

# Robotska proizvodnja prirodne i kupcu posebno prilagođene kozmetike

---

**Kraljić, Neven**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*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:235:171958>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Neven Kraljić**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl. ing.

Student:

Neven Kraljić

Zagreb, 2016.

## **Izjava**

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

*Neven Kraljić*

## **Zahvala**

*Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade diplomskog rada.*

*Zahvaljujem tvrtki Alpstories d.o.o. na pruženoj prilici za poslovnu suradnju iz koje je nastao diplomski rad, hvala gospodinu Danijelu Hubmanu. Želim zahvaliti B. Sc. Eng. Eriku Misleju, na upoznavanju projekta Alpstories, uvođenju u automatizirani robotski sustav i proizvodnju te na svim savjetima i diskusijama tijekom rada. Također, hvala Tanji Koštomaj na uvođenju u dobru proizvođačku praksu te zakonske regulative i normative u procesu proizvodnje prirodne kozmetike.*

*Zahvaljujem najbližim prijateljima Luki i Ivanu koji su mi velika podrška tijekom cijelog studija.*

*Hvala mojim roditeljima i bratu na pruženoj ljubavi, podršci, strpljenju i povjerenju.*

## Zadatak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

### DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Neven Kraljić** Mat. br.: 0035164574

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Robotska proizvodnja prirodne i kupcu posebno prilagođene kozmetike**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Robotic production of natural and personalised cosmetics**

Opis zadatka:

Razvoj tehnologije omogućuje prodor automatizacije i u područja manjih proizvodnih količina, koje su upravo podrazumijevane u proizvodnji kupcu posebno prilagođene (personalizirane) prirodne kozmetike.

U radu je potrebno:


1. opisati proizvod – prirodnu i personaliziranu kozmetiku te poslovno-tržišna okružja njegove realizacije
2. detaljno opisati proizvod i njegove značajke (geometrijske-fizikalne-kemijske, ambalažu, zdravstveno-sigurnosne zahtjeve i drugo)
3. za proizvod, navesti tehnološke procese koji su zastupljeni u njegovoj proizvodnji, opisati postojeći proizvodni proces i sustav te naznačiti mogućnosti unapređenja (uključujući i različite scenarije proizvodnje)
4. dati pregled stanja tehnologija (posebno u uslužnoj robotici) za dani odnosno slične proizvode
5. za proizvod, analizirati robotski proces proizvodnje metodom DFA (Design For Assembly)
6. koncipirati i specificirati unaprijeđeni automatski proces i sustav, uz ostalo, s obzirom na mogućnosti i dobavlјivost opreme (napredna senzorika, vizijski sustav, mobilni robot za pripremu materijala i drugo) te mogućnosti integracije podataka i djelatnosti vezanih uz realizaciju proizvoda.

Zadatak zadan:  
10. ožujka 2016.

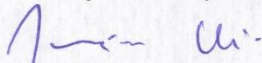
Rok predaje rada:  
12. svibnja 2016.

Predviđeni datumi obrane:  
18., 19. i 20. svibnja 2016.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

Izjava .....	1
Zahvala .....	2
Zadatak .....	3
POPIS SLIKA .....	6
POPIS TABLICA .....	8
POPIS OZNAKA .....	9
SAŽETAK .....	11
SUMMARY .....	12
1. UVOD .....	13
2. KOZMETIKA .....	15
2.1. Kozmetička industrija .....	15
2.2. Trendovi u kozmetičkoj industriji .....	18
2.3. Životni ciklus kozmetičkih proizvoda .....	18
2.4. Prirodna kozmetika .....	18
2.5. Konkurentnost tržišta .....	21
3. ROBOTIKA .....	22
3.1. Razvoj robota .....	22
3.2. Uslužni roboti .....	23
4. ROBOTSKA PROIZVODNJA PRIRODNE I PERSONALIZIRANE KOZMETIKE ....	28
4.1. Tehničke značajke vezane uz proizvodnju prirodne i personalizirane kozmetike .....	29
4.2. Robotska proizvodnja .....	30
4.2.1. Početna provjera .....	31
4.3. Oprema za proizvodnju prirodne i personalizirane kozmetike .....	33
4.3.1. Tlačni spremnici za sirovine .....	33
4.3.2. Oprema za doziranje i vaganje .....	37
4.3.3. Miješalica .....	42
4.3.4. Robot .....	44
4.3.5. Pakiranje, označavanje i skladištenje proizvoda .....	57
4.3.6. Čišćenje robotske stanice .....	60
4.4. Shematski pregled proizvodnog procesa .....	61
4.4.1. Procesna kontrola .....	68
4.5. Opis i značajke proizvoda .....	69
5. ANALIZA ROBOTSKOG PROCESA PROIZVODNJE METODOM DFA .....	71
5.1. Određivanje troškova proizvodnje .....	76
5.2. Elementi metode DFA .....	77
5.3. Robotske karte i određivanje vremena ciklusa sklapanja .....	78
5.4. Određivanje metode sređivanja dijelova .....	80

---

5.5. Određivanje cijene stega .....	82
5.6. Ručno rukovanje i spajanje .....	82
5.7. Teoretski minimalan broj dijelova .....	82
5.8. Određivanje ukupne cijene proizvodnje.....	83
5.9. Robotska stanica s dva robota .....	89
5.10. Usporedba proizvodnje proizvoda s jednim i dva robota.....	94
6. UNAPRJEĐENJE AUTOMATSKOG PROCESA PROIZVODNJE .....	97
6.1. Ekonomski aspekt unaprjeđenja proizvodnje.....	97
6.2. Tehnološki aspekt unaprjeđenja proizvodnje .....	100
6.3. Koncept i specifikacija unaprjeđenog sustava .....	108
7. ZAKLJUČAK.....	111
8. LITERATURA .....	114



## POPIS SLIKA

Slika 1. Udio prirodne certificirane i necertificirane kozmetike [7] .....	20
Slika 2. Potražnja za prirodnom kozmetikom po regijama [7] .....	21
Slika 3. Odnos troška i broja proizvedenih komada ovisno o načinu proizvodnje [11] .....	23
Slika 4. Podjela uslužnih robota prema značajkama prostora u kojem djeluju [13] .....	24
Slika 5. Podjela uslužnih robota s obzirom na izvedbu [9].....	25
Slika 6. Trgovina prirodne kozmetike i robotska stanica [14] .....	28
Slika 7. Organizacijska struktura poduzeća Alpstories [14] .....	29
Slika 8. AS /LOT kod sa QR kodom za identifikaciju proizvoda [14] .....	31
Slika 9. Tlocrt robotske radne stanice [14] .....	32
Slika 10. Robotska radna stanica [14] .....	33
Slika 11. Označeni spremnici za sirovine [14].....	34
Slika 12. Punjenje tlačnih posuda [14].....	35
Slika 13. Boca od ultraljubičastog stakla [14].....	35
Slika 14. Bočice na rotacijskom postolju [14] .....	36
Slika 15. Spremnici za sušeno bilje koji se nalaze u robotskoj stanici i žličica [14] .....	37
Slika 16. Pipeta (lijevo) i cijevni nastavak (desno) [17] .....	37
Slika 17. Shematski prikaz upotrebe pipete u kozmetomatu [14].....	38
Slika 18. Uređaj za dodavanje cijevnih nastavaka [14] .....	38
Slika 19. Uređaj za vođenje cijevnih nastavaka sa senzorom [14] .....	39
Slika 20. Vaga za doziranje baza i sirovina [14].....	39
Slika 21. Kontrolna vaga [14] .....	40
Slika 22. Vaga s dozirnim sustavom za rasuti materijal [14].....	41
Slika 23. Sklop dozirnih ventila [14] .....	41
Slika 24. Kompresor [14] .....	42
Slika 25. Prikaz mehaničke miješalice zajedno s automatskim sistemom za čišćenje [14].....	43
Slika 26. Mehanička miješalice [14] .....	44
Slika 27. Robot za proizvodnju prirodne i kupcu prilagođene kozmetike [14] .....	45
Slika 28. Dimenzije robota, osi rotacije i područje radnog dometa [15] .....	47
Slika 29. Osi rotacije i radni domet robotske ruke [15] .....	48
Slika 30. Dijagram dozvoljenog opterećenja robotske ruke [15].....	48
Slika 31. Dimenzije prirubnice na kraju robotske ruke [15] .....	48
Slika 32. Postolje robota [15] .....	49
Slika 33. Zglob na robotskoj ruci [15] .....	50
Slika 34. Hvataljka sa tri metalna prsta [15] .....	50
Slika 35. Robotska ruka i mjesto spajanja servomotora [15].....	50
Slika 36. Servomotor [17] .....	51
Slika 37. Servomotori na robotskim rukama [15] .....	51
Slika 38. Uređaj za kodiranje [17] .....	52
Slika 39. Priključci na robotskom kućištu [15] .....	53
Slika 40. Tlocrt, nacrt i bokocrt kontrolera FS100 za upravljanje robotom [16].....	53
Slika 41. Kontroler FS100 za upravljanje robotom YASKAWA SDA 10D [16].....	54
Slika 42. Robotska kamera sa lećom za fokusiranje [16] .....	55
Slika 43. Sučelje za kalibriranje kamere [16] .....	55
Slika 44. Snimka koju "vidi" robot [16].....	55

Slika 45. Programsko sučelje za poziciju robota u radu [16].....	56
Slika 46. Programsko sučelje – redoslijed koraka [16].....	56
Slika 47. Vrste ambalaže [14].....	57
Slika 48. Sustav za dodavanje ambalaže [14].....	58
Slika 49. Pisač i pokretna traka [14].....	59
Slika 50. Vakuumska hvataljka i vodoravni valjci za lijepljenje naljepnice [14].....	59
Slika 51. Naljepnica za gotov proizvod [14].....	59
Slika 52. Dijagram radnih procesa.....	62
Slika 53. Kreiranje proizvoda.....	63
Slika 54. Gel za tuširanje, tekući sapun i mlijeko za tijelo.....	64
Slika 55. Sol za kupku.....	64
Slika 56. Ulje za masažu.....	65
Slika 57. Etiketiranje.....	66
Slika 58. Čišćenje miješalice.....	66
Slika 59. Miješanje proizvoda.....	66
Slika 60. Završna faza proizvodnje.....	67
Slika 61. Softver za praćenje proizvodnje na zaslonu osjetljivom na dodir [14].....	68
Slika 62. Gotov proizvod i popis sastojaka [14].....	70
Slika 63. Promjena cijene sastavljanja po komadu ovisno o broju komada [13].....	72
Slika 64. Uzimanje prazne ambalaže na početku procesa [14].....	73
Slika 65. Postavljanje ambalaže i odvrtnje čepa [14].....	74
Slika 66. Doziranje baze [14].....	74
Slika 67. Doziranje dodatnog rasutog materijala [14].....	74
Slika 68. Pipetiranje[14].....	75
Slika 69. Lijepljenje etikete na ambalažu položenu na rotirajuće valjke [14].....	75
Slika 70. Postavljanje gotovog proizvoda na traku za otpremu [14].....	76
Slika 71. Usporedba cijena proizvodnje robotom za različite proizvodne količine [12].....	88
Slika 72. Cijena robotskog sklapanja s dva robota za različite proizvodne količine [12].....	94
Slika 73. Usporedba robotskog sklapanja s jednim i s dva robota [14].....	95
Slika 74. Najčešći kanali distribucije kozmetičkih proizvoda u Hrvatskoj [4].....	98
Slika 75. Projekcija proizvedenih količina po godini.....	99
Slika 76. Napredni senzori za motrenje temperature [18].....	100
Slika 77. 3D model robotske ruke s hvataljkom [18].....	101
Slika 78. Kamera za vizijski sustav MotoSight 3D [17].....	102
Slika 79. Robot za simulaciju proizvodnje [18].....	104
Slika 80. Prilagodljiva robotska hvataljka s tri osjetljiva prsta [17].....	105
Slika 81. Stroj za automatsko dodavanje ambalaže ProSys RT 60 [19].....	105
Slika 82. Mobilni robot [13].....	106
Slika 83. Mobilni humanoidni robot [18].....	107
Slika 84. Shematski prikaz s vizijskim sustavom.....	109
Slika 85. Glavno računalo upravlja radom svih komponenti sustava sklapanja.....	110

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Lideri u kozmetičkoj industriji [6] .....	16
Tablica 2. Ukupan izvoz kozmetičkih proizvoda po državama [6].....	17
Tablica 3. Tehničke specifikacije robota [15].....	46
Tablica 4. Koraci u procesu proizvodnje prirodne kozmetike [13].....	73
Tablica 5. Polje karte za robotsku montažnu stanicu s jednim robotom [11] .....	78
Tablica 6. Obrazac za robotsko sklapanje proizvoda na primjeru ambalaže kozmetičkog proizvoda .....	79
Tablica 7. Karta 2.1. Ručno rukovanje – procjena vremena [11] .....	81
Tablica 8. Podaci za dvije osnovne metode sređivanja dijelova .....	82
Tablica 9. Obrazac analize robotske proizvodnje (stanica s jednim robotom) .....	86
Tablica 10. Ukupna cijena proizvodnje robotom, CST, za različite proizvodne količine [12]	88
Tablica 12. Polje karte za robotsku montažnu stanicu s dva robotom [11] .....	89
Tablica 13. Obrazac za robotsko sklapanje korištenjem dva robota [11] .....	90
Tablica 14. Podaci za dvije metode sređivanja dijelova kod robotskog sklapanja [11].....	90
Tablica 15. Obrazac analize proizvodnje stanicom s dva robota .....	92
Tablica 16. Ukupna cijena proizvodnje s dva robota, CST, ovisno o broju komada proizvoda [12] .....	93

