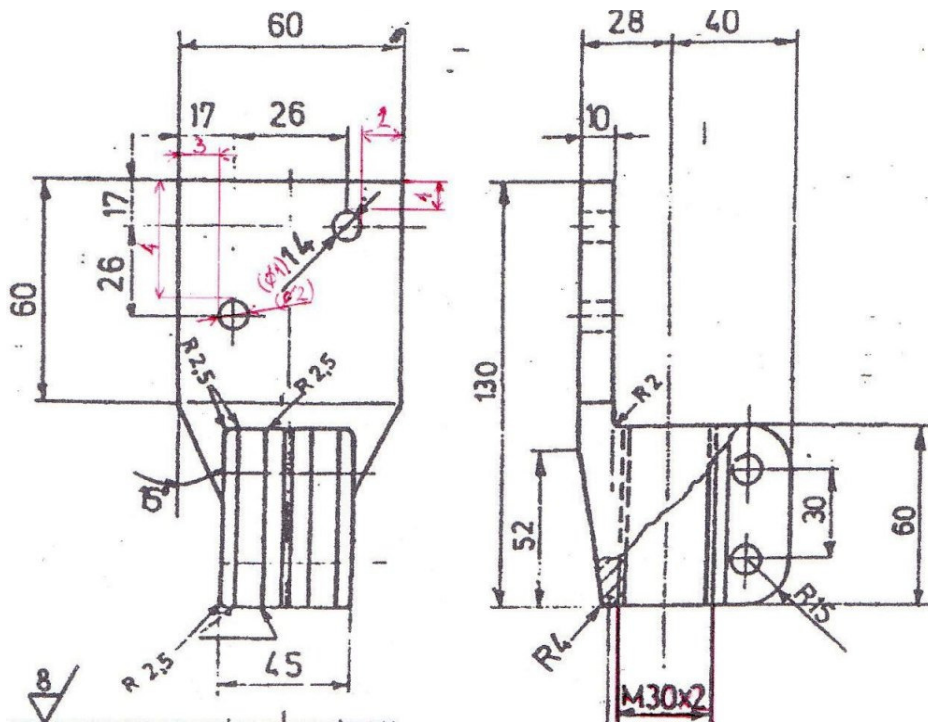
U ranijim poglavljima sam navela kako se kontrola kvalitete uglavnom vrši vizualno u postupcima lijevanja, kovanja i odsjecanja. Tijekom i nakon strojne obrade koriste se mjerni uređaji pomično mjerilo, mehaničko i digitalno, te granična mjerila za određivanje točnosti navoja M30x2.

Potreba za nabavljanjem graničnih mjerila po principu ide- neide se pojavio prije otprilike godinu i pol dana kada se narezno svrdlo istrošilo i šipke se više nisu mogle montirati na priključnicu.



Slika 43. Gotovi obradci

## 5. DIMENZIONALNO ISPITIVANJE



Slika 44. Označene ispitivane dimenzije



Na slici 44. su označene dimenzije čije su izmjerene vrijednosti navedene u tablici 1. Dimenzije označene brojevima od 1 do 6 u tablici 1. su mjerene pomičnim mjerilom dok je navoj M30x2- 6H kontroliran graničnim mjerilom po principu ide- neide.

Slika 45. Ručna mjerila korištena u mjerenju dimenzija

Tablica 1. Izmjerene vrijednosti

Redni broj mjerenja	1 (10mm)	2 (10mm)	3 (10mm)	4 (36mm)	Ø 1 (Ø 14)	Ø 2 (Ø 14)	Ide-neide M30X2-6H
1.	10.10	10.10	10.40	36.08	14.10	14.10	+
2.	10.00	10.00	10.30	36.08	14.10	14.08	+
3.	10.10	10.10	10.20	36.08	13.96	14.10	+
4.	10.00	10.00	10.13	36.08	14.08	14.10	+
5.	10.20	10.10	10.20	36.14	14.10	14.10	+
6.	10.14	10.30	10.30	36.08	14.12	14.12	+
7.	10.10	10.10	10.34	36.12	14.08	14.12	+
8.	10.08	10.18	10.30	36.04	14.04	14.06	+
9.	10.08	10.14	10.00	36.10	14.02	14.02	+
10.	10.08	10.50	10.28	36.06	14.06	14.10	+
11.	10.08	10.06	10.34	36.18	14.08	14.10	+
12.	10.08	10.10	10.32	36.20	14.12	14.10	+
13.	10.08	10.10	10.38	36.02	14.08	14.02	+
14.	10.16	10.08	10.28	36.16	14.08	14.08	+
15.	10.08	10.18	10.20	36.12	14.10	14.10	+
16.	10.10	10.18	10.40	36.20	14.10	14.02	+
17.	10.06	10.10	10.40	36.08	14.02	14.08	+
18.	10.02	10.02	10.30	36.08	14.10	14.02	+
19.	10.00	10.04	10.26	36.08	14.02	14.04	+
20.	10.00	10.10	10.30	36.08	14.02	14.02	+
21.	10.10	10.10	10.22	36.02	14.04	14.04	+
22.	10.22	10.10	10.20	36.22	14.02	14.04	+
23.	10.08	10.08	10.14	36.00	14.02	14.02	+
24.	10.06	10.10	10.22	36.00	14.00	14.00	+
25.	10.02	10.00	10.20	36.06	14.02	14.02	+
26.	10.00	10.02	10.18	36.08	14.08	14.08	+
27.	10.10	10.10	10.30	36.00	14.02	14.02	+
28.	10.02	10.00	10.20	36.00	14.08	14.02	+
29.	10.02	10.10	10.26	36.02	14.08	14.04	+
30.	10.06	10.08	10.22	36.08	14.02	14.04	+
31.	10.00	10.00	10.20	36.00	14.04	14.03	+
32.	10.00	10.10	10.24	36.10	14.02	14.02	+
33.	10.08	10.00	10.70	36.12	14.02	14.04	+
34.	10.08	9.70	10.26	36.00	14.02	14.02	+
35.	10.02	10.08	10.22	36.02	14.08	14.04	+
36.	10.00	10.04	10.32	36.04	14.08	14.08	+
37.	10.00	10.08	10.30	36.02	14.04	14.08	+
38.	10.08	10.08	10.22	36.02	14.02	14.08	+
39.	10.00	10.10	10.28	36.04	14.02	14.02	+
40.	10.06	10.00	10.22	36.00	14.02	14.04	+
41.	10.02	10.02	10.22	36.02	14.10	14.04	+

42.	10.01	10.06	10.32	36.08	14.06	14.02	+
43.	10.00	10.02	10.30	36.06	14.08	14.08	+
44.	10.02	10.10	10.22	36.08	14. 10	14.06	+
45.	10.00	10.04	10.32	36.00	14.12	14.04	+
46.	10.06	10.00	10.28	36.00	14.06	14.10	+
47.	10.00	10.10	10.38	36.06	14.06	14.04	+
48.	10.02	10.08	10.18	36.00	14. 08	14. 06	+
49.	10.00	10.02	10.28	36.00	14.08	14.08	+
50.	10.08	10.02	10.26	36.02	14.02	14.02	+
51.	10.10	10.00	10.28	36.08	14.02	14.02	+
52.	10.06	10.02	10.30	36.02	14. 02	14. 02	+
53.	10.02	10.16	10.20	36.08	14.02	14.02	+
54.	10.00	10.08	10.30	36.00	14.02	14.08	+
55.	10.08	10.08	10.18	36.02	14.00	14.02	+
56.	10.02	10.08	10.32	36.00	14.02	14.00	+
57.	10.18	10.06	10.30	36.10	14.08	14.02	+
58.	10.08	10.18	10.36	36.08	14.02	14.08	+
59.	10.00	10.02	10.12	36.08	14.08	14.08	+
60.	10.10	10.10	10.38	36.10	14.10	14.08	+
61.	10.08	10.08	10.34	36.20	14.02	14.08	+
62.	10.08	10.14	10.30	36.08	14.08	14.02	+
63.	10.02	10.00	10.28	36.02	14.04	14.02	+
64.	10.00	10.00	10.30	36.00	14. 02	14.08	+
65.	10.14	10.00	10.24	35.98	14.06	14.02	+
66.	10.10	10.08	10.26	36.00	14.10	14.06	+
67.	10.02	10.02	10.30	36.00	14.10	14.02	+
68.	10.00	10.00	10.36	36.08	14. 08	14.06	+
69.	10.10	10.08	10.32	36.08	14.00	14.08	+
70.	10.10	10.10	10.26	36.02	14.08	14.02	+
71.	10.06	10.10	10.28	36.02	14.08	14.06	+
72.	10.00	10.00	10.28	36.08	14.10	14.10	+
73.	10.08	10.08	10.30	36.02	14.10	14.10	+
74.	10.10	10.10	10.24	36.18	14.12	14.10	+
75.	10.08	10.10	10.28	36.02	14.10	14.08	+
76.	10.02	10.00	10.30	36.00	14.10	14. 04	+
77.	10.08	10.08	10.32	36.08	14.06	14.08	-
78.	10.14	10.10	10.40	36.00	14.08	14.02	+
79.	10.10	10.10	10.28	36.00	14.10	14.10	+
80.	10.10	10.10	10.26	36.10	14.10	14. 08	+
81.	10.00	10.08	10.26	36.00	14.08	14.08	+
82.	10.10	10.00	10.26	35.98	14.08	14.00	+
83.	10.00	10.02	10.30	36.00	14.08	14.06	+
84.	10.00	10.10	10.28	36.08	14.08	14. 10	+
85.	10.08	10.02	10.26	35.98	14.1	14.02	+
86.	10.10	10.02	10.28	36.08	14.02	14.04	+
87.	10.00	10.10	10.28	36.04	14.02	14.02	+

88.	10.02	10.08	10.28	36.00	14.02	14.06	+
89.	10.00	10.08	10.10	36.04	14.06	13.98	+
90.	10.02	10.02	10.34	36.00	14.10	14.06	+
91.	10.10	10.00	10.28	36.00	14.08	14.10	+
92.	10.00	10.06	10.24	36.08	14.08	14.04	+
93.	10.08	10.06	10.30	36.00	14.08	14.04	+
94.	10.00	10.08	10.24	36.10	14.04	13.98	+
95.	9.98	10.10	10.20	36.00	14.08	14.00	+
96.	10.04	10.08	10.28	36.08	14.02	14.02	+
97.	10.00	10.18	10.28	36.00	14.02	14.08	+
98.	10.00	10.00	10.22	36.00	14.06	14.04	+
99.	10.00	10.02	10.22	36.10	14.02	14.02	+
100.	10.08	10.08	10.28	36.00	14.02	14.04	+

Tijekom kontroliranja navoja kalibrom M30x2-6H u jednom slučaju se dogodilo da je navoj bio preuzak za kalibar. Mjerenja su se vršila u jutarnjim satima zimskih dana kada obradci nisu postigli radnu temperaturu pogona. Pošto se negativno ocijenjeni obradak zagrijao na dvadesetak stupnjeva ponovnim mjerenjem je utvrđeno da je obradak odgovarajućih dimenzija navoja M30x2.

Promjenom temperature mijenjaju se i dimenzije nekog strojnog elementa, a time se mijenjaju i stvarne izmjere otvora ili rukavca. Promjena dimenzija ovisna je o koeficijentu toplinskog rastezanja  $\alpha$  ( $K^{-1}$ ), promjeni temperature  $\Delta T$  (K) i promjeni veličina promjera rukavca  $d$ , odnosno provrta  $D$ . [5]

Promjena promjera za provrt iznosi:

$$\Delta D = \alpha_p \cdot (v_p - v_{osn}) \cdot D$$

$\alpha_p$  - koeficijent toplinskog rastezanja provrta,  $K^{-1}$

$$\alpha_{mjed} = 18.4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\alpha_{Cu} = 16.5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$v_p$  - radna temperature provrta,  $K^{-1}$  (u ovom slučaju temperature provjeravanja navoja)

$v_{osn}$  - osnovna temperature ( $v_{osn} = 20^\circ C$ ),  $^\circ C$

$D$  - promjer provrta

Prilikom mjerenja na temperaturi od  $17^\circ C$  utvrđeno je da obradak izlazi iz granica tolerancije 6H koje iznose od 0 do  $+13 \mu m$  za dotični promjer.

$$\Delta D = \alpha_p \cdot (v_p - v_{osn}) \cdot D = 18,4 \cdot 10^{-6} \cdot (17^\circ - 20^\circ) \cdot 30 = -1,656 \cdot 10^{-3} \text{ mm} = -1,656 \mu m$$

Tolerancije sloodnih duljinskih izmjera ostvarenih odvajanjem čestica određuju se prema ISO 2768. Za finu obradu, a područja nazivnih izmjera 6...30 mm stupanj točnosti iznosi  $\pm 0,10$  mm, a za područje nazivnih izmjera 30...120 mm stupanj točnosti iznosi  $\pm 0,15$  mm. [6]

T – raspon dozvoljenih odstupanja

D – ciljana vrijednost

=

$\bar{x}$  - srednja vrijednost izmjerenih dimenzija

$\bar{\bar{x}}$  - srednja vrijednost dimenzija ponovljenog mjerenja

R – raspon podataka u ponovljenom mjerenju

$\bar{\bar{R}}$  - srednja vrijednost podataka dobivenih u ponavljanom mjerenju

$C_p$  – potencijalna sposobnost

Ako je  $C_p > 1$  znači da je proces sposoban tj. ne daje nesukladne jedinice

$C_{pkG}$  - gornja potencijalna sposobnost

$C_{pkD}$  - donja potencijalna sposobnost

$C_{pk}$  - demonstrirana izvrsnost

s – standardno odstupanje

$s^2$  - varijanca

Formule koje se koriste u izračunavanju gornjih i donjih kontrolnih granica potrebnih za crtanje  $\bar{x}$  - R karte. Za 5 ponovljenih mjerenja  $A_2 = 0,577$ ,  $D_3 = 0$ ,  $D_4 = 2,115$ ,  $d_2 = 2,326$ .