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
AG	USD	relativna dodatna cijena hvataljke ili alata
AGT	cent	relativna cijena alata robota i uređaja za pridržavanje
AR	USD	relativna cijena robota
ARM	USD	relativna cijena robota potrebnog za sklapanje proizvoda, maksimalna vrijednost stupca
BS	komad	veličina serije, broj proizvoda
CG	cent	cijena standardne hvataljke
CPT	USD	cijena uređaja za sređivanje dijelova
CR	USD	cijena dodavača
CST	cent	ukupna cijena robotskog sklapanja
CST(GP)	cent	cijena po sklopu korištenjem jednonamjenske opreme
CST(OP)	cent	cijena osoblja po sklopu
CST(OPS)	cent	trošak radnika za nadgledanje robotske stanice
CST(SP)	cent	cijena korištenja opreme po sklopu
CTS	USD	osnovna cijena jedne radne stanice
CWT	USD	cijena nosača i uređaja za pomicanje
NM	komad	teoretski minimalni broj dijelova
NOS		broj pojedinačnih robotskih stanica koje nadzire jedan tehničar
OP	cent/s	cijena ručnog rada
PE	%	efikasnost postrojenja
PS	godina	razdoblje povrata sredstava
RC	cent/s	vrijednost korištenja opreme
ROB1	USD	cijena standardnog robota s upravljačkom jedinicom, sensorima i višenamjenskom hvataljkom
RP		broj ponavljanja operacije
TA	s	ukupno vrijeme operacije
TAT	s	vrijeme ciklusa
TB	s	osnovno vrijeme operacije
TG	s	relativna vremenska kazna za promjenu hvataljke ili alata

TOT	s	vrijeme ručnog rada
TP	s	relativno efektivno vrijeme operacije

## SAŽETAK

Tržište prirodne i kupcima posebno prilagođene kozmetike posljednjih je godina u stalnom porastu. Kako bi povećale dobit i postigle viši stupanj kvalitete svojih proizvoda, kozmetičke tvrtke moraju stalno poboljšavati ponudu proizvoda te inovirati proizvodne procese. U ovom radu razmatran je inovativni robotski proizvodni proces u tvrtki Alpstories d.o.o kojim se proizvodi personalizirana kozmetika prema želji kupca.

Metodom DFA analiziran je robotski proces proizvodnje pri čemu su razmotreni različiti koncepti robotizirane proizvodnje, uključujući i postojeće stanje. Napravljeni su izračuni cijene proizvoda za različite proizvodne količine. Ustanovljeno je da su sustavom ostvarive znatno veće proizvodne količine od postojećih te su u radu predložene poslovne i tehničke mjere za njihovo postizanje. S tehničke strane, od presudnog je značaja uključenje vizijskog sustava i stvaranje prikladnog softversko-programerskog okružja za olakšan tretman narudžbi pojedinačnih kupaca i kupaca koji naručuju veće količine proizvoda.

Ključne riječi: personalizirana kozmetika, proizvodnja, dvoruki robot, DFA

## **SUMMARY**

The market of natural and personalized cosmetics is rapidly increasing during last few years. In order to achieve higher profit and high quality of products, cosmetic companies must constantly improve their product offering and must continually make innovations in the production process. In this paper the innovative robotic manufacturing process is analyzed in the case of Alpstories Ltd. Company, which produces personalized cosmetics based on customer`s needs.

The robotic production process is analyzed by the method of DFA analysis throughout various concepts of the robotic production, including existing conditions. The calculations of the product price for different production quantities were made. It has been found that the system can achieve significantly higher production volumes from existing ones, so the business and technical measures for their accomplishment are proposed. From the technical point of view, it would be of great importance to include the vision system and to create an appropriate software-programming environment for easier handling of orders from individual customers and customers who order larger quantities of products.

Key words: personalized cosmetics, production, two arm robot, DFA

## 1. UVOD

Upotreba kozmetike za osobnu higijenu seže još u daleku prošlost, no prirodna kozmetika razvija se tek unazad nekoliko desetljeća. Za razliku od komercijalno raširene, prirodna kozmetika sadrži prirodne komponente, a njenom razvitku prethode nova saznanja o dermatologiji, zdravlju općenito te proizvodnoj tehnologiji. Uz to što je želja potrošača koristiti zdravu, prirodnu kozmetiku, sve je veća potražnja za posebno prilagođenom, odnosno personaliziranom kozmetikom koja se proizvodi prema želji korisnika.

Kozmetička industrija je vrsta industrije koja predstavlja vrlo bitnu granu te je jedna od najbrže rastućih. Kako bi tvrtka koja se bavi proizvodnjom kozmetičkih preparata ostala konkurentna, mora pratiti tehnološki napredak i stalno uvoditi inovacije. Vodeće svjetske industrije upravo najveću pozornost posvećuju napretku, redizajnu proizvoda te poboljšanju postojećih proizvoda s ciljem unapređenja efikasnosti proizvodnje. Veliku prekretnicu u proizvodnji donosi upravo automatska, odnosno robotska proizvodnja.

Predmet ovog rada je istraživanje robotike u području prirodne kozmetike točnije, primjena robota u procesu proizvodnje personalizirane kozmetike. Analiza je provedena na primjeru tvrtke Alpstories d.o.o., prve tvrtke na hrvatskom tržištu s takvim načinom proizvodnje. Tvrtka predstavlja odličan primjer dobre prakse, pokazuje prednost robotizacije u kozmetičkoj industriji te kako to utječe na prodaju proizvoda i povećanje konkurentnosti na tržištu. Konkurentnost je cilj koji potiče pojedino poduzeće na inovacije.

Cilj ovoga rada je unaprijediti postojeći, tehnološki već vrlo napredan (robotiziran) proces proizvodnje, što uključuje razmatranje svih bitnih značajki proizvoda i proizvodnog postupka kako bi se ukazalo na važnost, ali i odgovorilo izazovima robotizacije. Na početku rada opisana je kozmetička industrija i njeno stanje na tržištu, objašnjena je važnost i proizvodnja prirodne kozmetike, dok je u drugom dijelu opisan razvoj robotizacije te su objašnjene karakteristike i funkcija uslužnih robota. Treći dio razmatra robotski proces proizvodnje personalizirane kozmetike u robotskoj radnoj stanici tvrtke Alpstories d.o.o. Četvrti dio opisuje glavne dijelove i opremu u proizvodnom procesu, s posebnim naglaskom na dvorukom robotu. Peti dio analizira robotski proces proizvodnje metodom DFA pri čemu su razmotreni različiti koncepti robotizirane proizvodnje, uključujući i postojeće stanje, te



uspoređene njihove prednosti i nedostaci. Na osnovi toga, posljednji dio daje pregled unaprjeđenog procesa proizvodnje s tehničkog i ekonomskog stajališta, uključenjem u automatski sustav proizvodnje još naprednije opreme.

## **2. KOZMETIKA**

Kozmetika se koristi već tisućama godina, a njezinom upotrebom želi se zaštititi ili uljepšati određeni dio ljudskog tijela. Još prvi arheološki nalazi u Egiptu, oko 3500. godina prije nove ere dokazuju korištenje kozmetike. Koristila se u Antičkoj Grčkoj kao i u Antičkom Rimu, a poznato je da je tada sadržavala otrove susptance poput žive i olova koje su nerijetko dovodile do raznih deformacija, trajnih oštećenja tijela pa i do smrti. Sastav i kvaliteta kozmetike kontinuirano se razvija, a tek u dvadesetom stoljeću njezin se sastav sve više kontrolira i izbacuju se štetni sastojci. Kozmetika može biti dekorativne i perparativne prirode, a prema sastavu se dijela na fizikalnu, kemijsku i biološku [2 i 3].

### **2.1. Kozmetička industrija**

Kozmetička industrija u posljednjih je nekoliko godina jedna od najbrže rastućih u svijetu. O tome govore i podaci istraživačke kompanije Kline and Company, koji su 2013. godine zabilježili veliki porast u ukupnoj prodaji kozmetike, a naročito one klasificirane kao prirodna kozmetika [4]. Ekonomski porast na globalnoj razini uzrokovao je povećanje osobne potrošnje, a samim time i kozmetičke proizvodnje. Zbog specifičnosti proizvoda, odnosno široke upotrebe, kozmetičkoj proizvodnji ne prijeti zaustavljanje porasta procesa proizvodnje i prodaje [5]. Proizvodnja kozmetike trenutačno je pod dominacijom multinacionalnih kompanija. Riječ je o kompanijama koje su nastale početkom dvadesetog stoljeća. U tablici 1. dani su podaci iz 2006. godine, koji prikazuju vodeće tvrtke na tržištu kozmetike uz njihov tržišni udio i prodaju koja je istaknuta u milijunima eura.

Tablica 1. Lideri u kozmetičkoj industriji [6]

Kompanija	Prodaja u 2006. godini, u milijunima EUR	Tržišni udio
Procter & Gamble Co.	18 360	12,7 %
L'Oreal Group	15 011	10,1 %
Unilever Group	10 264	7,1 %
Colgate – Palmolive	5 783	4,0 %
Estee Lauder Cos Inc.	5 313	3,9 %
Avon Products Inc.	4 801	3,3 %
Beiersdorf AG	4 327	3,1 %
Johnson & Johnson	4 048	2,8 %
Shiseido Co Ltd.	4 314	2,6 %
Kao Corp.	3 235	2,5 %

Tehnološki napredak i stalne inovacije glavna su obilježja moderne kozmetičke industrije. Industrijski lideri stalno rade na novim proizvodima ili na poboljšanju postojećih. Industrija se fokusira na nove molekularne i biološke strategije, sve s ciljem unapređenja efikasnosti proizvoda [6].

Lansiranje novih proizvoda te stalni naponi koji su usmjereni ka poboljšanju postojećih proizvoda, kao i snižavanje njihovih cijena, doprinose samom napretku kozmetičke industrije. Cilj svakog pojedinog poduzeća je na optimalan način iskoristiti sve postojeće resurse i potencijale. U toj namjeri tvrtka mora biti ekonomski, društveno i politički odgovorna.

Američko tržište zasigurno predstavlja najveće svjetsko tržište, dok je primjerice Francuska najveći izvoznik kozmetičkih proizvoda što je prikazano u tablici 2. Amerika zauzima tek treće mjesto na ljestvici najvećih izvoznika kozmetičkih proizvoda, dok Poljska, Mađarska, Latvija i Kina ostvaruju najveću godišnju stopu rasta izvoza. Rast bilježe i ostale regije u razvoju poput Južne Amerike i Istočne Europe.

Tablica 2. Ukupan izvoz kozmetičkih proizvoda po državama [6]

<i>Zemlja</i>	<i>Vrijednost, 2005., milijardi EUR</i>	<i>Tržišni udio u Europi</i>	<i>Godišnja stopa rasta, 1999.–2005., %</i>
Francuska	8 081 539	35,0 %	6,5 %
Njemačka	3 967 456	17,2 %	10,9 %
Velika Britanija	2 910 471	12,6 %	4,1 %
Italija	2 089 161	9,0 %	11,0 %
Španjolska	1 378 227	6,0 %	12,3 %
Nizozemska	992 424	4,3 %	17,3 %
Belgija	969 403	4,2 %	5,6 %
Poljska	750 066	3,2 %	27,8 %
Irska	483 107	2,1 %	–2,7 %
Švedska	245 213	1,1 %	8,7 %
Danska	222 073	1,0 %	12,1 %
Mađarska	209 107	0,9 %	32,7 %
Austrija	172 356	0,7 %	6,1 %
Grčka	167 278	0,7 %	13,5 %
Češka	139 393	0,6 %	15,2 %
Luksemburg	81 795	0,4 %	9,5 %
Portugal	81 779	0,4 %	16,0 %
Finska	60 728	0,3 %	3,4 %
Latvija	27 410	0,1 %	34,3 %
Litva	23 683	0,1 %	20,2 %
Slovačka	14 995	0,1 %	12,6 %
Malta	12 103	0,1 %	3,7 %
Estonija	5 744	0,0 %	5,3 %
Cipar	4 279	0,0 %	–4,3 %
USA	3 815 577		7,0 %
Kina	835 692		28,7%
Japan	633 578		6,1%

## 2.2. Trendovi u kozmetičkoj industriji

Iako je uvriježeno mišljenje kako se kozmetička industrija uglavnom povezuje uz žensku populaciju, muškarci, naročito posljednjih godina, sve su više aktivniji korisnici raznih kozmetičkih proizvoda. Upravo su ovo novi segmenti potrošača. Brojni časopisi namijenjeni muškarcima educiraju mušku populaciju o kozmetičkim proizvodima. Na taj način ulijevaju pouzdanje muškarcima za kupnju proizvoda. Kozmetičke kompanije uvidjele su kako muškarci pod pojmom higijene ne podrazumijevaju isključivo brijanje i kupanje, stoga se linije proizvoda koje su namijenjene muškarcima ne razlikuju značajno od linija proizvoda namijenjenih ženama.

Osim novih segmenata potrošača, novi trend u kozmetičkoj industriji su privatne marke. One nastaju između trgovaca, veletrgovaca te posrednika koji se javljaju u ulozi naručitelja određene robe. Privatne robne marke su tip marke koje je u vlasništvu naručitelja, a na tržište se plasiraju pod imenom kompanije.

Gotovo svaki veći trgovački lanac i drogerija u svojoj ponudi imaju i liniju kozmetičkih proizvoda privatne marke. Razlog tome je sve bolja kvaliteta proizvoda te znatno niže cijene koje su primamljive svim kupcima.

## 2.3. Životni ciklus kozmetičkih proizvoda

Kozmetičko tržište je zasićeni tip tržišta. Potrošači su prije četrdesetak godina mogli birati tek između tridesetak vrsta parfema ili ruževa za usne, dok je današnji izbor nedvojbeno puno veći. Odgovor većine kompanija, odnosno strategija za održavanje stabilnog udjela na tržištu i sprječavanje daljnjeg opadanja profita je snižavanje cijena te pojačana promocija. Isto tako, proizvodi u fazi zrelosti pokušavaju se "osvježiti" promjenom vizualnog identiteta ili usavršavanjem, odnosno poboljšavanjem temeljnih karakteristika proizvoda [15].

## 2.4. Prirodna kozmetika

Ekološka osviještenost potrošača ogleda se povećanom brigom za zdravlje, okoliš i sustav proizvoda utječe na rast potrošnje organski uzgojene hrane te prirodne i organske kozmetike [9]. Prirodna kozmetika ima veliki potencijal za komercijalizaciju jer se prirodni sastojci u proizvodima koriste u omjerima koji su preporučljivi i korisni za njegu kože.

Ne postoji točno određena definicija prirodne kozmetike, ali već sam pojam prirodna asocira na proizvode koji sadrže biljne sirovine, poput biljnih ulja, eteričnih ulja, biljnih ekstrakata ili proizvode koji nisu testirani na životinjama. Primjerice u prirodnu kozmetiku ubrajamo kozmetiku koja se izrađuje od sljedećih ljekovitih vrsta:

- Smilje – djeluje protiv bora te obnavlja kožu
- Nevenovo eterično ulje – djeluje antimikrobno, saponini djeluju antigljivično
- Gospina trava – regenerira zarastanje rana na koži, smiruje iritacije
- Maslinovo ulje – zaustavlja starenje, liječi kožne probleme, koristi se za njegu kose
- Matičnjak – djeluje antiupalno, smiruje upale na koži i slično
- Ružmarin – smanjenje celulita
- Lavanda – omekšava kožu
- Aloe vera – pomlađuje kožu, otklanja staračke pjege, djeluje protuupalno.

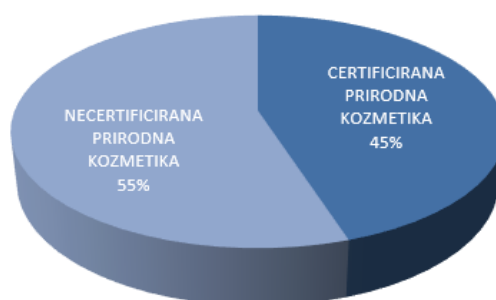
Također, prirodna kozmetika, tj. kozmetika na bazi prirodnih sastojaka rast popularnosti duguje stavovima zasnovanim na kliničkim istraživanjima. Kozmetičke kompanije prate nezavisna istraživanja koje uvelike utječu na trendove tržišta.

Prirodna kozmetika ne zagađuje okoliš te ima puno manje nuspojava od sintetički izrađene kozmetike. Uzimajući u obzir velik rast tržišta prirodne kozmetike u proteklim godinama, bolje razumijevanje stavova potrošača prema proizvodima prirodne kozmetike te njihovo posljedično ponašanje ključni su za daljnji razvoj tržišta prirodne kozmetike [12].

Prednosti uporabe prirodne kozmetike su visoki udio prirodnih sastojaka biljnog i životinjskog porijekla, kao što su esencijalna ulja ili biljni ekstrakti, priprava prema tradicionalnim recepturama gdje se prirodni sastojci u proizvodima koriste u omjerima koji su preporučljivi. Umjesto pomoćnih tvari iz naftnih derivata (parafin, petrolej) koristi se maslinovo ulje ili biljne masnoće, te prirodni konzervansi kao što su limunska kiselina, zbog čega je prirodne proizvode obično potrebno potrošiti za tri do četiri mjeseca i čuvati ih na tamnom mjestu sa ujednačenom temperaturom. Zahvaljujući različitim aktivnim sastojcima, dubinski njeguju kožu, ne sušeći je i pomažući joj da dugo zadrži zdravlje, ljepotu i savršen izgled. Svaka osoba treba pronaći proizvod koji najbolje odgovara njenoj koži i tu leži najveći potencijal za proizvodnju personalizirane kozmetike.

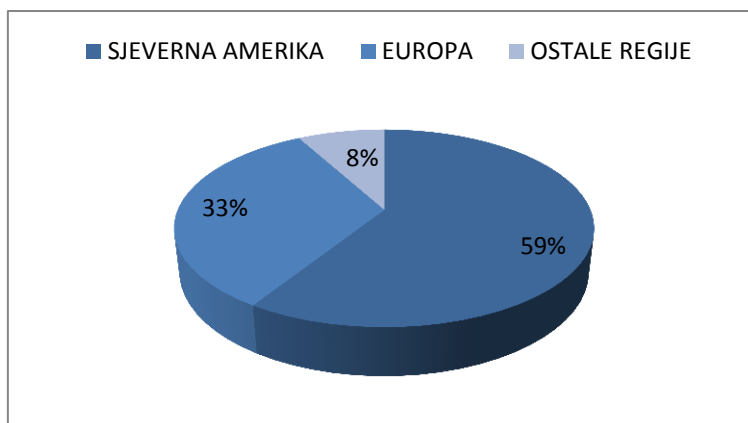
Najveći nedostaci primjene ove vrste kozmetike su način kućne izrade, odnosno higijenski aspekt, zatim korištenje sastojaka prema vlastitom nahođenju, pogrešna primjena tih preparata, uglavnom prema tipu kože ili prema problemu na koži te učestalost primjene. Niz biljnih sokova koji na kožu djeluju iritirajuće, mogu razviti alergiju i trajna oštećenja kože. Na tržište smiju dospjeti samo oni kozmetički proizvodi koji imaju imenovanu odgovornu osobu, što je najčešće proizvođač ili uvoznik. Za svaki kozmetički proizvod koji se stavlja na tržište, odgovorna osoba mora osigurati zdravstveno ispravan proizvod. Dokaz zdravstvene ispravnosti je priložen u sigurnosti proizvoda, tzv. "Safety Assessment" bez čega proizvod ne može na tržište.

Godine 2013. ukupna prodaja prirodne kozmetike porasla je za 10,6% u odnosu na prethodnu godinu i iznosila je gotovo 30 milijardi američkih dolara [7]. Grafikon na slici 1. prikazuje udio certificirane prirodne kozmetike u ukupnoj prodaji, koji iznosi oko 45%, odnosno 13 milijardi američkih dolara. Oko 16 milijardi dolara američkih dolara odnosilo se na necertificiranu prirodnu kozmetiku što je činilo oko 55%.



**Slika 1. Udio prirodne certificirane i necertificirane kozmetike [7]**

Istraživanja su pokazala da porast prirodne kozmetike u 2015. godini iznosi oko 14 milijardi američkih dolara, dok se očekuje da 2020. taj porast iznosi 16 milijardi. Potražnja za prirodnom kozmetikom u velikom je porastu i koncentrirana je u dvije glavne regije te jednoj sporednoj, a to su Sjeverna Amerika 59%, Europa 33% i ostale regije 8% [8]. Grafikon na slici 2. predstavlja kako se kreće potražnja u postotcima po navedenim regijama.



**Slika 2. Potražnja za prirodnom kozmetikom po regijama [7]**

U ukupnoj prodaji certificiranih prirodnih proizvoda udio Europe je oko 20%, od čega se 9% ostvari u Njemačkoj, 4% u Francuskoj, a 7% odnosi se na zemlje Zapadne Europe te Skandinaviju.

Kozmetičkim tržištem vladaju velika međunarodna poduzeća, njihova prednost su fleksibilnost i mogućnost osobnijeg pristupa kupcima i njihovim proizvodima. Ekonomski rast na globalnom planu uzrokovao je povećanu potrošnju diljem svijeta.

## **2.5 Konkurentnost tržišta**

Kozmetička industrija pripada u monopolističku proizvodnju. Budući da na tržištu postoji velik broj konkurenata, konkurentne prednosti nastoje se ostvariti kroz raznolikost proizvoda [13]. Proizvođači svoje napore usmjeravaju na manje tržišne segmente na kojima bolje od konkurenata zadovoljavaju potrebe kupaca. U kozmetičkoj industriji taj je pristup posebice izražen kod luksuznih kozmetičkih proizvoda, proizvoda namijenjenih etničkim skupinama, te u segmentu prirodne kozmetike [14].

U Hrvatskoj je posljednjih nekoliko godina zabilježen trend rasta potražnje za prirodnom kozmetikom i pripravcima proizvedenim od prirodnih sirovina. Od poznatijih proizvođača prirodne kozmetike u Hrvatskoj to su tvrtke: Olival, Ulola, Priroda liječi, Mala od lavande, Total Natural, Kantarion i Biobaza. Tvrtka Alpstories je jedinstven primjer primjene robota za ovakve namjene, što je izdvaja i čini posebnom u odnosu na ostale proizvođače.



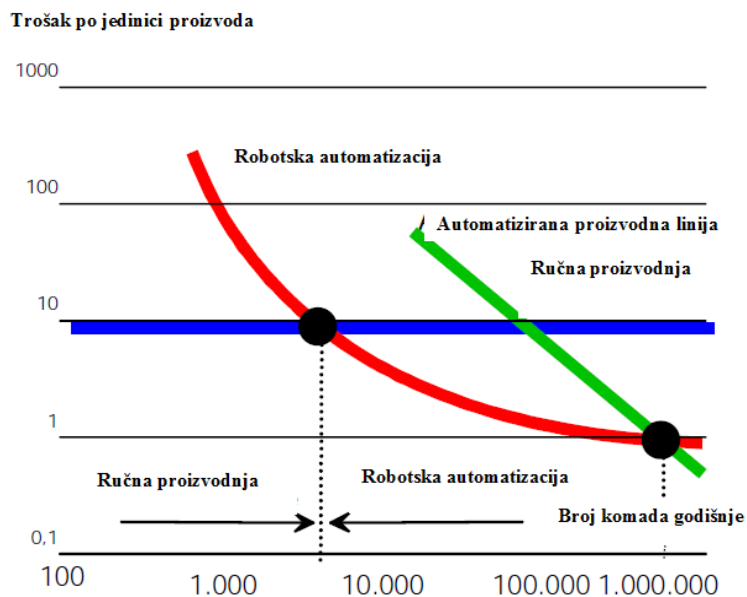
### 3. ROBOTIKA

Automatizacija igra važnu ulogu u gospodarskom napretku čovječanstva. U posljednja četiri desetljeća velikoserijska proizvodnja uglavnom je automatizirana. Na taj način je smanjena cijena, a povećana kvaliteta proizvoda [16]. Primjenom automatizacije na mehaničke sklopove razvijeni su visokoautomatizirani sustavi u svrhu poboljšanja proizvodnih procesa, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti.

#### 3.1. Razvoj robota

Visok stupanj automatizacije prirodnih linija postignut je primjenom robota. Pojava robota započela je još šezdesetih godina prošlog stoljeća. Danas su roboti unaprijeđeni, a njihov razvitak prate velike promjene. Razvoj robotske industrije rezultat je usklađenih istraživačkih i razvojnih napora u područjima mehaničkih sustava, računalnih sustava, teorije upravljanja, inteligentnih sustava, senzorskih sustava, izvršnih uređaja itd. [17 i 18]

Integracija novih postignuća u već navedenim područjima dovela je do mogućnosti proizvodnje financijski prihvatljivih robota sposobnih za obavljanje složenih radnji u industrijskoj proizvodnji – industrijski roboti ili u raznim uslužnim djelatnostima – uslužni roboti. Grafikon na slici 3. prikazuje usporedbu troškova po jedinici proizvoda u ovisnosti o broju proizvedenih komada godišnje. Plava linija predstavlja ručnu proizvodnju koja je uglavnom konstantna po broju proizvedenih komada na godišnjoj razini. Trošak automatizirane proizvodne linije označene zelenom bojom linearno opada kada broj proizvedenih komada premaši otprilike 50 000, dok se trošak robotske automatizirane proizvodnje predstavljen crvenom krivuljom eksponencijalno smanjuje već nakon 1000 proizvedenih komada.



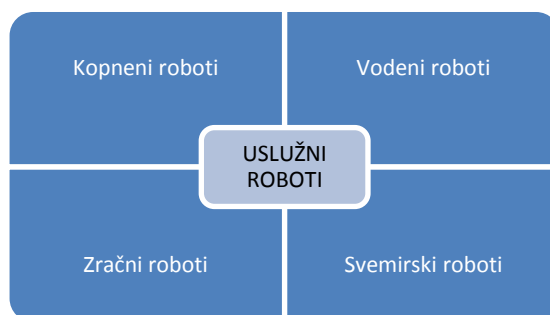
**Slika 3. Odnos troška i broja proizvedenih komada ovisno o načinu proizvodnje [11]**

Robotska proizvodnja je proizvodnja koja postaje sve prihvatljivija i bitnija za mnoge tvrtke, jer osigurava kvalitetu proizvoda. Analiza najnovijih trendova razvoja automatizacije proizvodnje i neproizvodnih procesa pokazuje da je robotizacija tih procesa u općem konceptu njihove automatizacije i dalje u jedinstvenom i nezamjenjivom položaju. Ovi trendovi postavljaju više zahtjeve o složenosti inovaciji svih načina unosa automatiziranih proizvodnih i uslužnih sustava. Najnoviji trendovi stvaraju nove potrebe za razvoj i izgradnju novih kategorija i generacija robota, kao i novi pristup primjene robota. Svjetsko tržište robota i to samo sklopova, procjenjuje se na oko šest milijardi eura, a ukoliko se uključe programska podrška kao i periferni uređaji te sistemski inženjering, ta brojka se utrostručuje[9].