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$$

$$GKG_{\bar{x}} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$DKG_{\bar{x}} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$GKG_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$DKG_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot s} < 1$$

=> proces nije sposoban

$$C_{pkG} = \frac{GGDO - \bar{x}}{3 \cdot s}$$

$$C_{pkD} = \frac{\bar{x} - DGDO}{3 \cdot s}$$

$$C_{pkG} \neq C_{pkD}$$

=> proces nije centriran

$$C_{pk} = \min(C_{pD}, C_{pG})$$

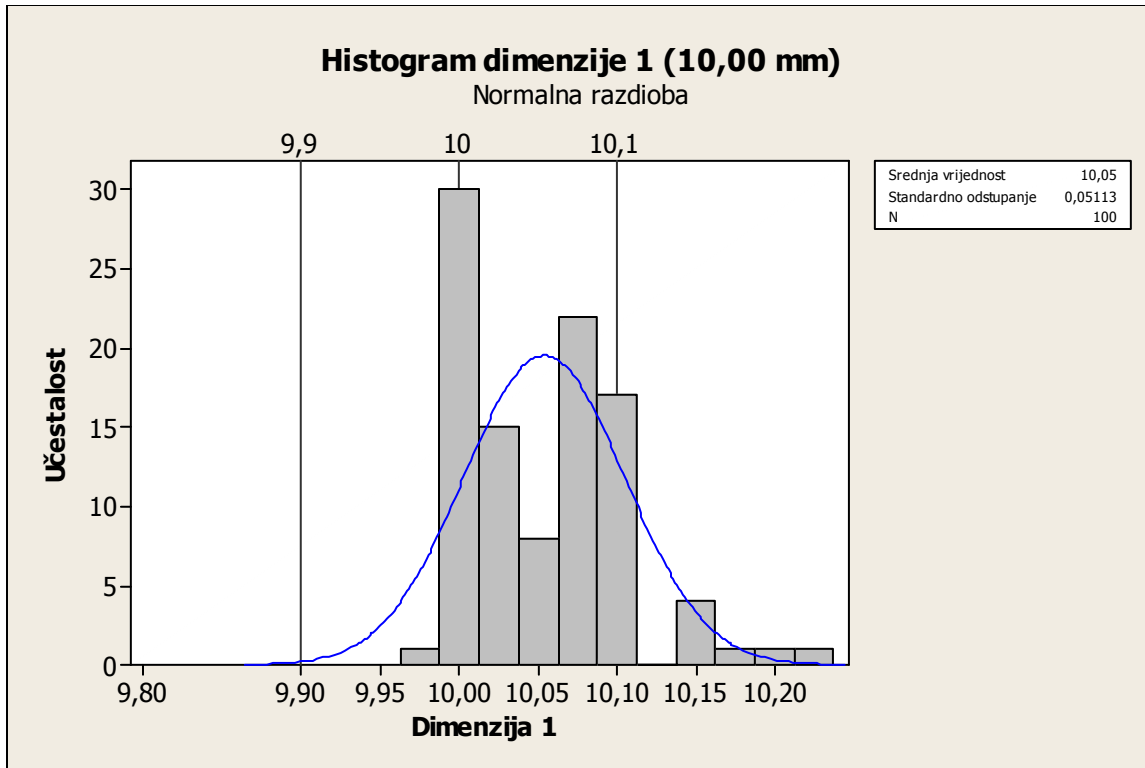
$$C_{pk} = C_{pkG} < 1$$

=> proizvodi škart

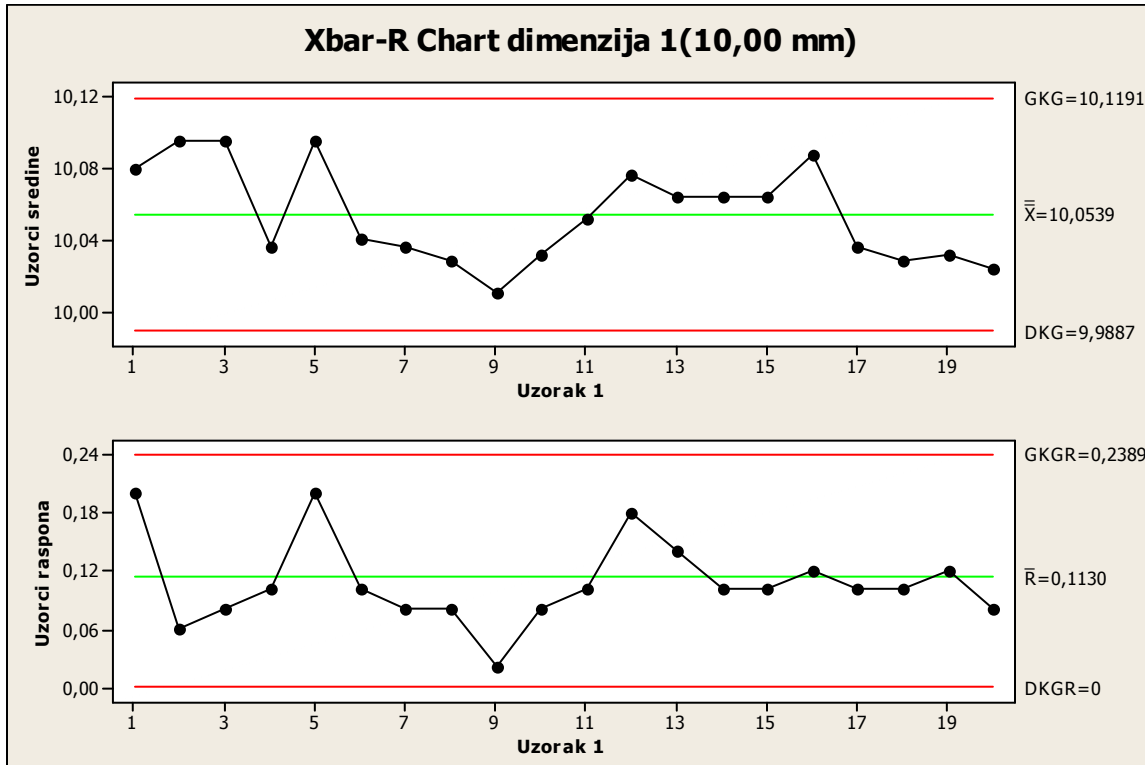
$$C_{pk} < 0$$

=> sredina procesa se nalazi izvan granica specifikacije

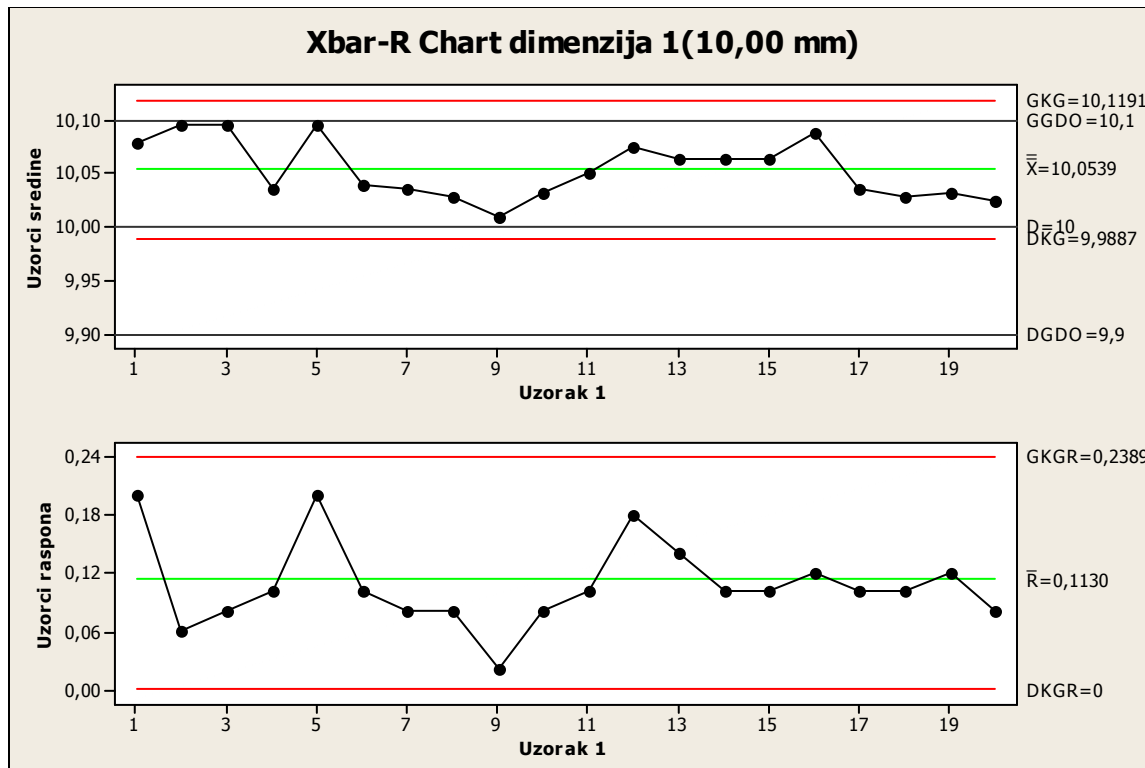




Karta 1. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 1



Karta 2.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 1