### 3.2. Uslužni roboti

Nova tržišta za primjenu robota zahtijevaju i nova rješenja u kojima nove tehnologije, alati kao i sistemske paradigme daju robotskim sustavima fleksibilnost te ih čine jednostavnijima za primjenu. Uslužni roboti pojavili su se kao nova grana robotike, prvenstveno u djelatnostima gdje je moguće zamijeniti čovjeka kako bi se on mogao posvetiti produktivnijim zadaćama ili na mjestima rada sa povećanim opasnostima. Neka od područja primjene su čišćenje, njega, zabava, rehabilitacija ili područja kao što je rad u prostorima punim radijacije ili opasnog okoliša. Uslužni roboti razlikuju se od industrijskih po tome što rade u prostorima koji su nestructurirani, odnosno prostorima koji često nisu dio industrijskog

postrojenja. Uslužni roboti imaju veći stupanj autonomnosti od industrijskih, a svoju autonomnost moraju temeljiti isključivo na informacijama iz senzora koji su ugrađeni u njih. Mogućnosti primjene uslužnih robota gotovo su neiscrpne. Mogu se podijeliti na razne načine, najbitnija je podjela po osnovnim značajkama prostora u kojem djeluju, što je prikazano i na slici 4.

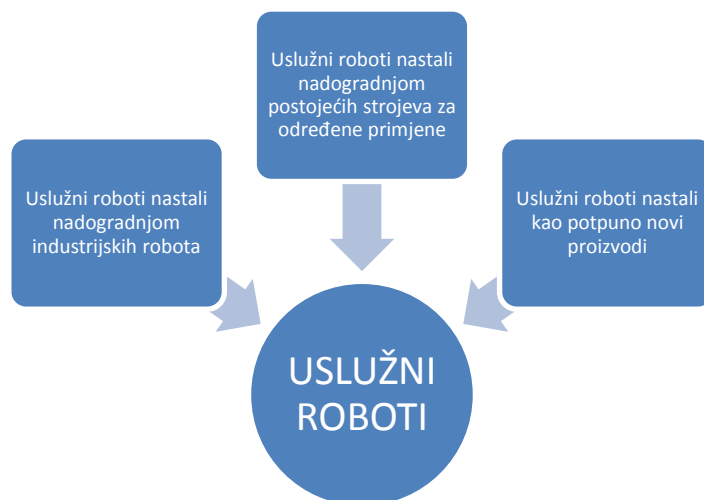


**Slika 4. Podjela uslužnih robota prema značajkama prostora u kojem djeluju [13]**

Opstanak tvrtki koji se bave uslužnim djelatnostima u sve većoj mjeri ovisi o inteligenciji pomagala koja koriste. U budućnosti je za očekivati sve veći broj usluga koje pružaju uslužni roboti. Glavni nositelj razvoja ovakvog tipa robotike svakako je Japan. Pri razvoju uslužnih robota posebnu pažnju posvećuje se istraživanjima koje pretežito financira država. Još 1999. godine u komercijalnom radu bilo je oko 6 600 uslužnih robota, dok ih je krajem 2003. bilo oko 50 000. Smatra se kako će ekspanzija istih tek uslijediti.

Većina tvrtki koja proizvodi robote ili njihove dijelove svoj razvoj temelje na novim tehnologijama i inovacijama. Te iste tvrtke surađuju sa sveučilištima i istraživačkim centrima. S pravom se može očekivati kako će se uslužna robotika razvijati te postati vodeća industrijska grana 21. stoljeća.

Izvedbe uslužnih robota su raznolike što je posljedica širokog spektra primjena za koje se razvijaju. Uslužni roboti koriste se u tri kategorije koje su prikazane na slici 5.



**Slika 5. Podjela uslužnih robota s obzirom na izvedbu [9]**

Uslužni roboti nastali nadogradnjom industrijskih robota razvijeni su iz robota tvrtki koje integriraju robotske sustave s ciljem osvajanja novih tržišta. Primjeri ovih uslužnih robota su roboti namijenjeni za točenje goriva na benzinskim crpkama, za automatizaciju skladišta, medicinski roboti te slično.

ISO-Standard 8373 definira automatizirani sustav i uslužne robote za komercijalnu primjenu. Uslužni roboti nastali nadogradnjom postojećih strojeva za određene primjene su roboti čiji su razvoj potaknuli proizvođači s ciljem povećanja autonomnosti i inteligencije robota. Primjeri ovih robota su roboti za čišćenje podova, za ispitivanje cjevovoda i slično. Autonomija robota je sposobnost obavljanja različitih zadatah temeljem prikupljenih ulaznih informacija putem senzora, bez interakcije sa čovjekom.

Uslužni roboti nastali kao potpuno novi proizvodi su roboti čiji je razvoj rezultat želje za većim oslobađanjem čovjeka od poslova koji se mogu automatizirati. Ovdje je naglasak na razvoju robota za masovnu primjenu. U navedenu kategoriju spadaju roboti za obavljanje kućanskih poslova, roboti za zabavu i slično. Kako bi roboti mogli funkcionirati te udovoljiti postavljenim zahtjevima sa stajališta funkcionalnosti, cijene i kvalitete rada, tvrtke moraju razviti i primijeniti napredne tehnologije. Ostvarenje tržišno konkurentnog i prihvatljivog uslužnog robota ovisi o:

- troškovima razvoja i cijena sustava
- tehničkim zahtjevima
- sigurnosti.

Kada je riječ o troškovima razvoja i cijenama sustava, za razliku od industrijskih robota, uslužni roboti se izvode za obavljanje specifičnih poslova, u nestrukturiranom okruženju s mogućnošću neposredne interakcije s ljudima. Nižu cijenu je stoga moguće postići razvojem što većeg broja komponenata i podsustava koji ne ovise o primjeni te njihovom upotrebom pri konfiguriranju robota za određenu primjenu.

Nadalje, što se tiče tehničkih zahtjeva, velik broj komponenata uslužnih robota može se dobiti modifikacijom komponenata industrijskih robota kojima se povećava funkcionalnost, performanse komponenata i podsustava da robot može autonomno:

- stvara kartu prostora
- određuje svoj položaj u prostoru
- planira svoje gibanje radi ostvarenja postavljenog zadatka i izbjegavanja sudara s drugim objektima u prostoru
- obavlja komunikaciju i interakciju s ljudima i drugim robotima u prostoru.

Uslužni roboti izvršavaju sve postavljene zadatke najčešće u prostorima u kojima borave ljudi pa je zbog sigurnosti potrebno kvalitetno definirati njihovu međusobnu interakciju. Na taj način sprječava se da robot nekoga ozlijedi ili da dođe do njegovog oštećenja. S obzirom da robote nije moguće smjestiti u zasebne strukturirane prostore, na njih nije moguće primijeniti sigurnosna pravila koja vrijede za industrijske robote.

Prednost automatiziranog robotskog procesa proizvodnje je ponajprije brzina izvršavanja operacija, ponavljanje i reproduciranje radnji zbog čega su poboljšani s obzirom da sustav ima manju vjerojatnost variranja količine proizvoda i manje varijacija u promjenama reagiranja na radne uvjete. Produktivnost je povećana jer nema vremenskog ograničenja, dok je učinkovitost poboljšana jer robot može kontinuirano raditi, a također, smanjena je i količina škarta. Automatizacija omogućava sigurno radno okruženje s obzirom da čovjek više ne mora rukovati škodljivim ili opasnim materijalima. Automatizacija, također doprinosi boljim uvjetima rada osoblja jer se tako mogu fokusirati na druge kreativnije zahtjeve koji nisu ponavljajući.

Nedostatak automatiziranog robotskog procesa proizvodnje je početni trošak za kupovinu i montažu pojedinačne robotske stanice. Još se istražuju brojne mogućnosti automatizacije čime bi se proširila njezina primjena. Automatizaciju procesa otežavaju i radni uvjeti u kojima

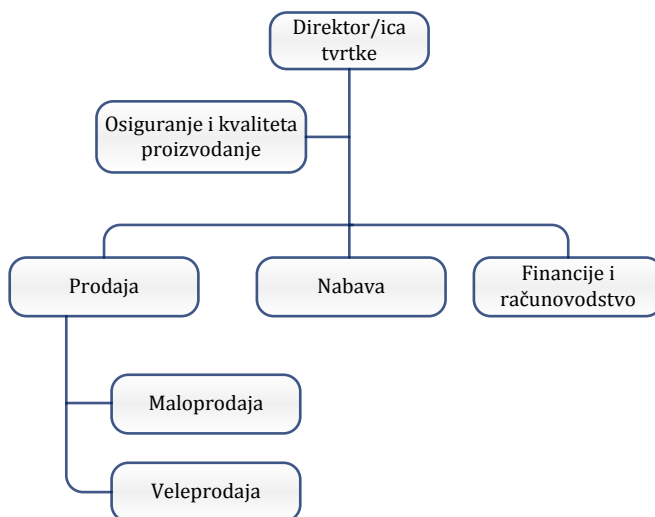
se zahtijeva vizualna analiza, prepoznavanje ili usporedba kao kod promjene boje. Time je mogućnost analize ograničena samo na ulazne podatke dobivene motrenjem senzora. Neki sustavi zahtijevaju napredno poznavanje programskih jezika C++ ili Visual Basic kako bi se programirali složeniji radni zadaci u standardnom softveru proizvođača.

#### 4. ROBOTSKA PROIZVODNJA PRIRODNE I PERSONALIZIRANE KOZMETIKE

[REDACTED]



[REDACTED]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



[Redacted text block]

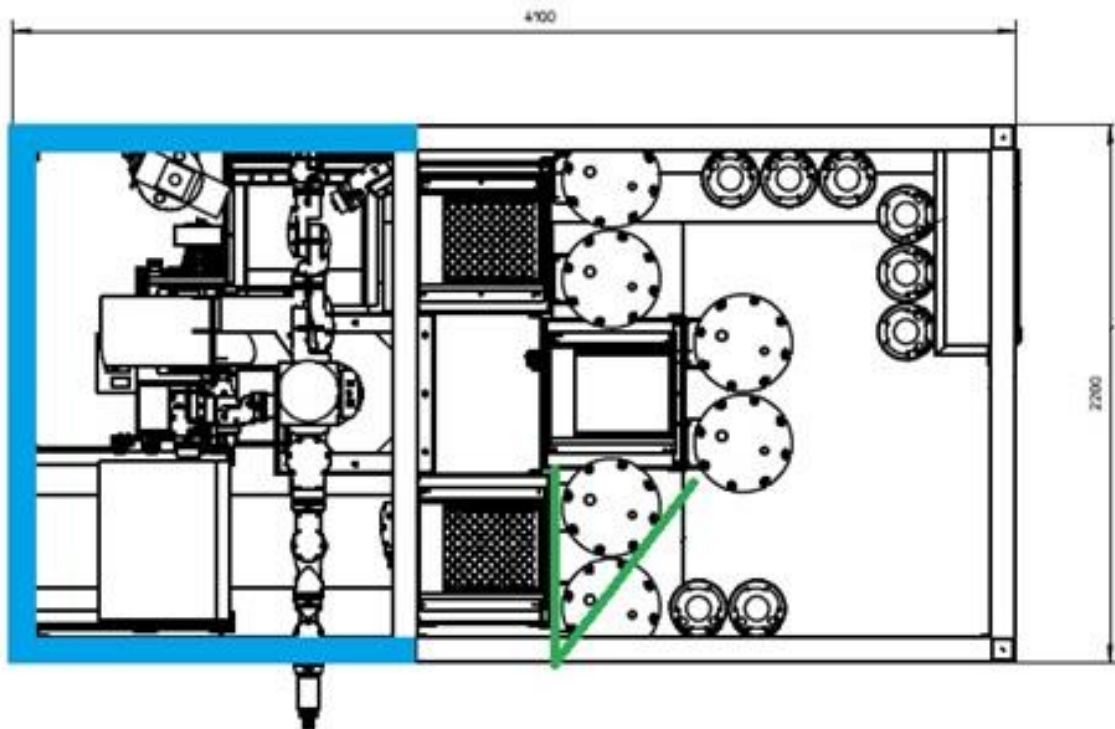
[Redacted text block]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]