Karta 3.  $\bar{x}$  - R karta dimenziju 1 s granicama dozvoljenih odstupanja

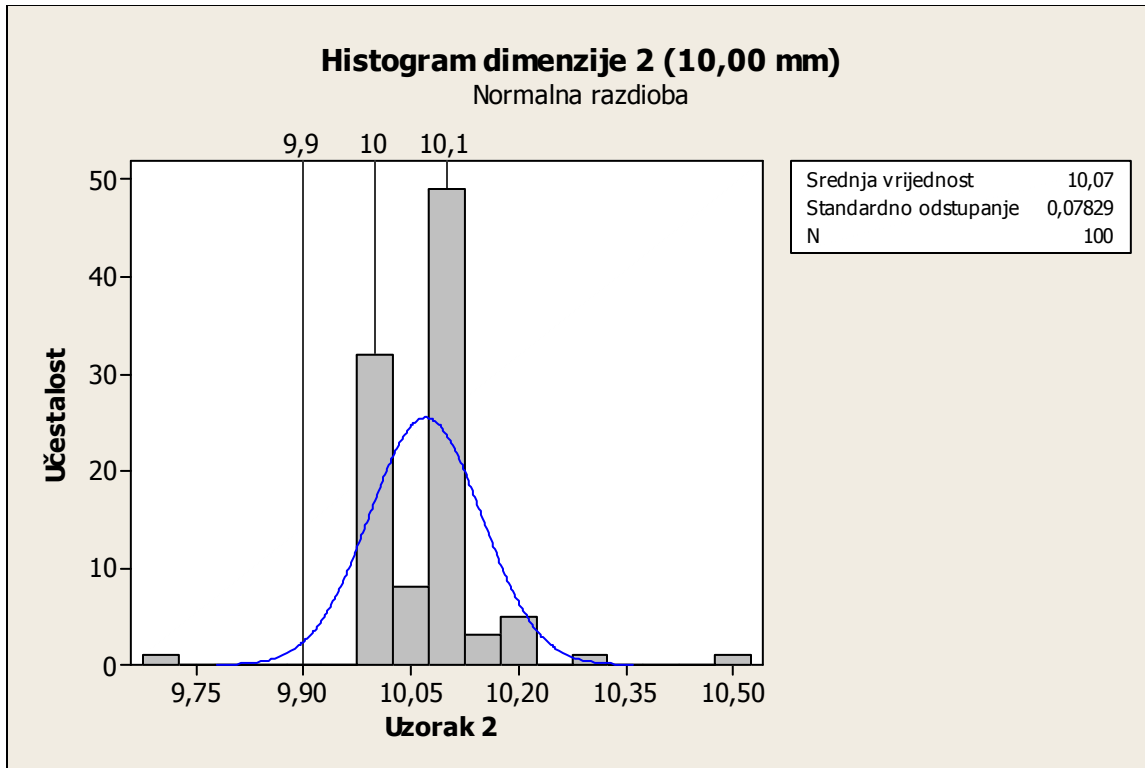
$$C_p = 0,654 < 1$$

Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

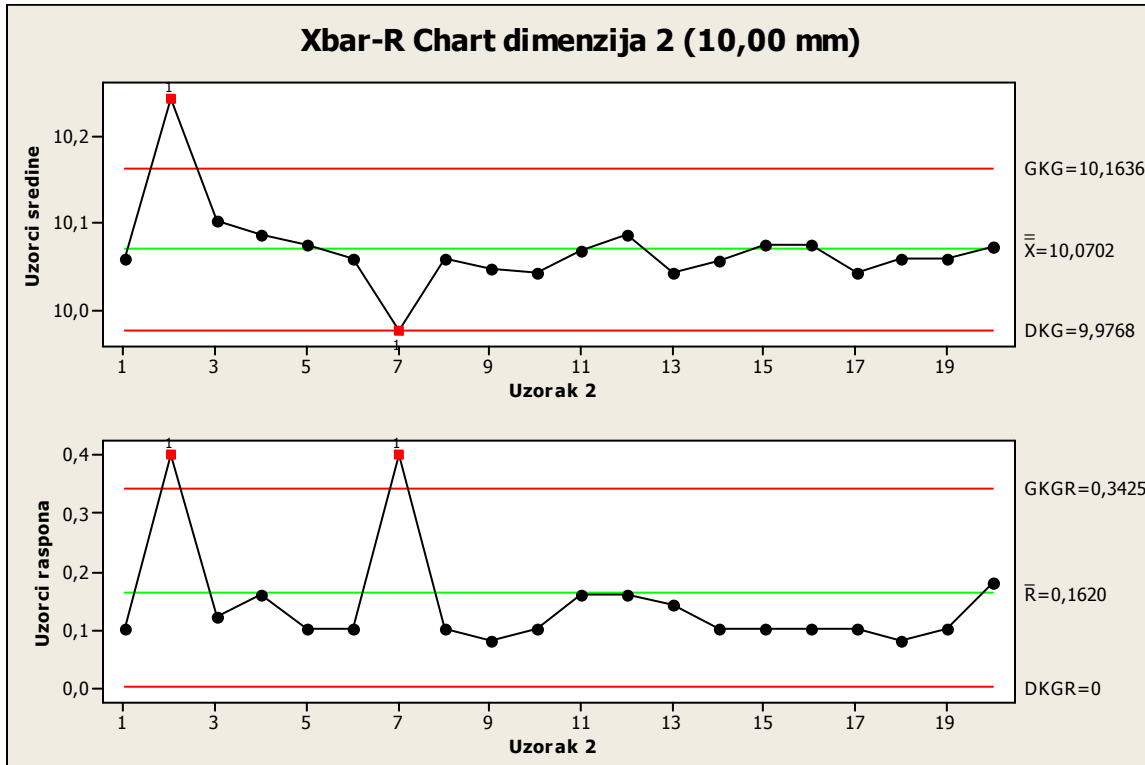
$$C_{pkG} = 0,3 \quad C_{pkD} = 1,006$$

$$C_{pk} = C_{pkG} = 0,3$$

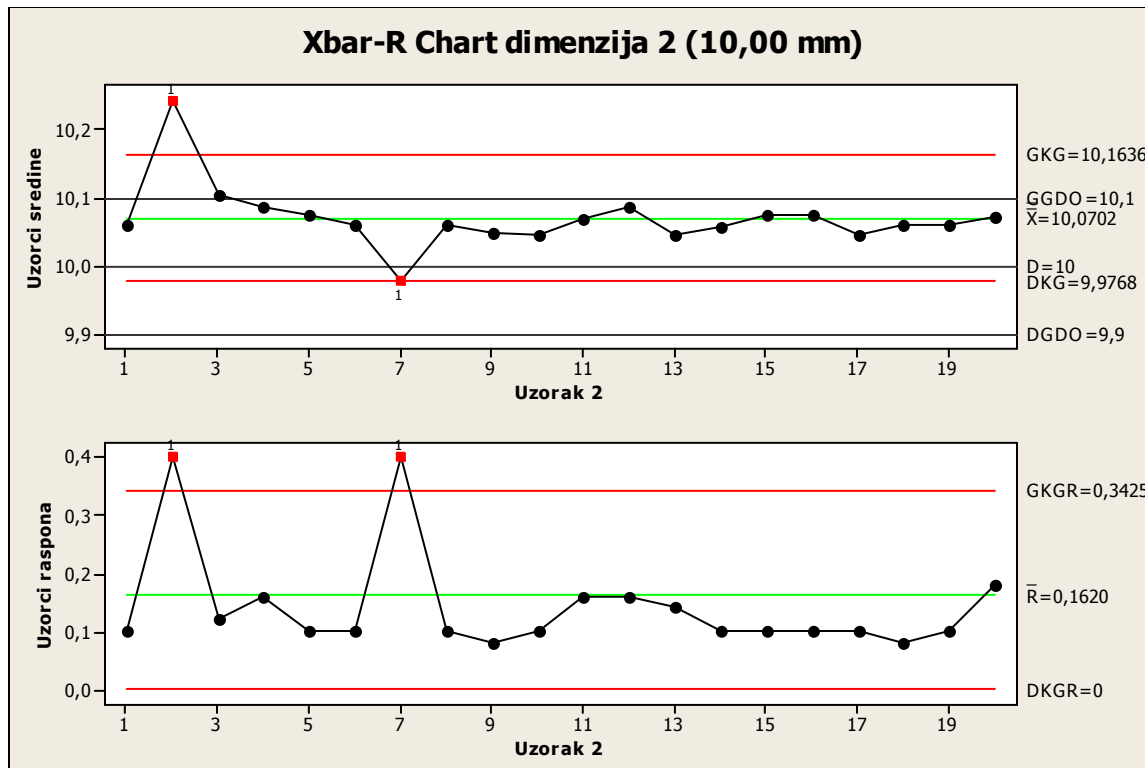
Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 4. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 2



Karta 5.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 2



Karta 6.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 2 s dozvoljenim granicama odstupanja

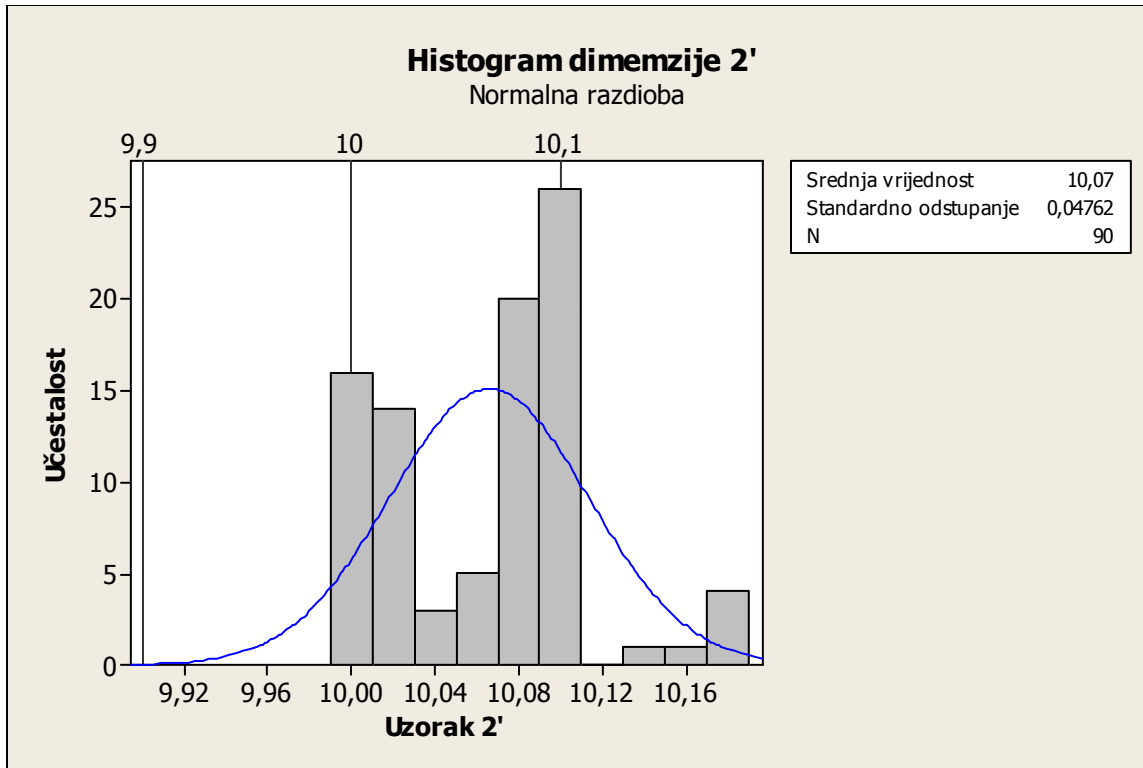
$$C_p = 0,427 < 1$$

Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

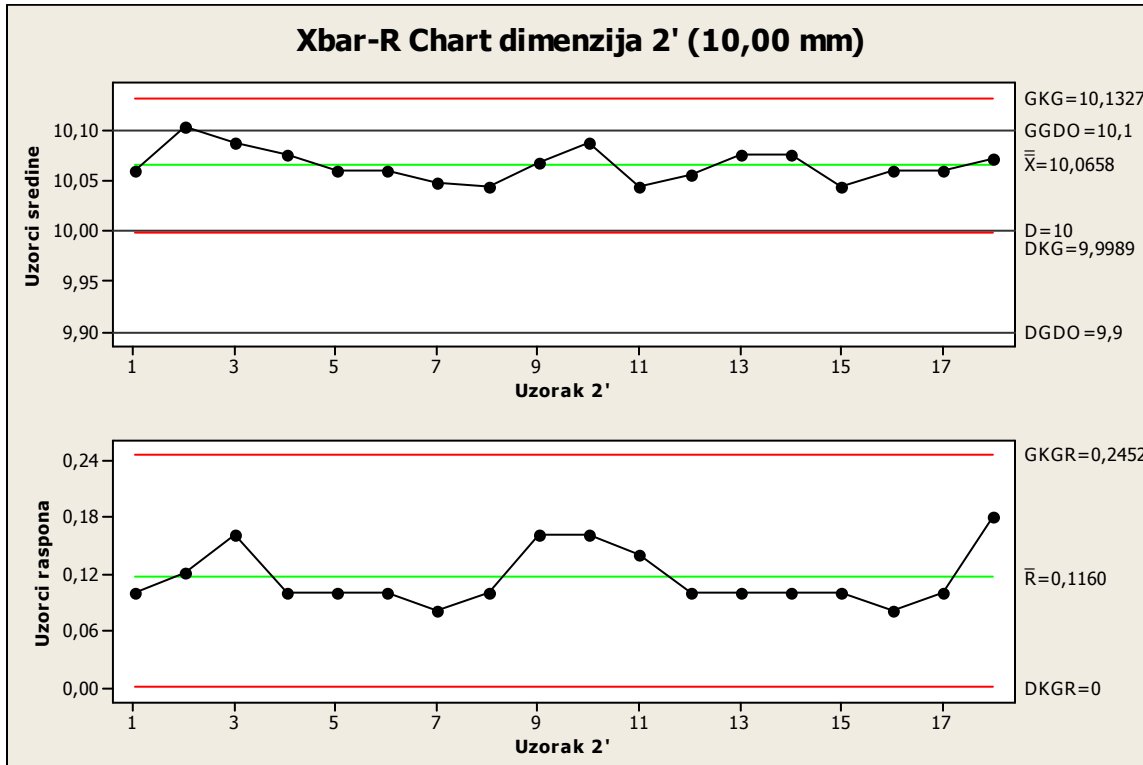
$$C_{pkG} = 0,127 \quad C_{pkD} = 0,727$$

$$C_{pk} = C_{pkG} = 0,127$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 7. Histogram dimenzije 2 bez podataka skupine 2 i 7