[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

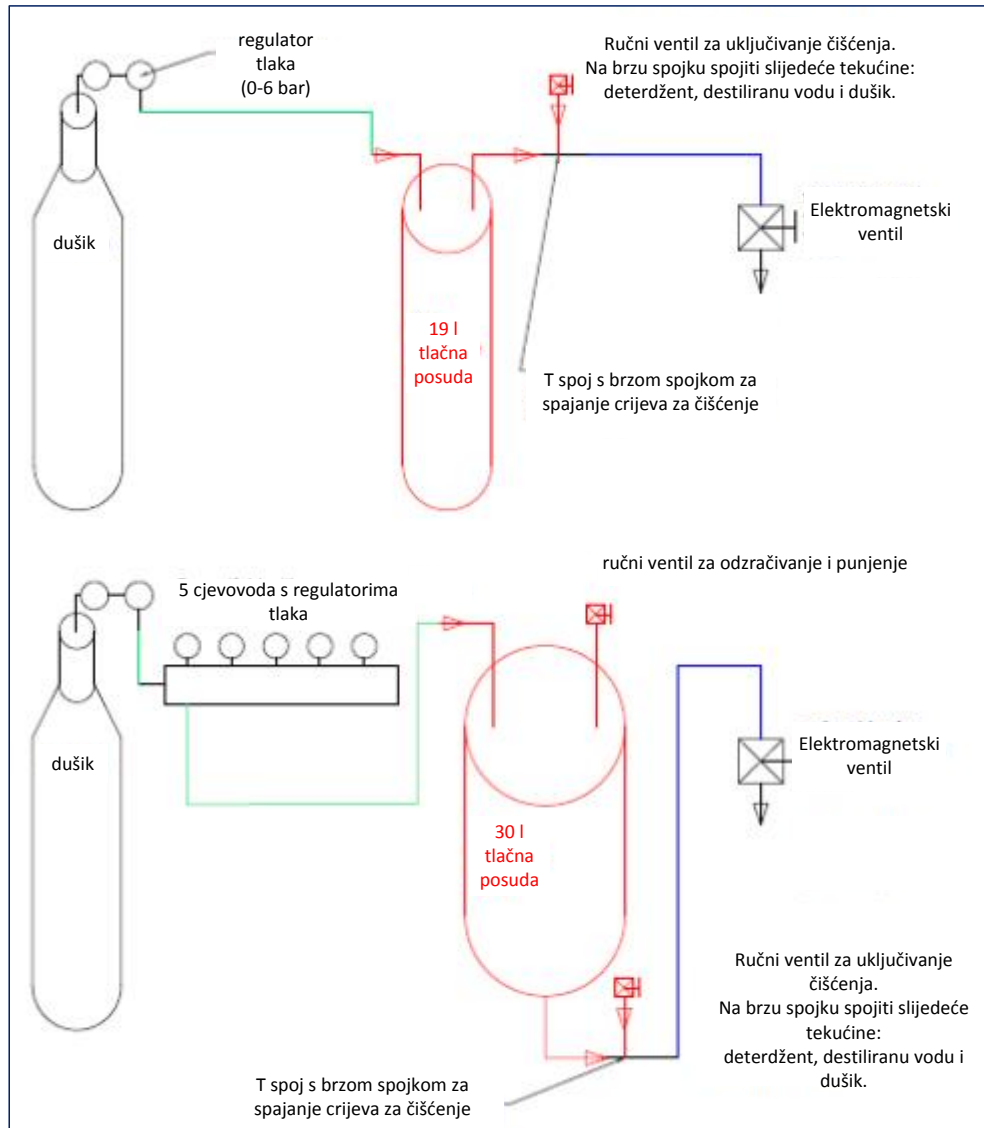
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

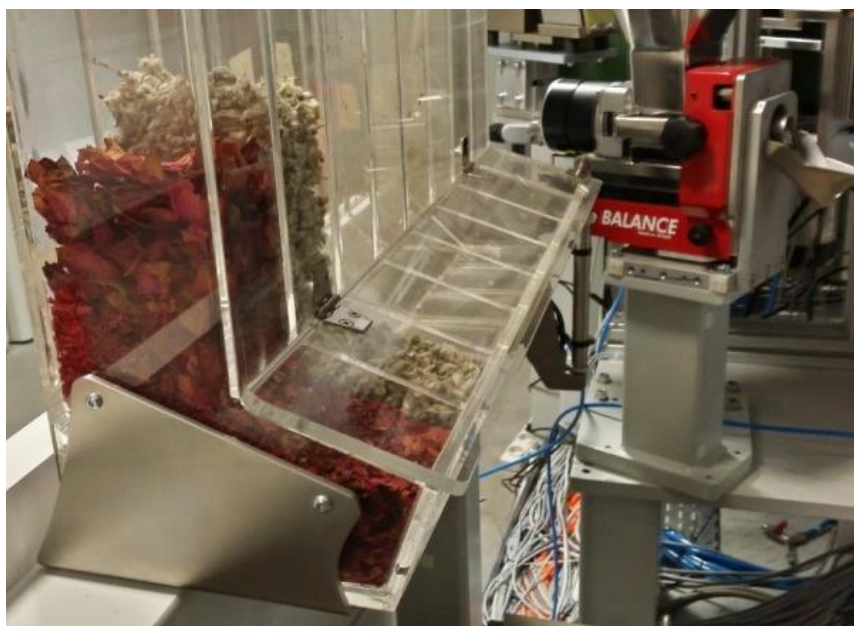
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

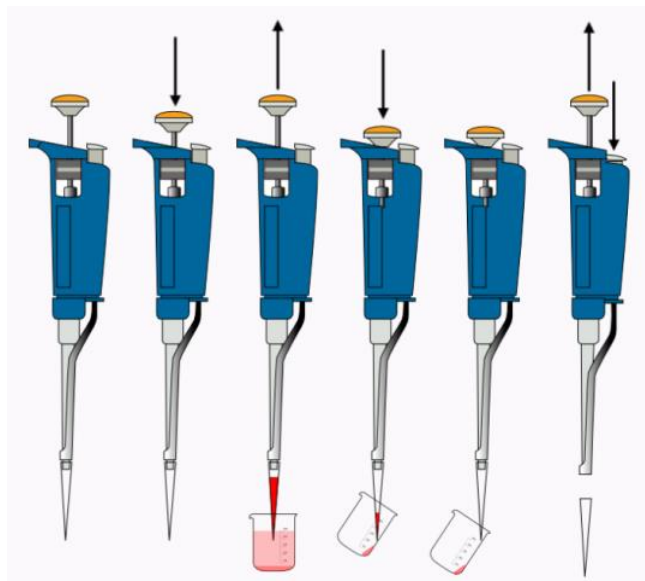
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]



[REDACTED]



[REDACTED]

[Redacted]

[Redacted]



[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

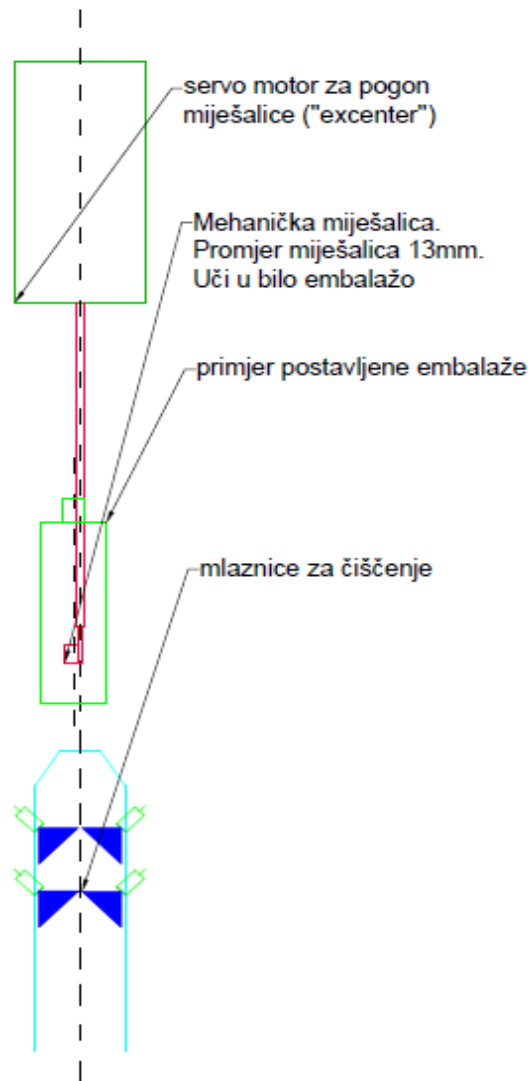
[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]





[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

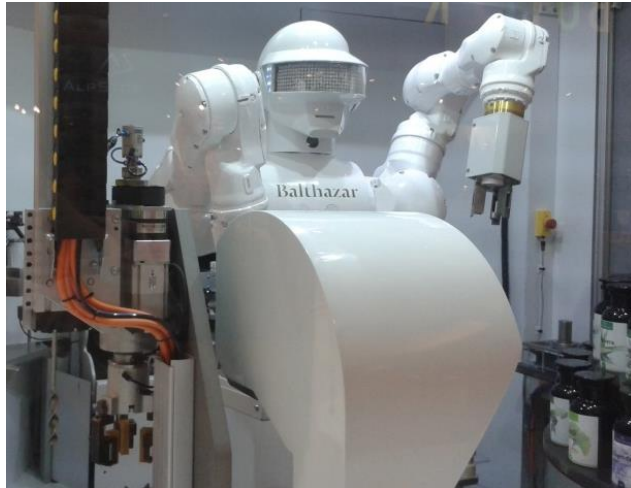
[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

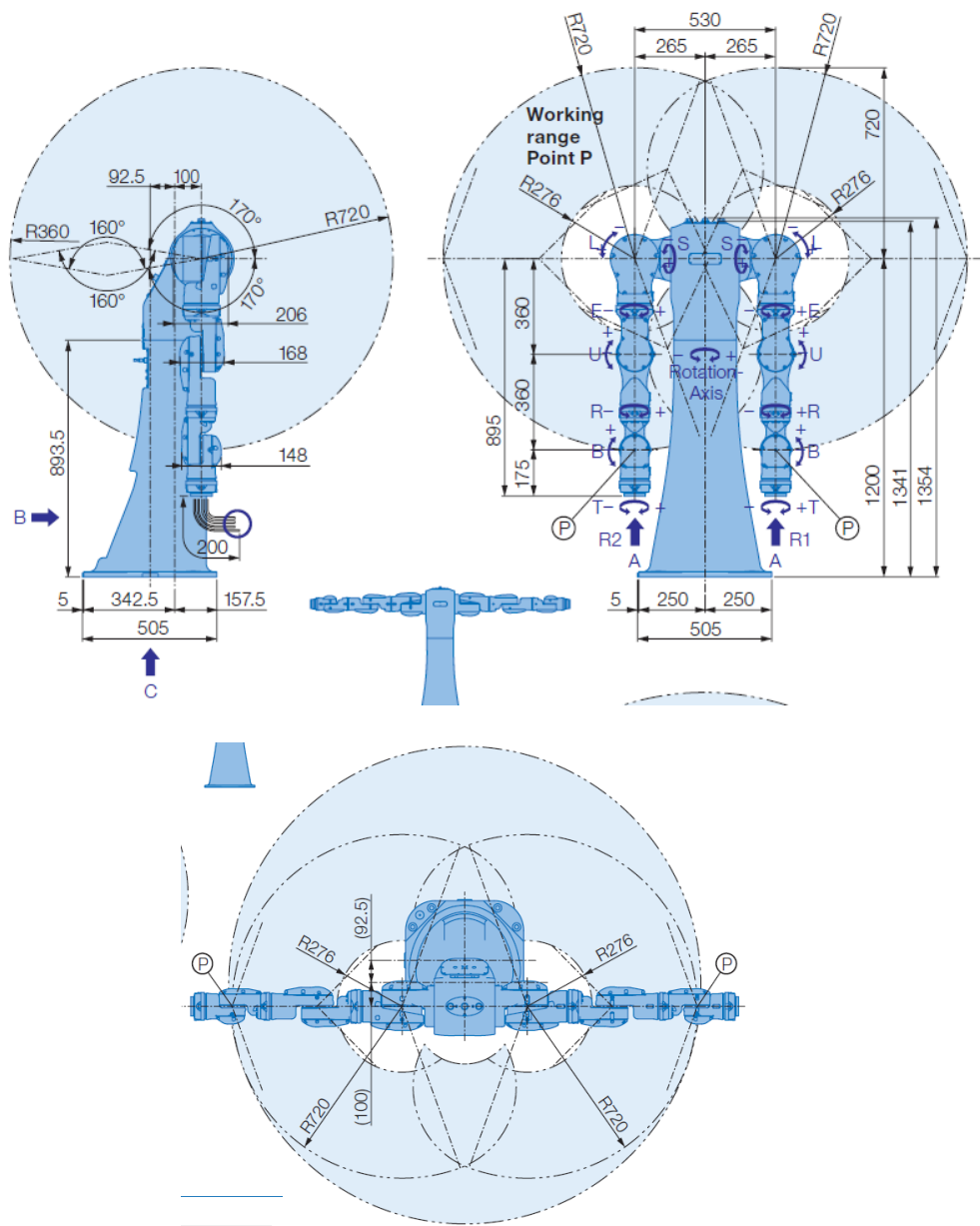


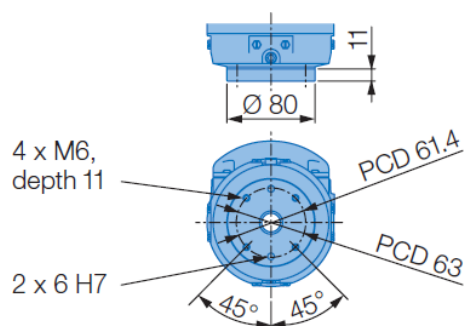
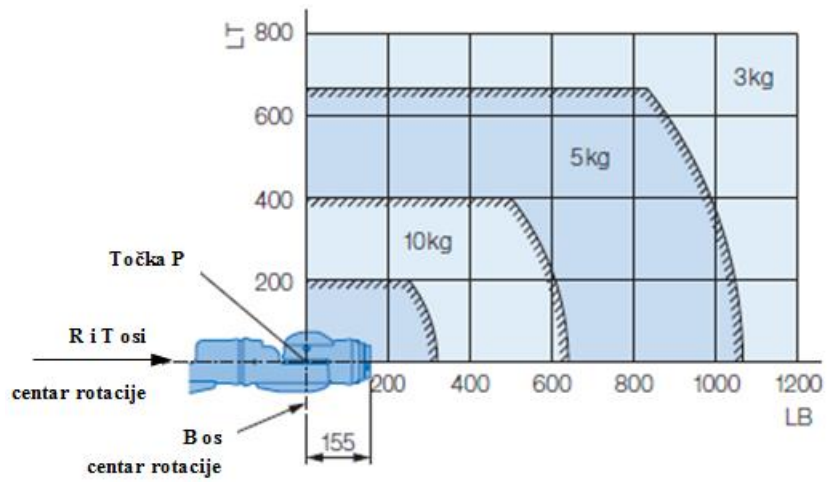
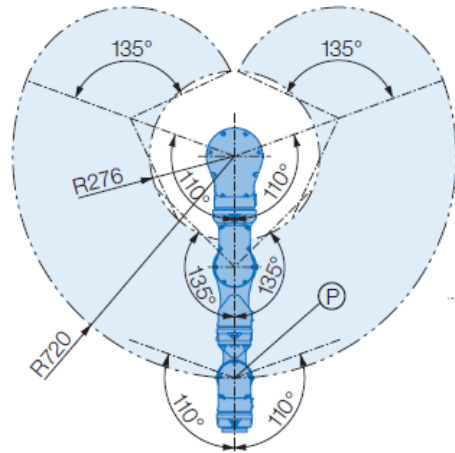
[Redacted text block]