Karta 8.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 2 s dozvoljenim granicama odstupanja bez podataka skupine 2 i 7

$$C_p' = 0,699 < 1$$

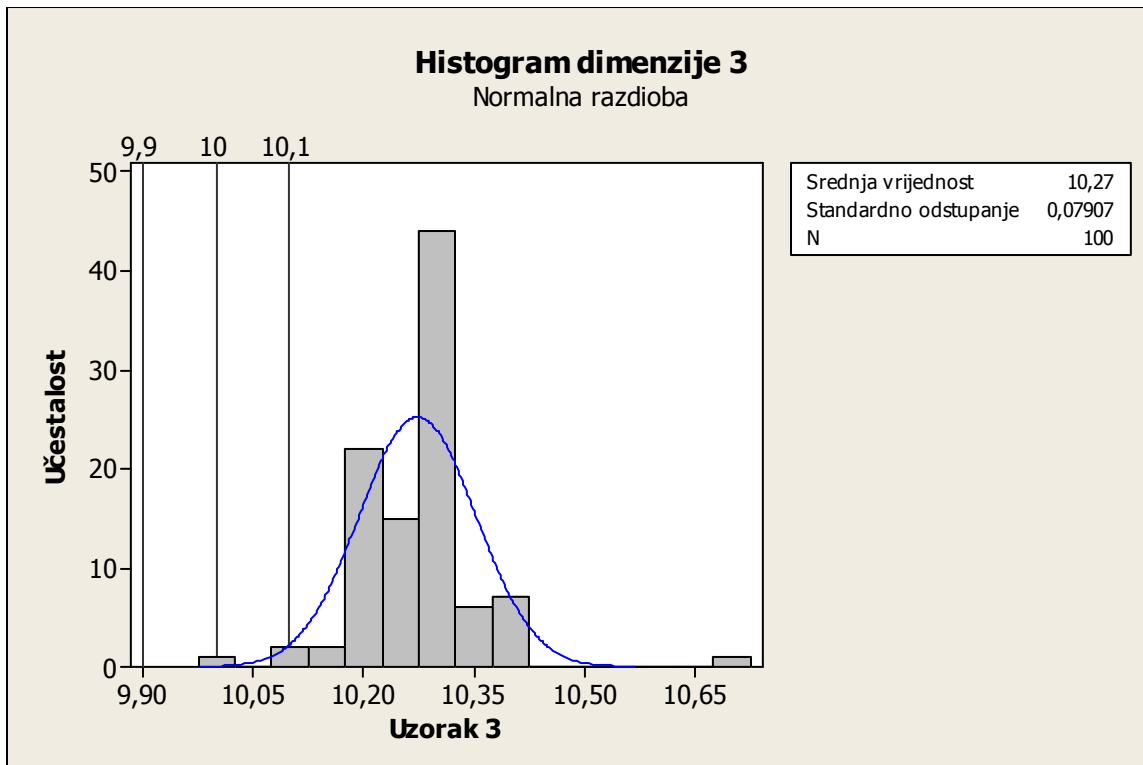
Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG}' = 0,2099$$

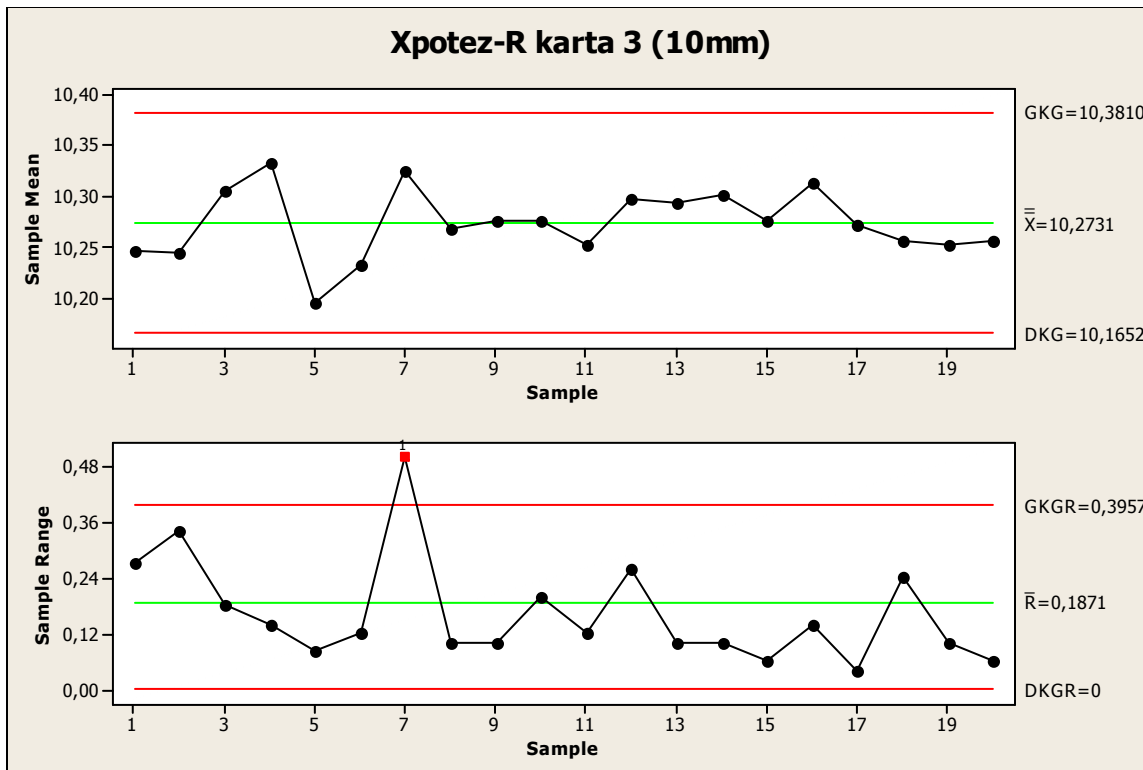
$$C_{pkD}' = 1,1899$$

$$C_{pk}' = C_{pkG}' = 0,2099$$

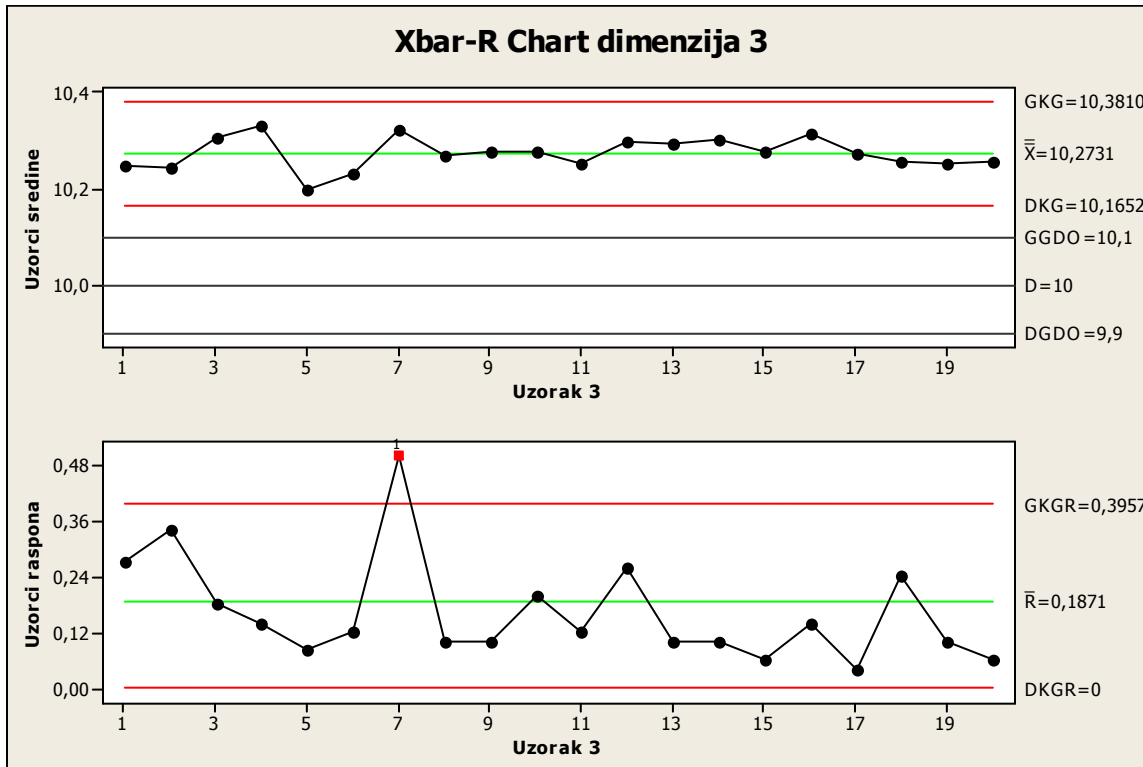
Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 9. Histogram s normalnom razdiobom dimenzije 3



Karta 10.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 3



Karta 11.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima

$$C_p = 0,4219 < 1$$

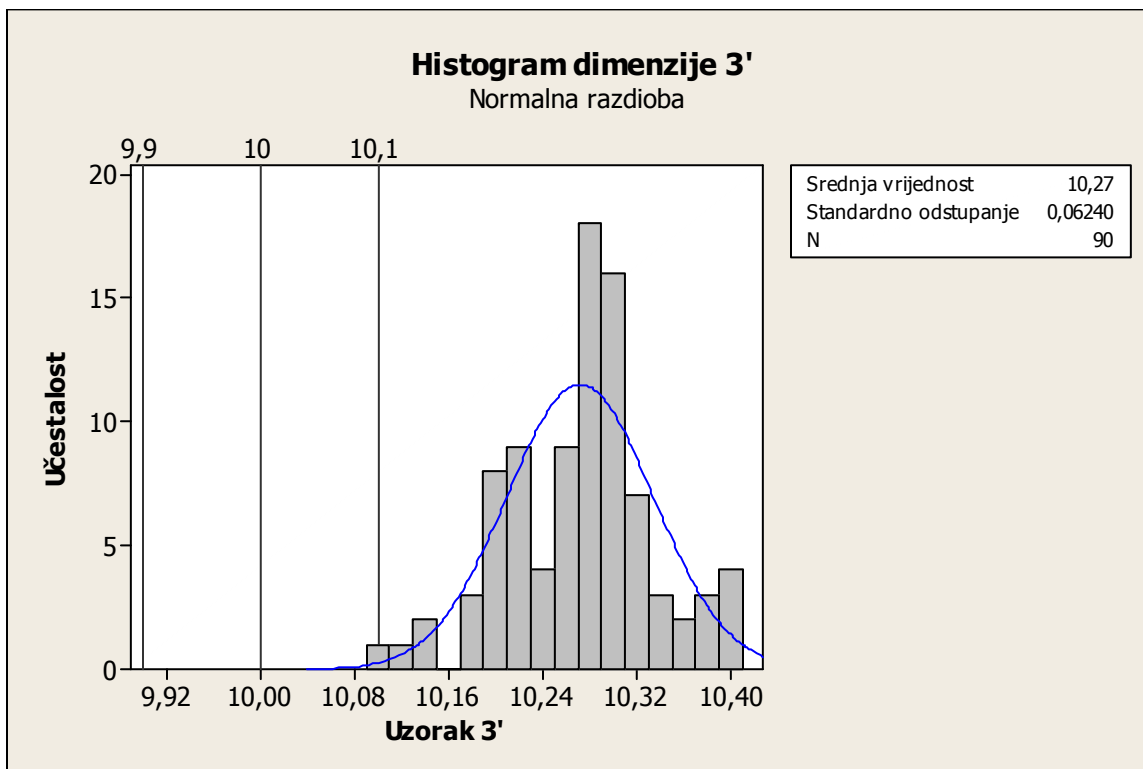
Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG} = -0,729$$

$$C_{pkD} = 1,5738$$

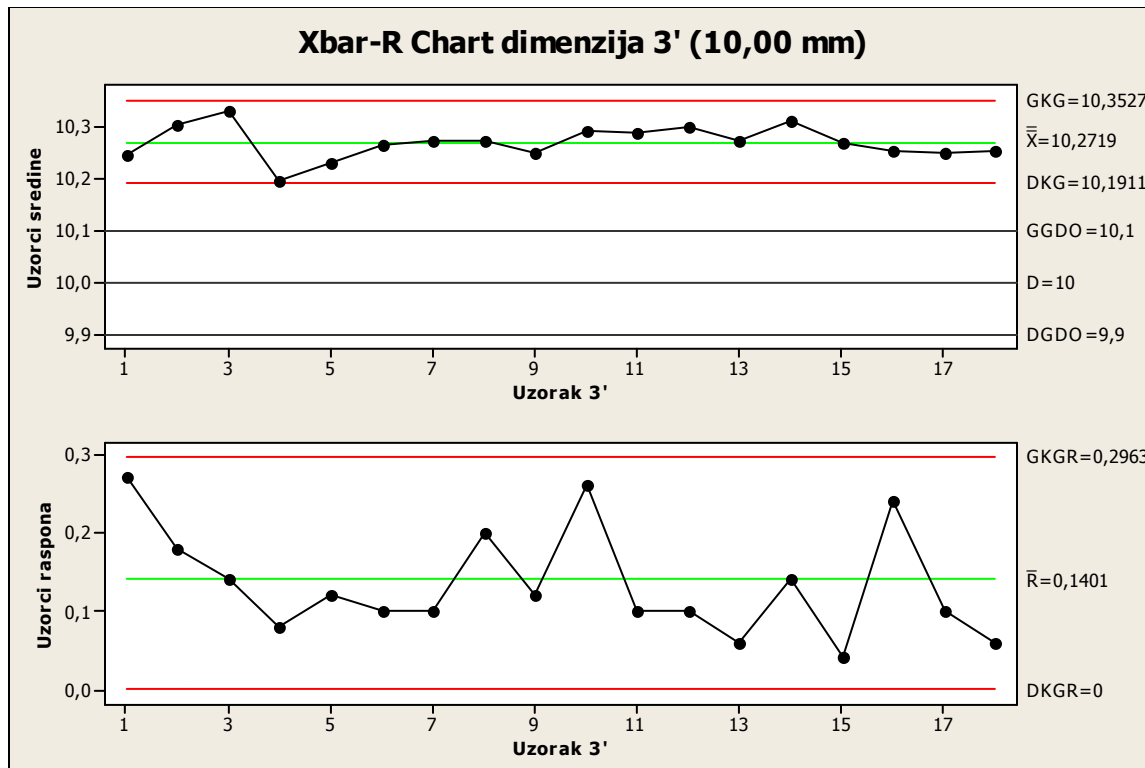
$$C_{pk} = C_{pkG} = -0,729$$

Proces je potpuno izašao izvan granica specifikacije.



Karta 12. Histogram dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 2 i 7





Karta 13.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 3 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 2 i 7

$$C_p' = 0,534 < 1$$

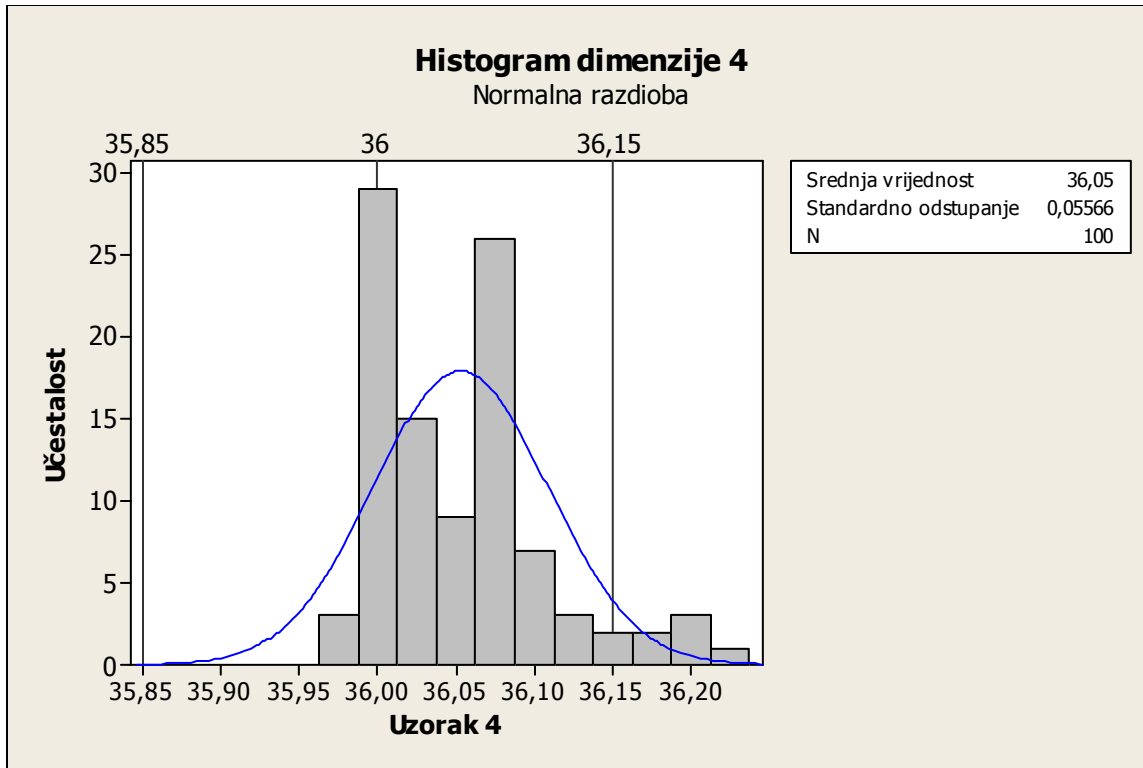
Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG}' = -0,908$$

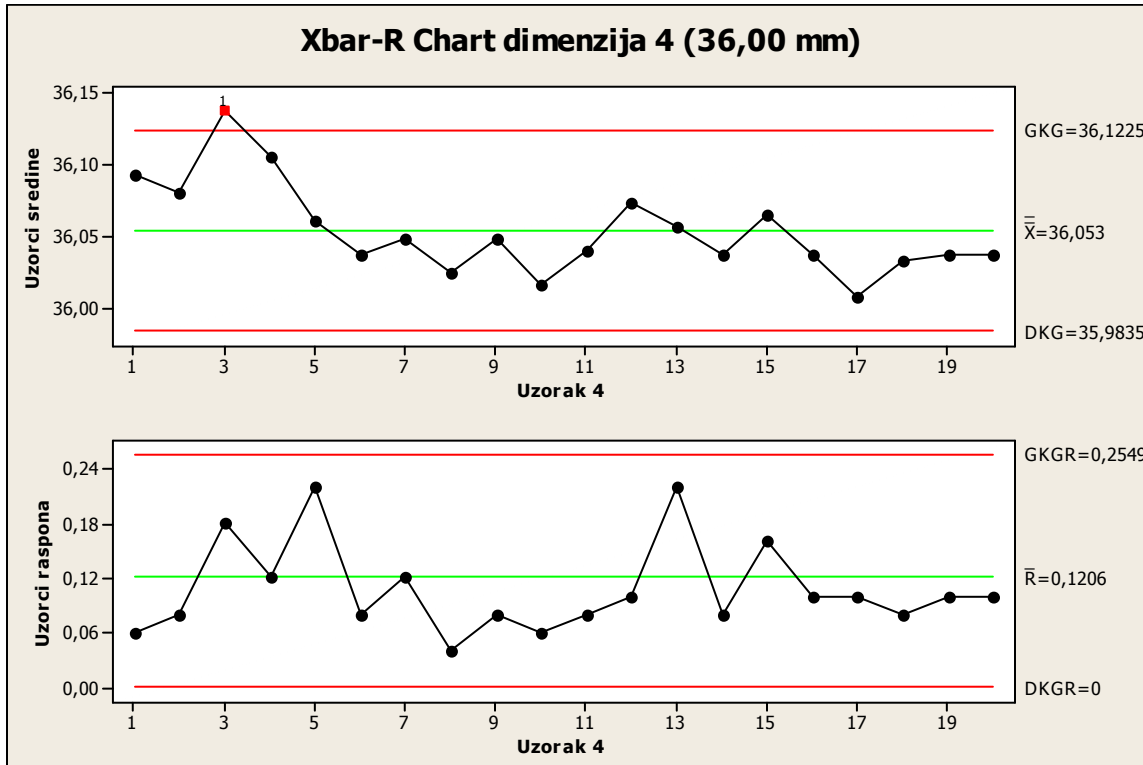
$$C_{pkD}' = 1,976$$

$$C_{pk}' = C_{pkG}' = -0,908$$

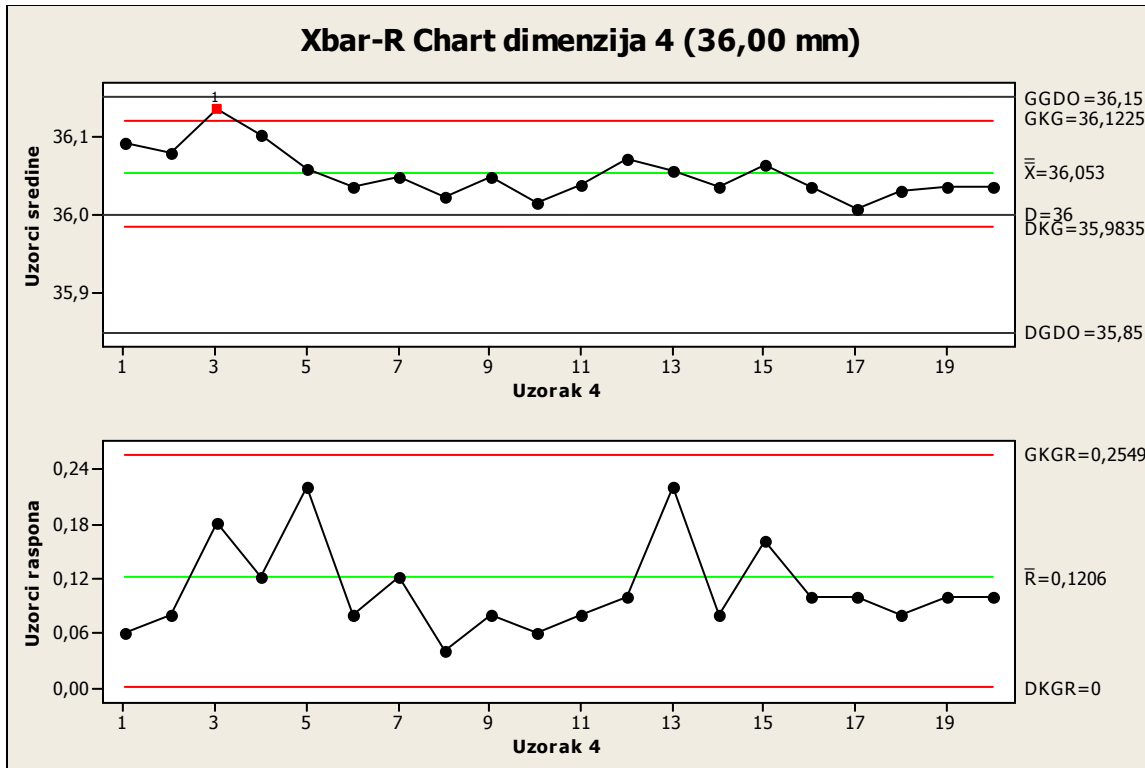
Proces je potpuno izašao izvan granica specifikacije.