[Redacted text block]

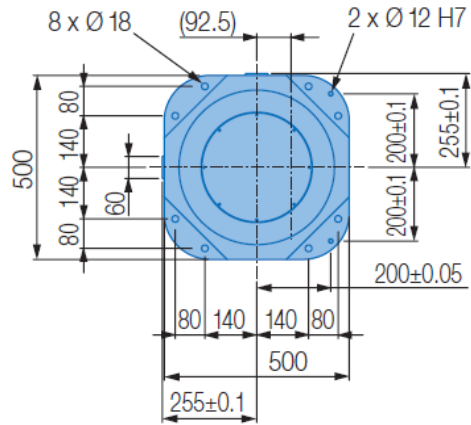








[Redacted text]



[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[REDACTED]



[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]



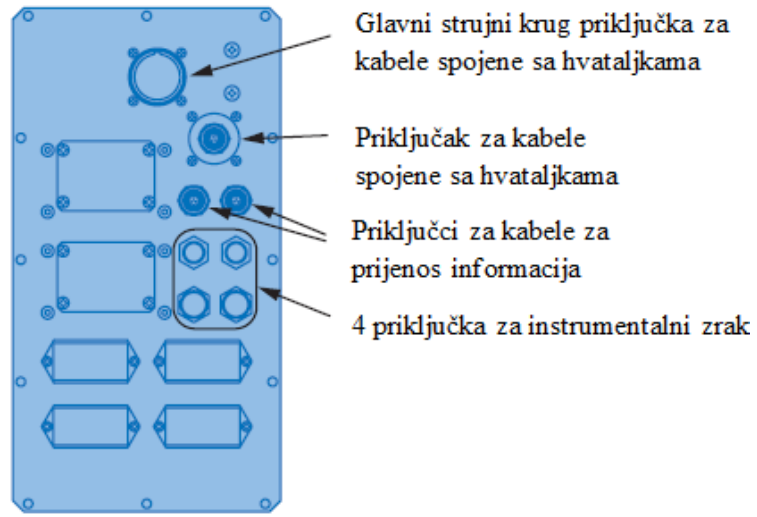
[REDACTED]

[REDACTED]

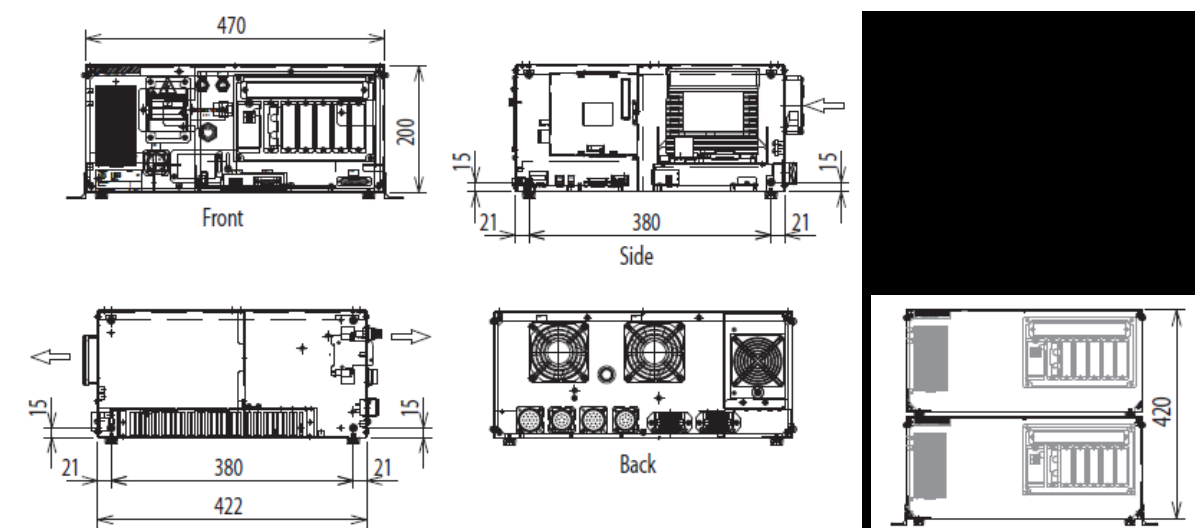


[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted text block]





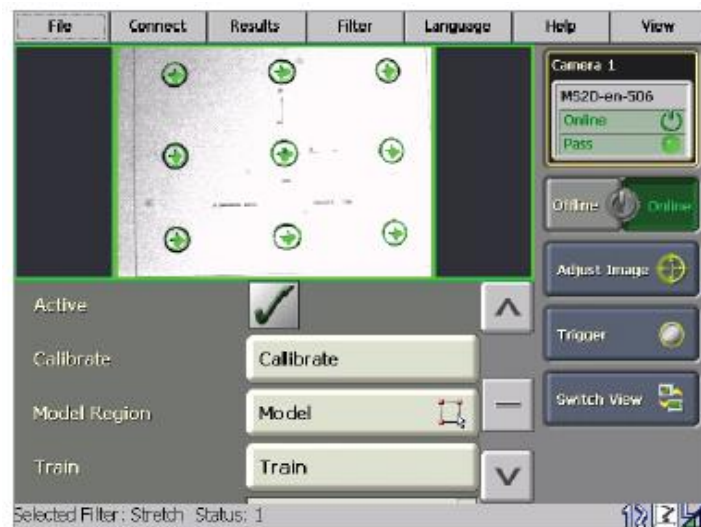
[Redacted text block]

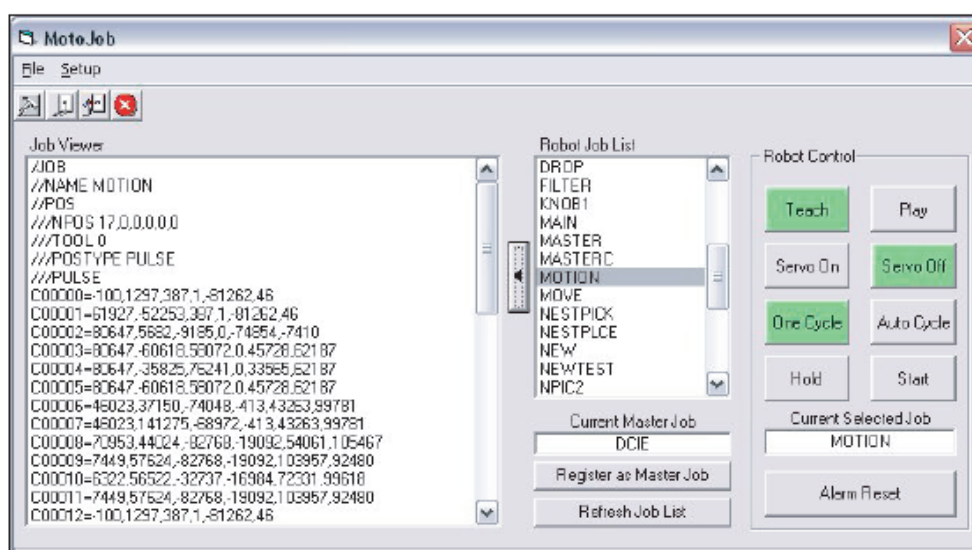
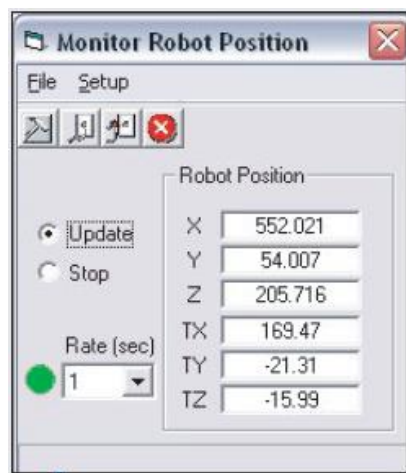
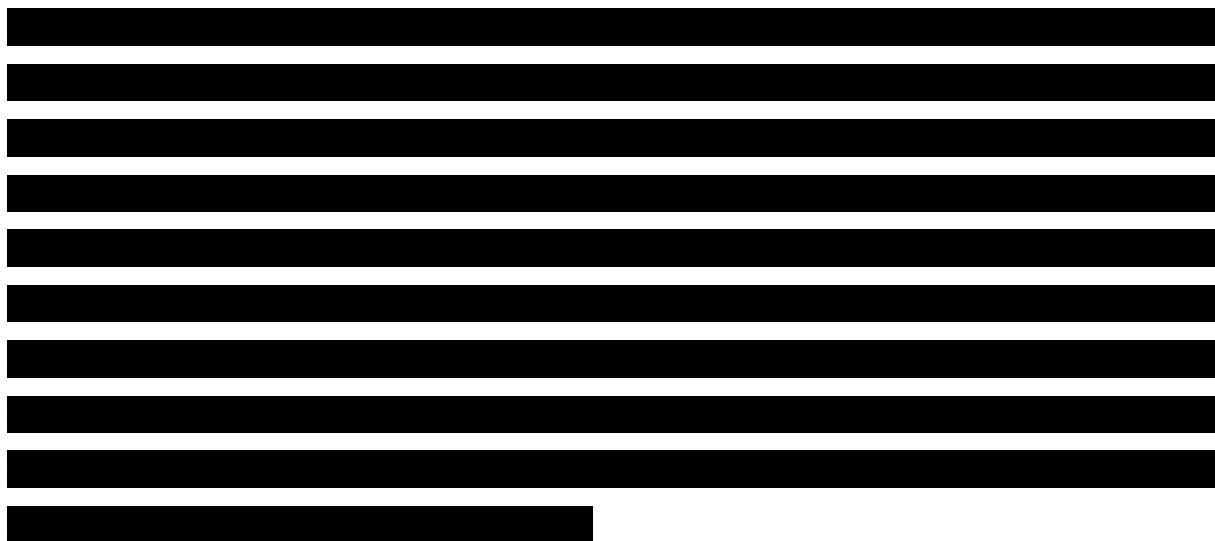


[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text block]





[REDACTED]



Mlijeko za tijelo



Ulje za masažu



Gel za tuširanje



Tekući sapun



Sol za kupku



Ulje

[REDACTED]



[Redacted text block]

[Redacted text block]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

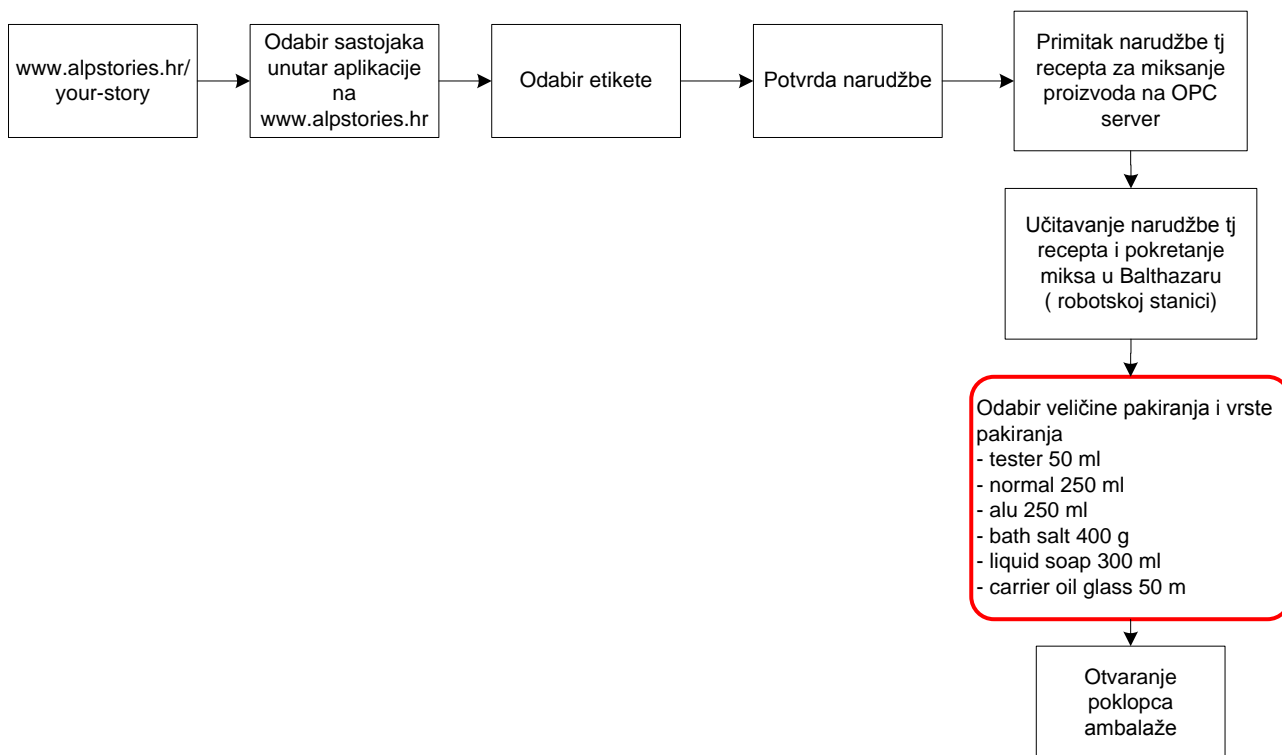
[Redacted text block]