Karta 14. Histogram dimenzije 4



Karta 15.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 4



Karta 16.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima

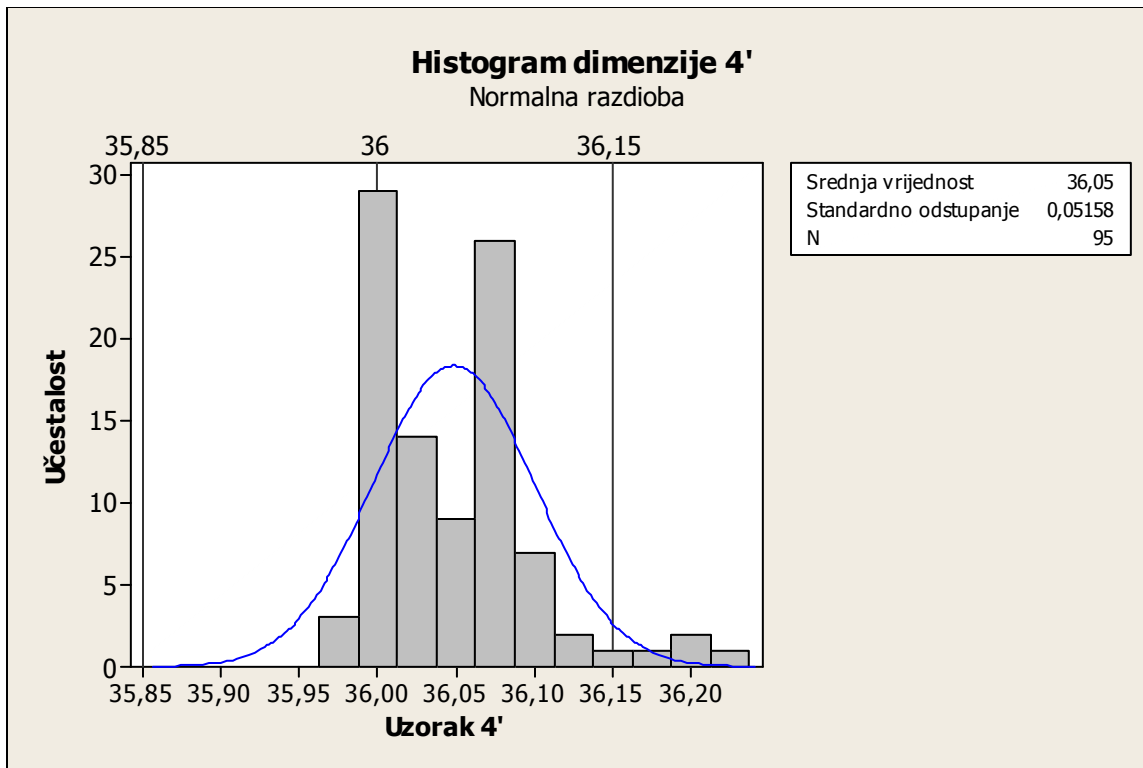
$$C_p = 0,8928 < 1$$

Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

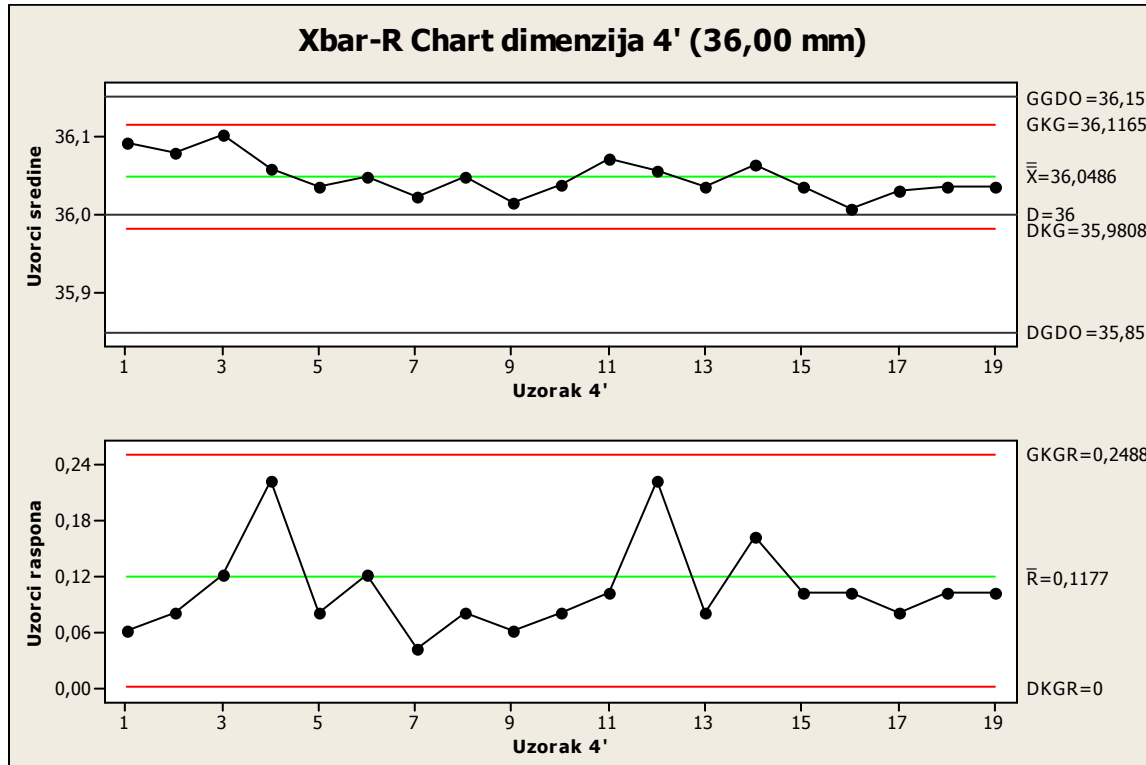
$$C_{pkG} = 0,577 \quad C_{pkD} = 1,208$$

$$C_{pk} = C_{pkG} = 0,577$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 17. Histogram dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 3



Karta 18.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 4 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 3

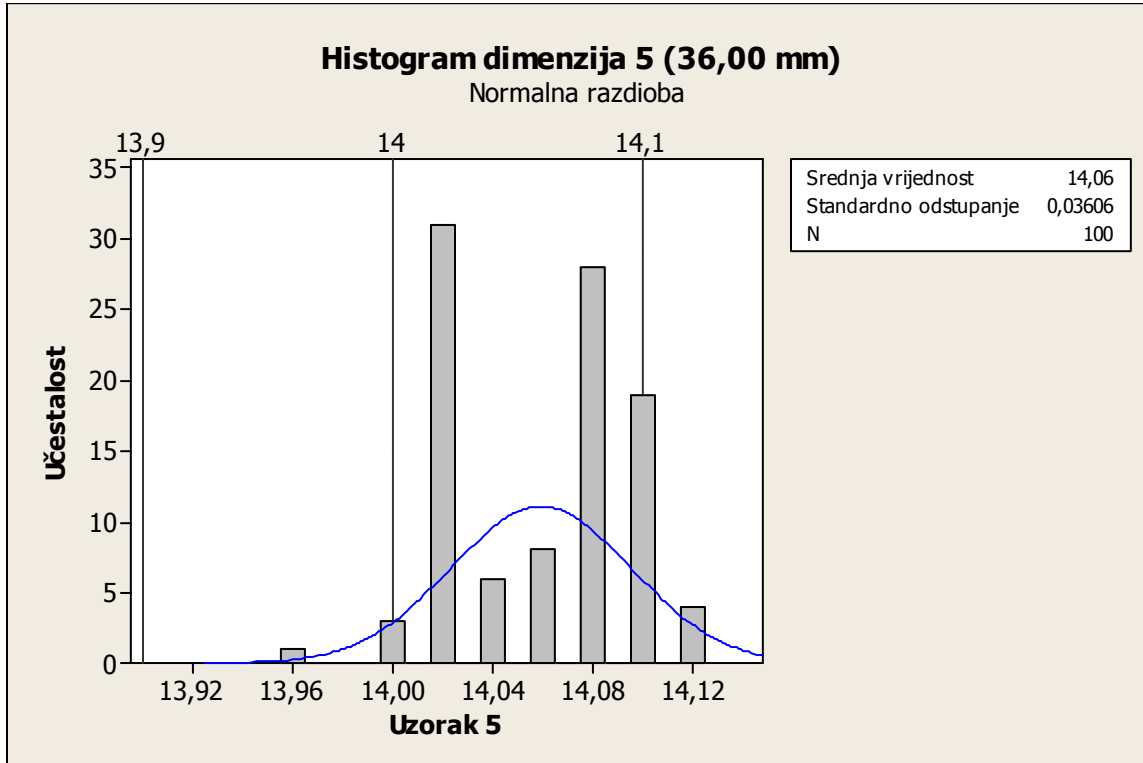
$$C_p' = 0,969 < 1$$

Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

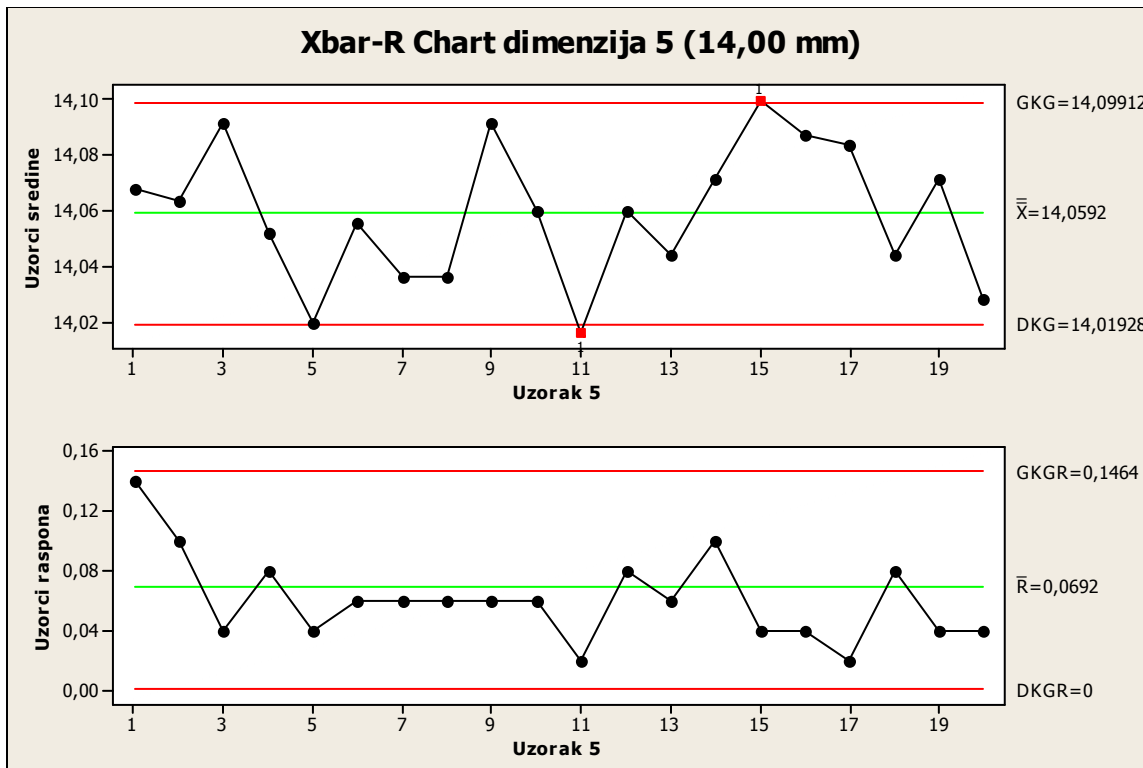
$$C_{pkG}' = 0,323 \quad C_{pkD}' = 0,696$$

$$C_{pk}' = C_{pkG}' = 0,323$$

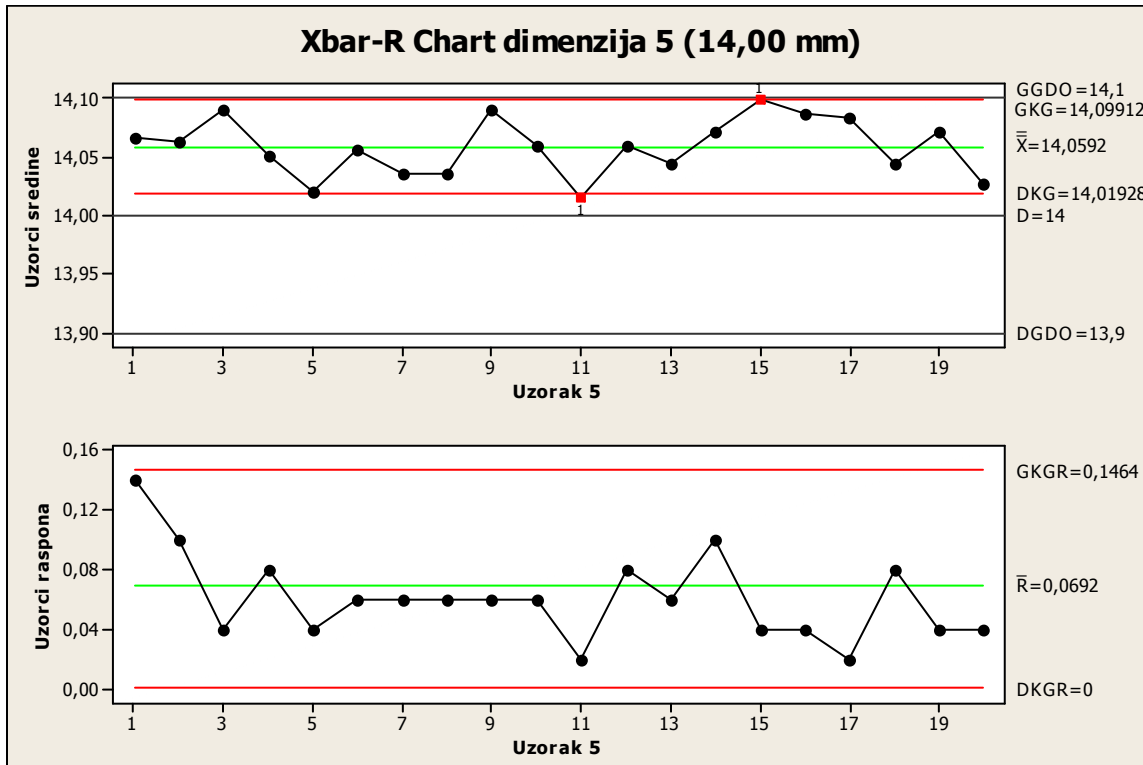
Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 19. Histogram dimenzije 5



Karta 20.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 5



Karta 21.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima

$$C_p = 0,9259 < 1$$

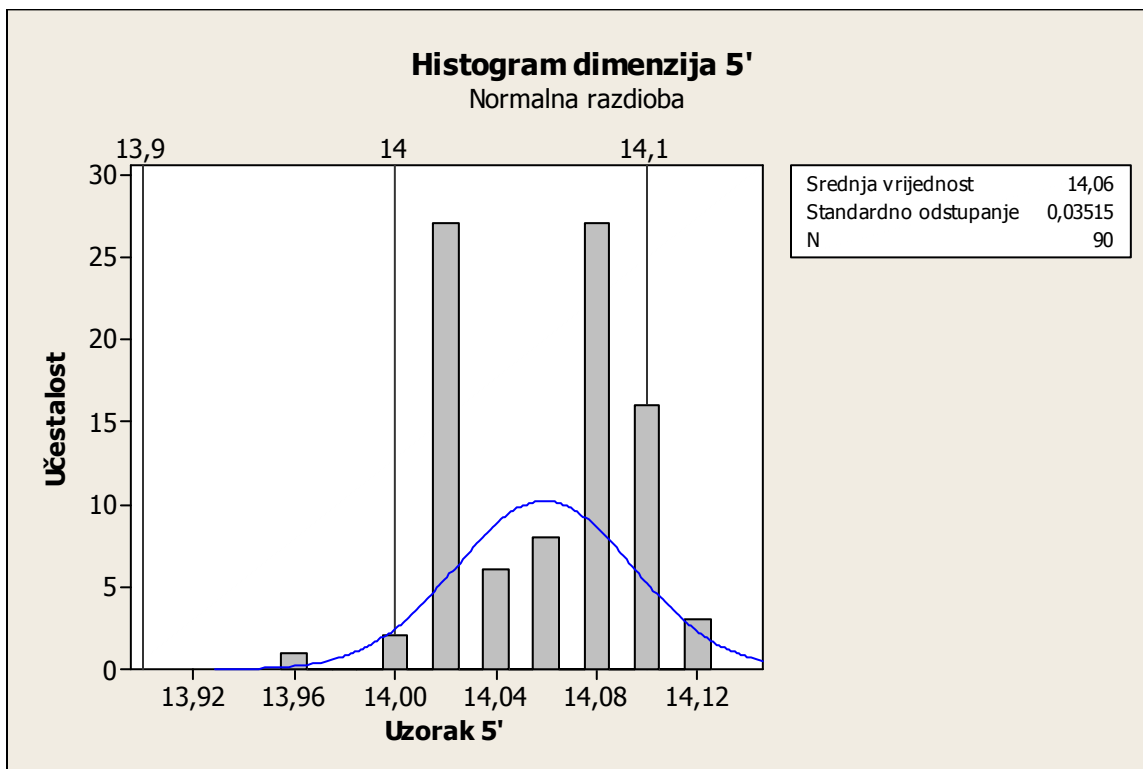
Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG} = 0,3796$$

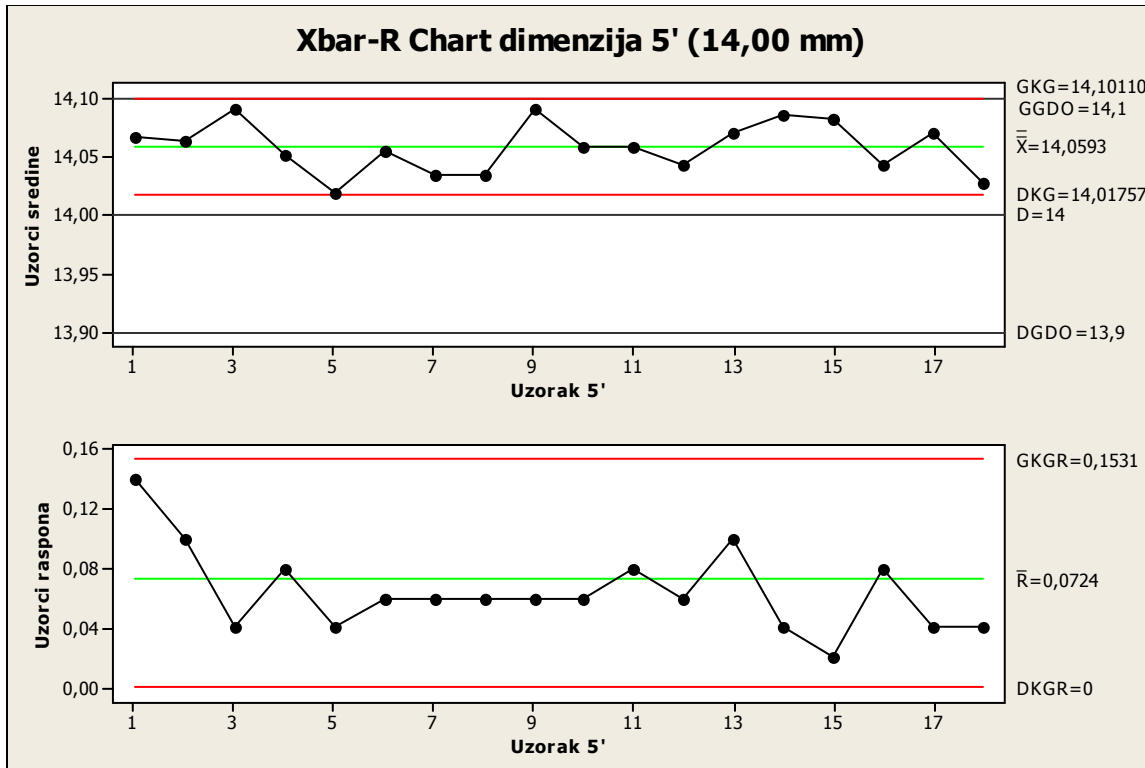
$$C_{pkD} = 1,472$$

$$C_{pk} = C_{pkG} = 0,3796$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 22. Histogram dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 11 i 15



Karta 23.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 5 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 11 i 15

$$C_p' = 0,948 < 1$$

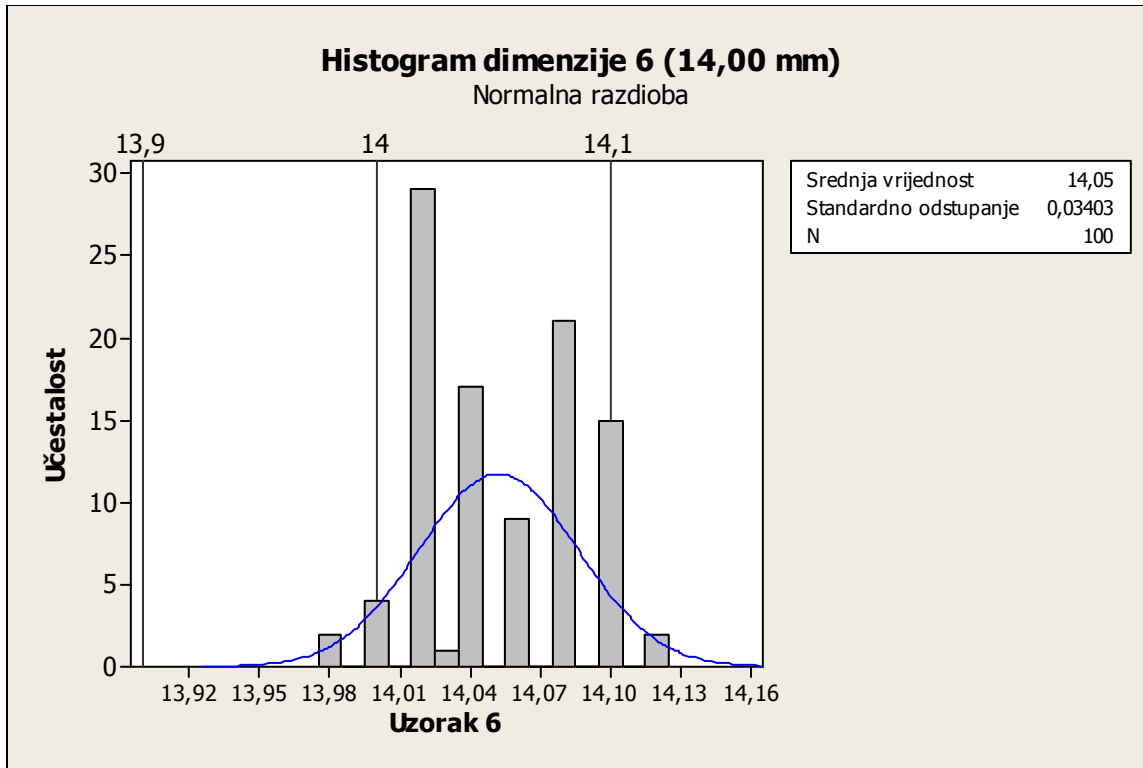
Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG}' = 0,379 \quad C_{pkD}' = 1,517$$

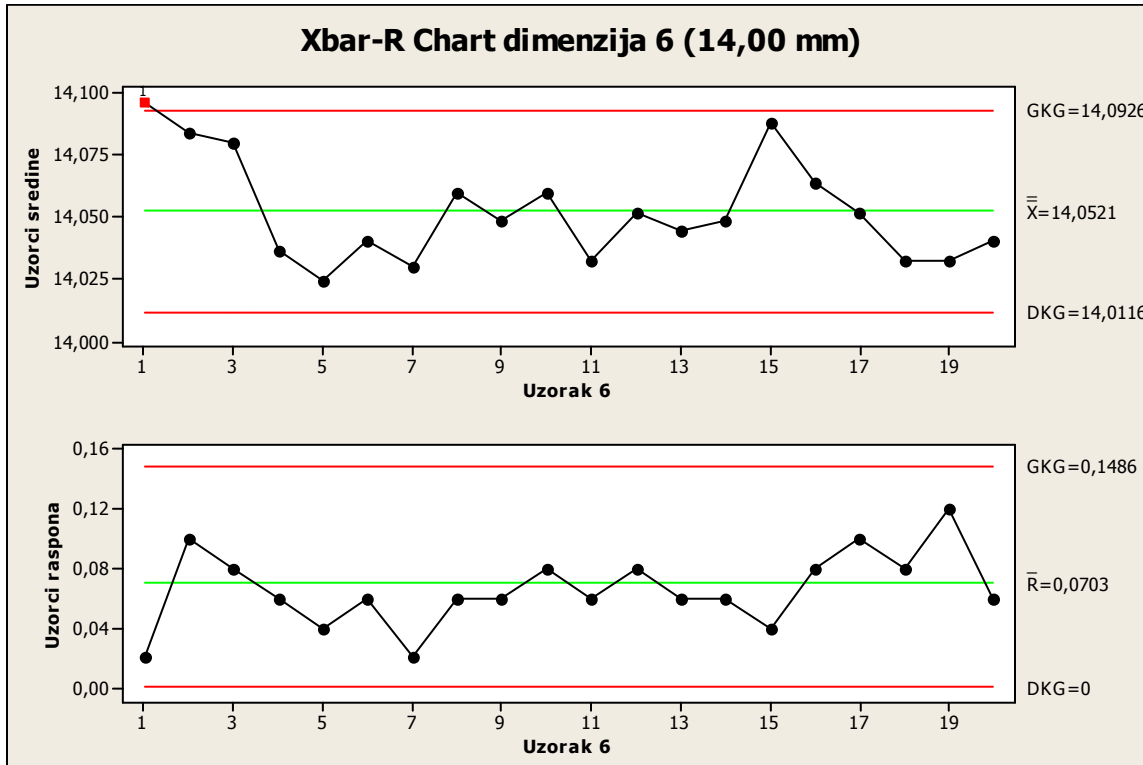
$$C_{pk}' = C_{pkG}' = 0,379$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.