[Redacted text block]

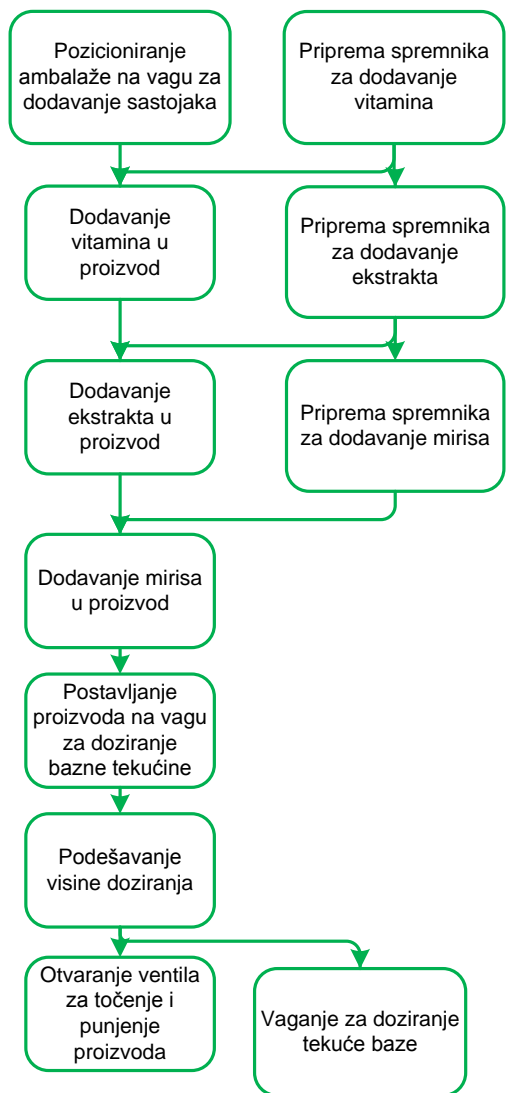




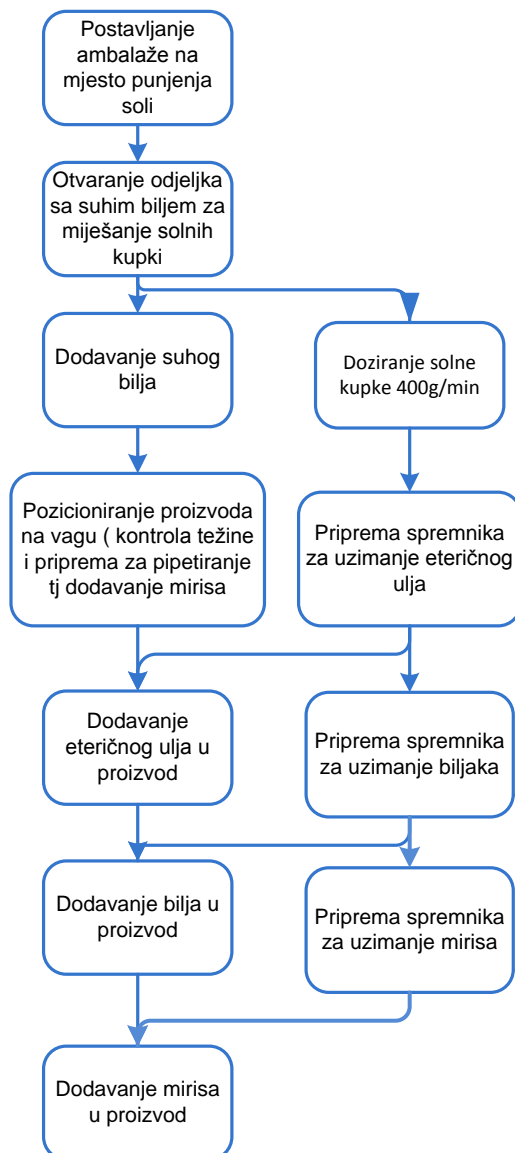




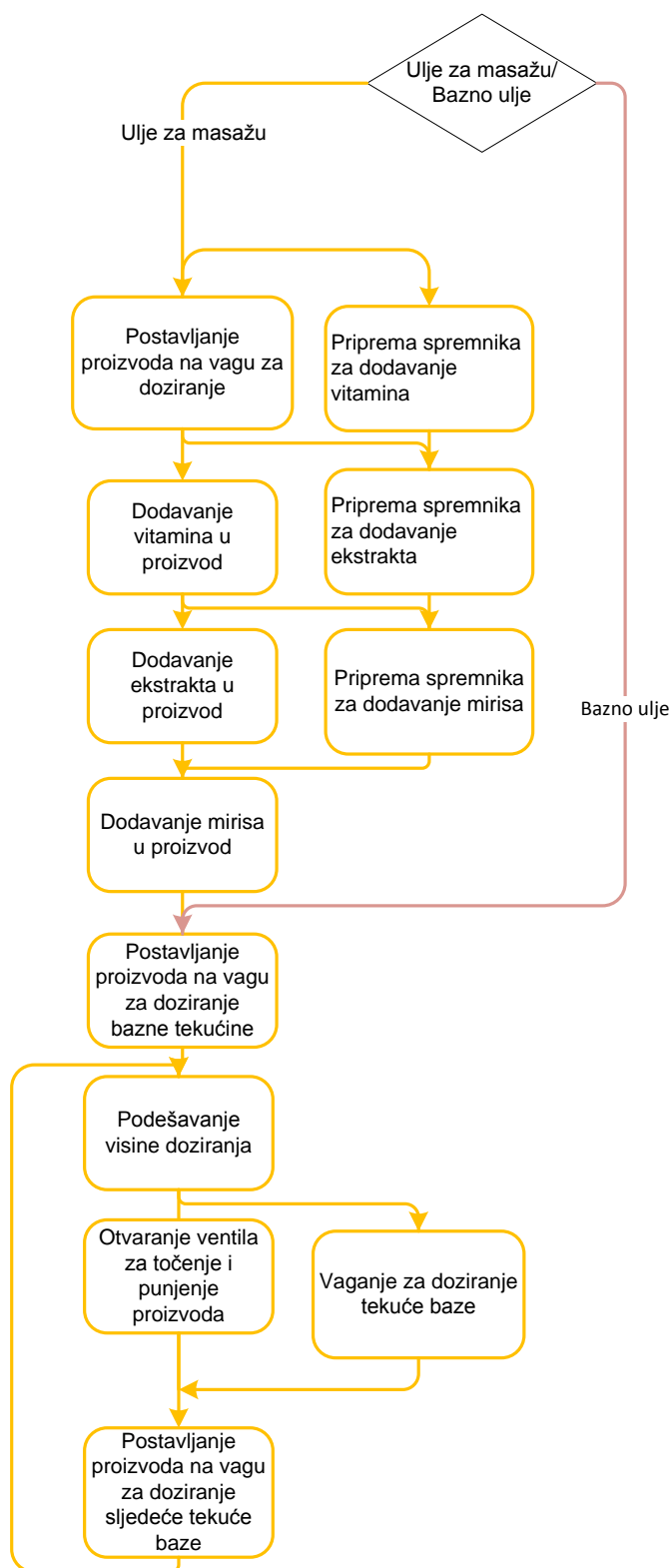
Slika 53. Kreiranje proizvoda



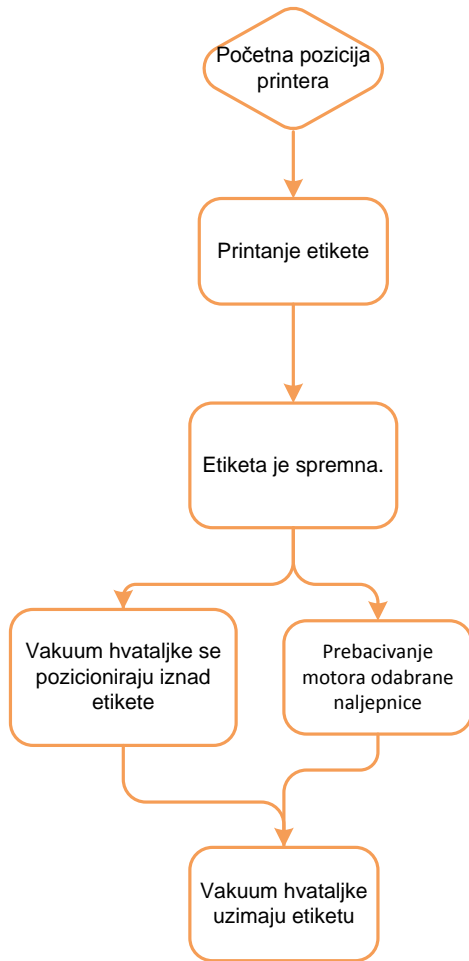
**Slika 54. Gel za tuširanje, tekući sapun i mlijeko za tijelo**