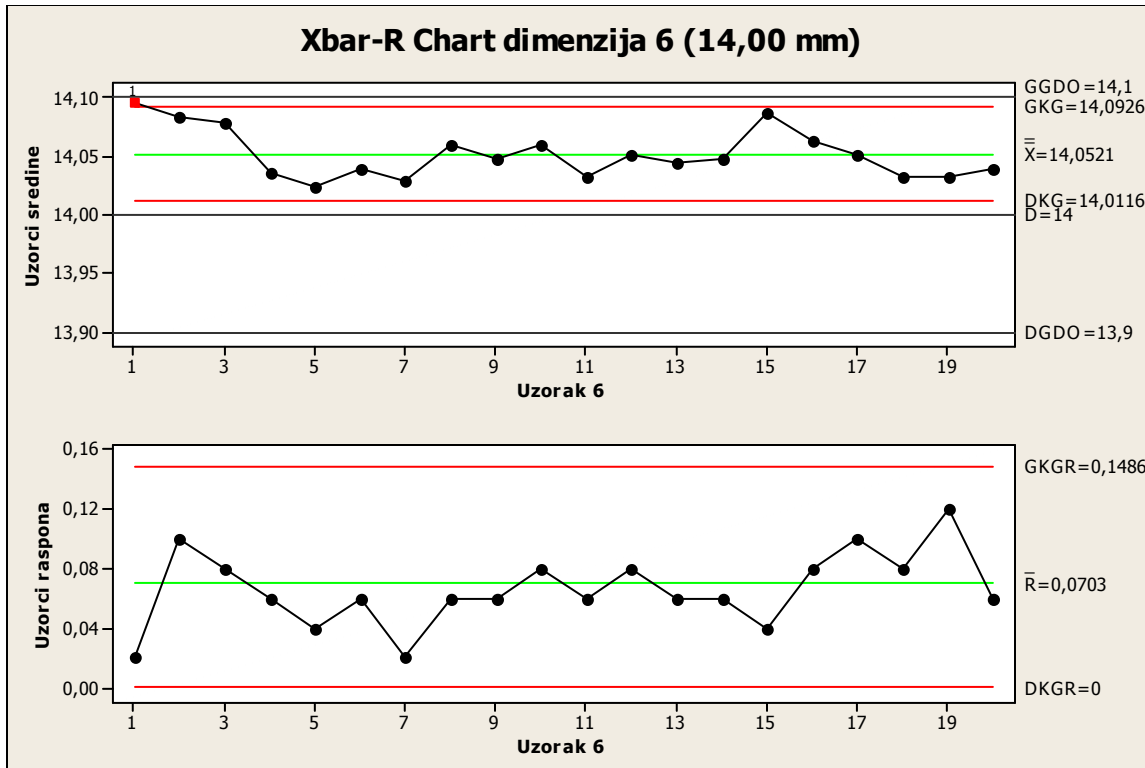




Karta 24. Histogram dimenzije 6



Karta 25.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 6



Karta 26.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima

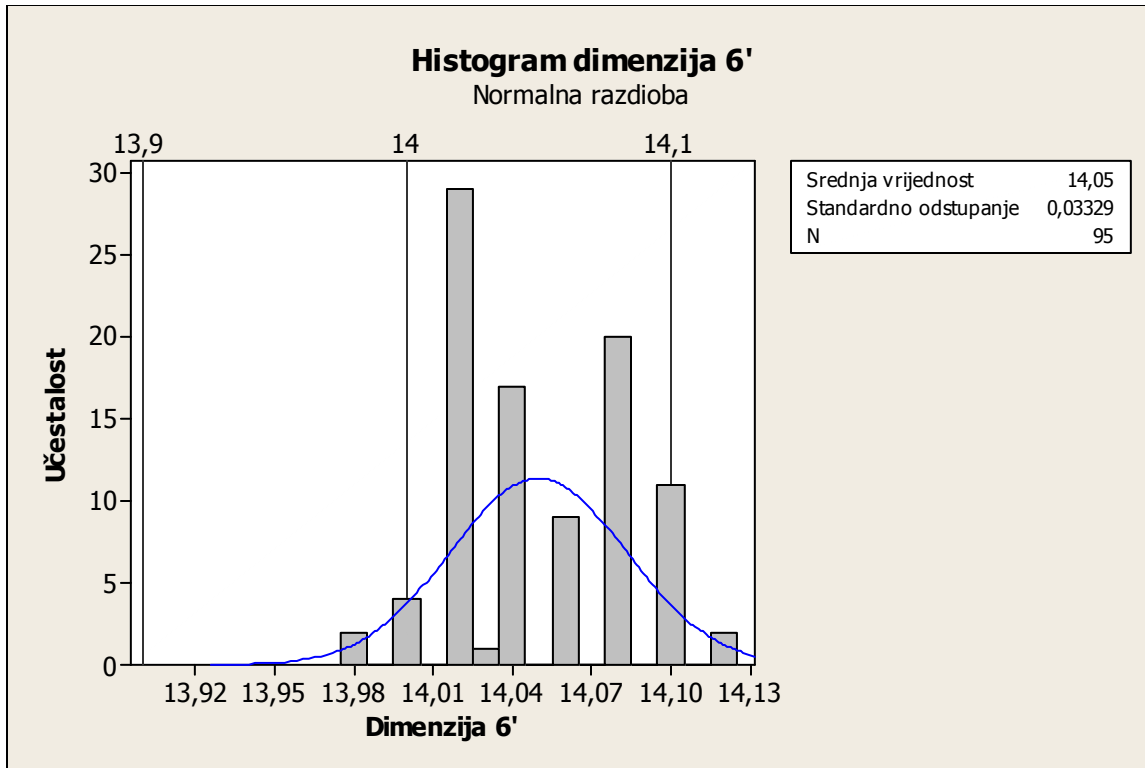
$$C_p = 0,98 < 1$$

Proces nije sposoban, daje nesukladne jedinice.

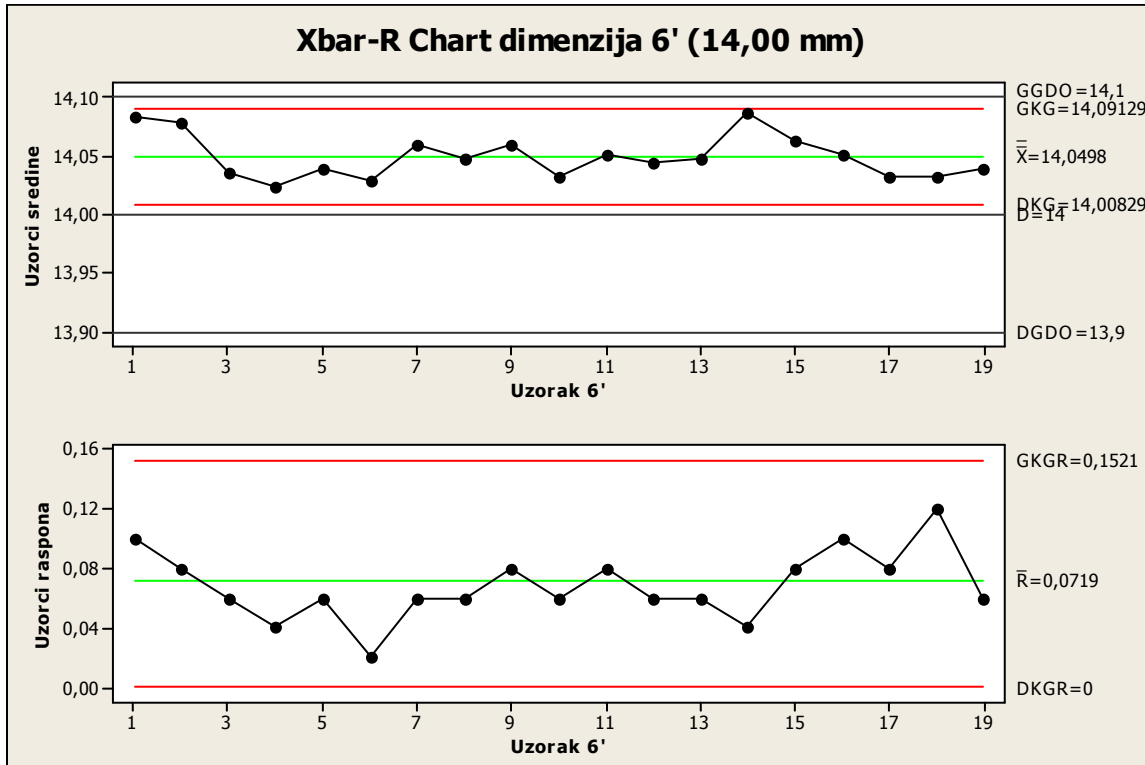
$$C_{pkG} = 0,47 \quad C_{pkD} = 1,49$$

$$C_{pk} = C_{pkG} = 0,47$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.



Karta 27. Histogram dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 1



Karta 28.  $\bar{x}$  - R karta dimenzije 6 s dozvoljenim odstupanjima bez skupine podataka 1

$$C_p' = 1,001 > 1$$

Proces je sposoban, ne daje nesukladne jedinice.

$$C_{pkG}' = 0,5 \quad C_{pkD}' = 1,5019$$

$$C_{pk}' = C_{pkG}' = 0,5$$

Proces je pomaknut prema gornjoj granici.

## 6. ZAKLJUČAK

U toku pisanja Završnog rada imala sam prilike upoznati se sa postrojenjem poduzeća Popijač – Kovinar d.o.o. te procesima proizvodnje jednog od njegovih proizvoda, priključnicom (1000A).

Proizvodnja ovog pouzeća pokriva više tehnologija u vlastioj proizvodnji, a to su lijevanje, kovanje i strojna obrada. I sama priključnica se dobiva navedenim tehnologijama. Najprije se tale metali određenog omjera kako bi se dobila legura mjedi željenog sastava: 59% Cu, 39% Zn, 2% Pb. Talina se ulijeva u kokilu, izbacuje iz istog te se reže ulijevni sustav odljevka. Tako dobiveni predmodel ide u postupak kovanja, a zatim i odsjecanja, nakon čega slijedi čišćenje površine sačmarenjem. Obradci zatim prolaze više operacija strojne obrade. Najprije se buši glavna rupa Ø28 na donjem dijelu priključnice nakon čega slijedi upuštanje s gornje strane rupe te urezivanje navoja M30x2. Između dva pera na donjem dijelu priključnice vrši se piljenje, a zatim ureznicom pročišćava navoj. Na oba pera se istovremeno buše rupe svrdlima dvostrukog promjera Ø8 i Ø12 nakon čega se na donje pero urezuje navoj M10.

Na pločastom dijelu prključnice buše se dvije rupe Ø14. Nakon što se turpijom skinu srhovi, obradak ide na glodanje kojim postupkom se dobiva glatka površina koja omogućuje što bolje prijanjanje kod postavljanja iste na transformator kako nebi došlo do zagijavanja, iskrenja metala. Stolnom brusilicom se skidaju srhovi, upuštaju se rupe te zrakom očiste navoji od zaostalih špena.

Kroz cijeli postupak dobivanja priključnice vrše se uglavnom vizualne kontrole, a tokom strojne obrade se koriste i pomična mjerila za provjeravanje dimenzija obradaka s vremena na vrijeme. Prilikom strojne obrade vrše se i dodatne provjere dimenzija, a graničnim mjerilom se provjerava navoj M30x2 po principu ide- neide.

Kod spajanja priključnice na transformator bitna je činjenica da se os između dviju rupa na pločastom dijelu priključnice poklapa sa osi navoja M30x2.

U tablici 1. izneseno je 100 podataka mjerenja za šest dimenzija te podaci provjere navoja M30x2. U nekoliko slučajeva graničnim mjerilom je bilo poteškoća kod provjeravanja navoja dok u jednom slučaju granično mjerilo nije išlo u navoj. To je bila posljedica niže temperature obradka od one za koju je mjerenje predviđeno.

Mjerenjem dva promjer Ø14 i četiri duljine koje određuju njihov položaj na priključnici utvrđivala se sposobnost procesa za svaku od navedenih dimenzija.

Mjerenja su se vršila na 100 komada, a u obradu podataka uzete su skupine od po pet komada. Dobiveni podaci su zatim obrađeni kompjuterskim statističkim programom Minitab 15 pomoću kojeg su dobveni histogrami i  $\bar{x}$  - R karte, prirodna rasipanja procesa te gornje i donje kontrolne granice. Unošenjem granica dozvoljenih odstupanja vidi se da procesi izlaze uglavnom izvan gornjih granica dozvoljenih odstupanja, a neki i iz granica prirodnih granica rasipanja procesa s time da dimenzija 3 u potpunosti izlazi izvan gornje granice dozvoljenih odstupanja.

Računanjem potencijalne sposobnosti te gornjih i donjih potencijalnih sposobnosti potvrđeno je da se radi o procesima koji nisu sposobni tj. daju škart.

Za svaki pojedinačni slučaj, osim prve dimenzije, pojavili su se podaci koji izlaze izvan svojih prirodnih granica rasipanja, što je vidljivo na  $\bar{x}$  - R kartama, isti su izbačeni. Ponovnim računanjem potencijalne sposobnosti utvrđeno je da su svi, osim zadnje, 6. dimenzije, nesposobni.

Namještanje obradaka i svrdala vrši se pomoću kutnika, graničnika i pomičnog mjerila. U cilju postizanja bolje sposobnosti procesa, kao prijedlog poboljšanja procesa može poslužiti trn za priključnicu, vidljiv u prilogu 2. Svrha bi mu bila postizanje jedinstvene osi navoja M30x2 i dviju rupa na pločastom dijelu priključnice prilikom bušenja tih rupa. Kod svakog bušenja bi se trnom za priključnicu osiguralo bušenje rupa na odgovarajućim položajima s obzirom na ranije navedenu os. U svaku priključnicu bi se stavio trn prije bušenja i s njime bi se obradak postavio u radni stol do graničnika nakon čega bi bilo vršeno bušenje. Na trn bi bila postavljena dva kaljena prstena koja bi omogućavala točno vođenje alata, ali i njegovu zaštitu od eventualnih oštećenja koja mogu nastati prilikom bušenja.

## 7. POPIS LITERATURE

- [1] [http://www.koncar-dst.hr/dokumenti/distribution%20transf\(s\).pdf](http://www.koncar-dst.hr/dokumenti/distribution%20transf(s).pdf)
- [2] S. T. Robison, Preporuke za maksimalnu trajnost lonca u aluminijskoj ljevaonici, Ljevarstvo 39 (1997) 2, str. 58
- [3] Filetin, T., Kovačićek, F., Indof, J., Svojstva i primjena materijala, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.
- [4] Math, M., Uvod u tehnologiju oblikovanja deformiranjem, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2003.
- [5] Opalić, M., Kljajin, M., Sebastijanović, S., Tehničko crtanje, Zrinski d.d., Čakovec, 2003.
- [6] <http://www.fsb.hr/elemstroj/pdf/design/tolerancije.pdf>, str. 22