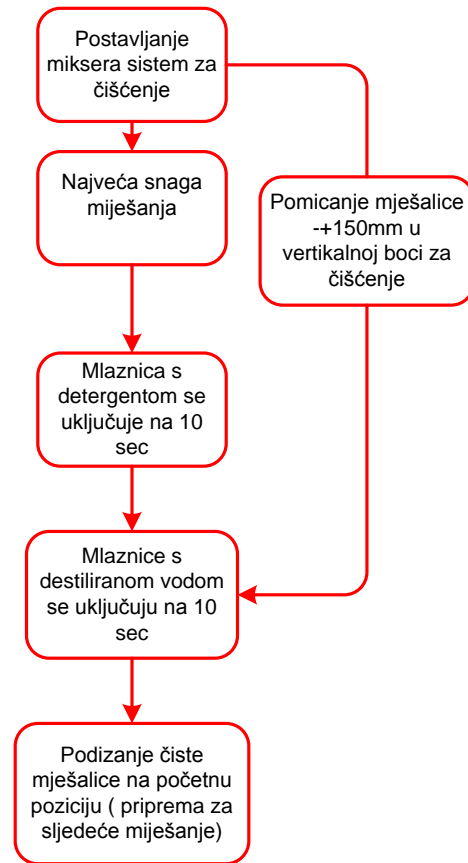
**Slika 55. Sol za kupku**



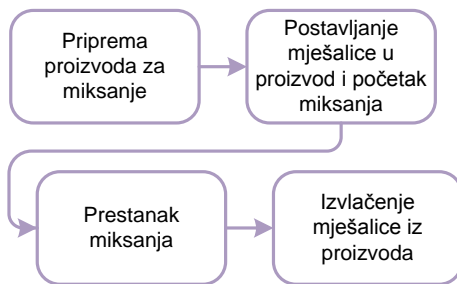
Slika 56. Ulje za masažu



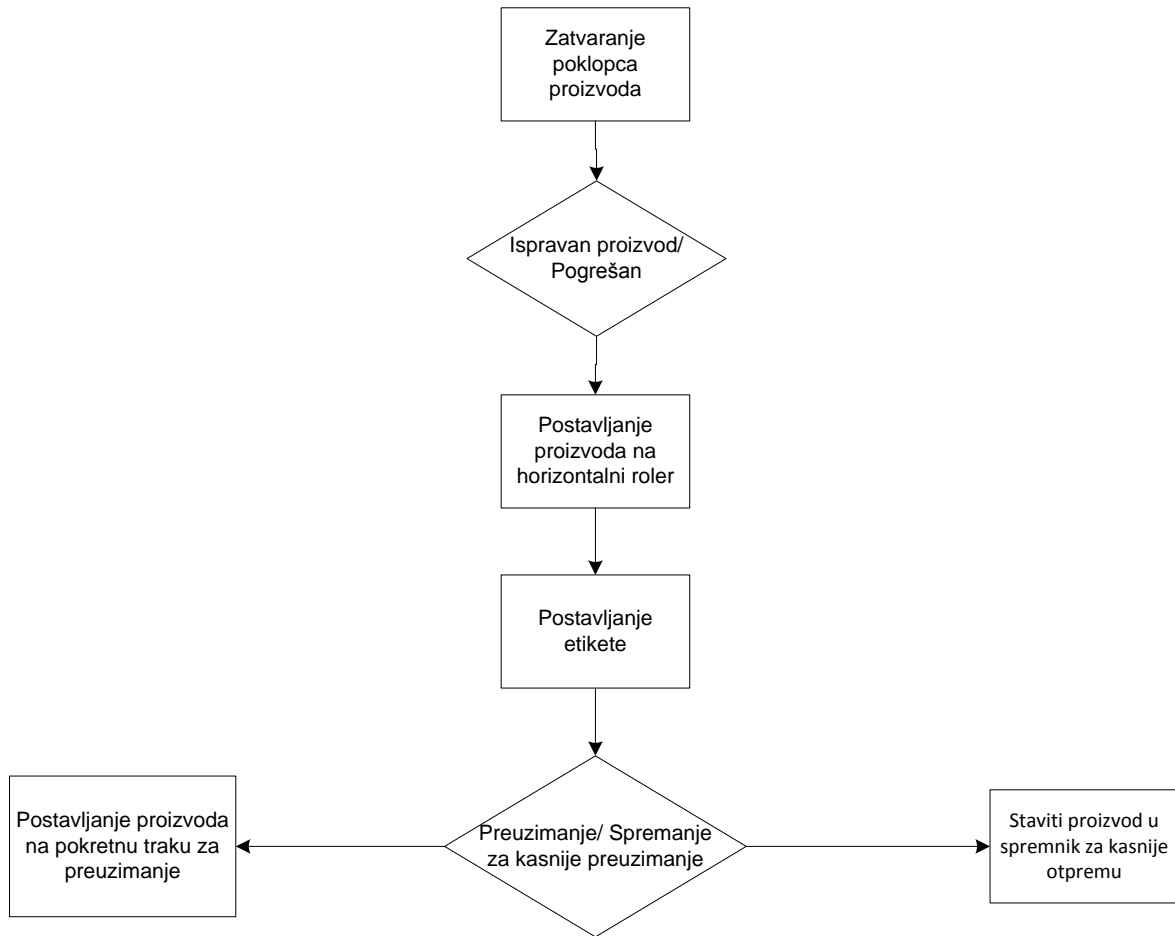
**Slika 57. Etiketiranje**



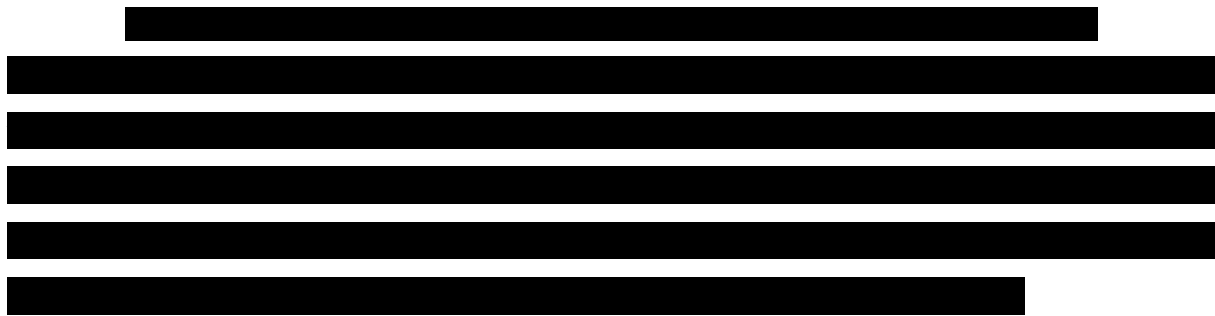
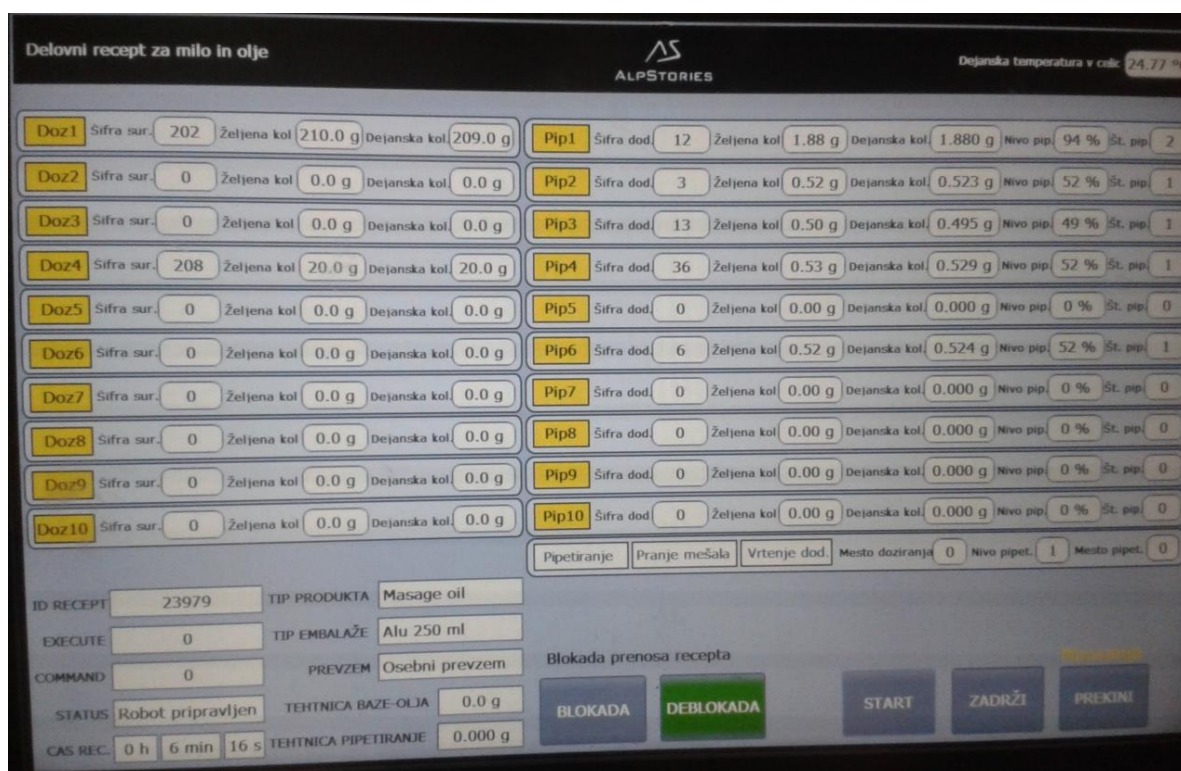
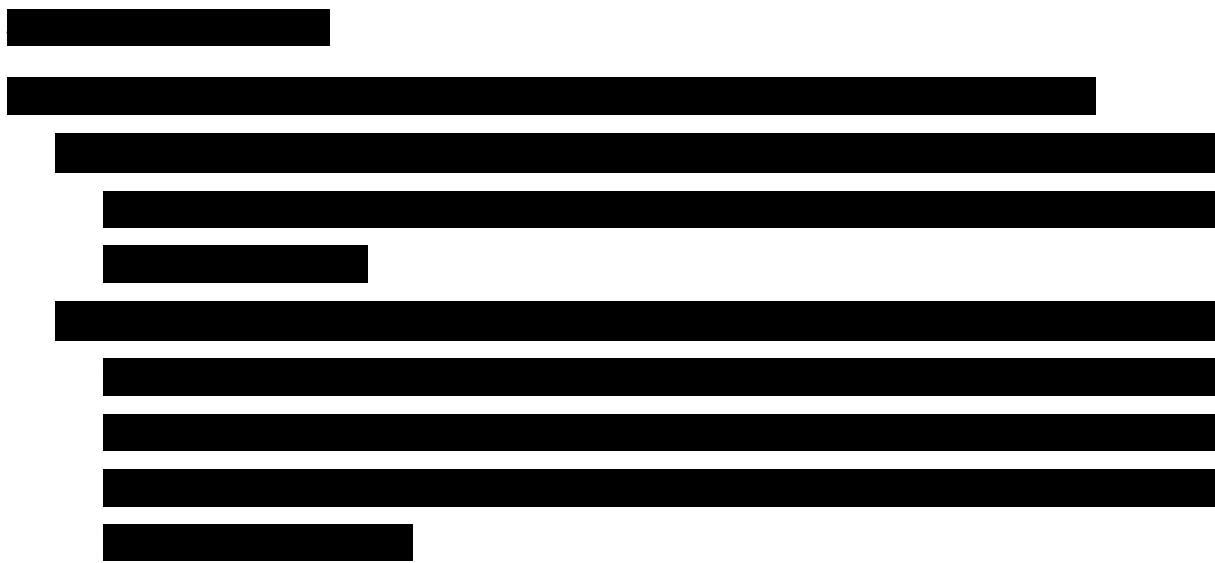
**Slika 58. Čišćenje mješalice**



**Slika 59. Miješanje proizvoda**



**Slika 60. Završna faza proizvodnje**



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]





## 5. ANALIZA ROBOTSKOG PROCESA PROIZVODNJE METODOM DFA

Metoda DFA (*Design For Assembly*) je metoda analize sklopivosti proizvoda. Razvili su je Amerikanci Geoffrey Boothroyd i Peter Dewhurst 1980. godine s ciljem poboljšanja konstrukcije proizvoda za jednostavno i troškovno povoljno sklapanje. Naglasak je istovremeno na sklopivosti i funkcionalnosti proizvoda. Primjenom metode DFA uobičajeno se ostvaruju sljedeće prednosti: efikasnije oblikovanje proizvoda, mogućnost usporedbe različitih konstrukcija proizvoda, olakšano sklapanje proizvoda, veća razina kvalitete proizvoda, manja količina škartu, manje zalihe, niži troškovi proizvodne opreme, veća isplativost i jednostavnost proizvodnog procesa.

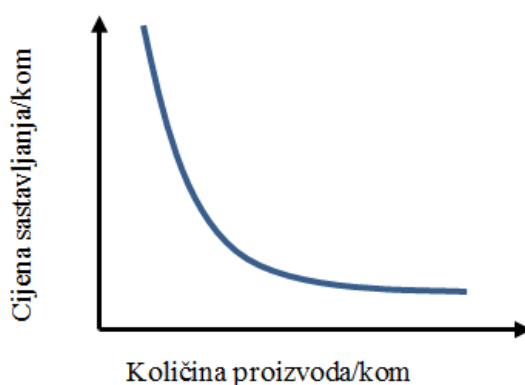
Dakle, metoda DFA se može upotrijebiti za proračune troškova proizvodnje jer daje prihvatljive rezultate za optimizaciju proizvodnog procesa i prilagodbu radnih parametara sklapanja kako bi se uz jednaku početnu investiciju razmotrilo kojim načinom sklapanja će se proizvesti najveći broj sklopljenih komada uz najmanji trošak proizvodnje po komadu. Na taj način se vjerodostojno predviđaju troškovi procesa, alata i ostalih potrebnih stavki koji su bitan dio poslovanja tvrtke. U ovom radu koristit će se izvorni podaci metode DFA o cijenama opreme, bez razmatranja njihove aktualnosti; također za opisani robotski sustav, poznata je samo ukupna cijena (neraščlanjena po komponentama sustava).

Premda je DFA metoda izvorno načinjena za analizu sklopivosti, može se koristiti i za analizu radnji srodnih montaži, kao što su punjenje i pakiranje što je jezgra procesa proizvodnje prirodne i personalizirane kozmetike. Analizom po metodi DFA može se opisati postojeći proces, ali još važnije, istražiti mogućnosti unaprjeđenja procesa razmatranjem različitih koncepata, koji uz ostalo, uključuju razmatranje broja robota i različite vrste ambalaže.

Analiza robotskog procesa proizvodnje prirodne i kupcu posebno prilagođene kozmetike primjenjuje se jer su vrijednosti temeljnih parametara personaliziranih kozmetičkih proizvoda poput sastojaka, ambalaže i vremena potrebnog za proizvodnju te proizvodni plan tvrtke, pokazali da bi robotizirani proizvodni proces mogao biti isplativ, ekonomičan i konkurentan na tržištu. Proces proizvodnje obuhvaća niz radnji u logičnom slijedu prema nekim pravilima. Kod definiranja procesa proizvodnje potrebno je izraditi analizu proizvoda i njegovih

karakteristika. Ovdje se radi o proizvodima kremaste tekućine ili emulzije, prethodno definirane mase, čiji se sastav može kombinirati na brojne načine. Doziranje pojedinačnog sastojka ovisi o željama i potrebama kupca. Svaki proizvod dolazi u pakiranju određenih dimenzija, a sastoji se od dva dijela; ambalaže u obliku posudice ili bočice te elementa za zatvaranje u obliku čepa ili poklopca. Način automatskog sklapanja definira redoslijed i korištene procesne elemente.

Karakteristika robotskog sastavljanja proizvoda je u tome što cijena sastavljanja po komadu eksponencijalno opada s povećanjem količine proizvodnje, što je prikazano na slici 63.

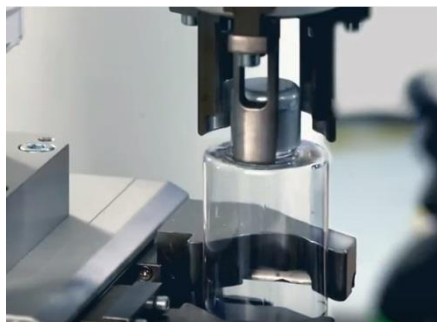


**Slika 63. Promjena cijene sastavljanja po komadu ovisno o broju komada [13]**

Bitan element u razmatranju investiranja u automatiziranu robotsku opremu je investicijska sposobnost tvrtke. U slučaju robotizirane proizvodnje prirodne kozmetike riječ je o automatiziranom procesu, pa je, dakako, nizak udio troškova (izravnog) ljudskog tjelesnog rada u troškovima proizvodnje.

Tablica 4. pokazuje osnovni redoslijed koraka koje izvršava robotska stanica u proizvodnom procesu te opis radnje pojedinog koraka.





**Slika 65. Postavljanje ambalaže i odvrtnje čepa [14]**



**Slika 66. Doziranje baze [14]**



**Slika 67. Doziranje dodatnog rasutog materijala [14]**

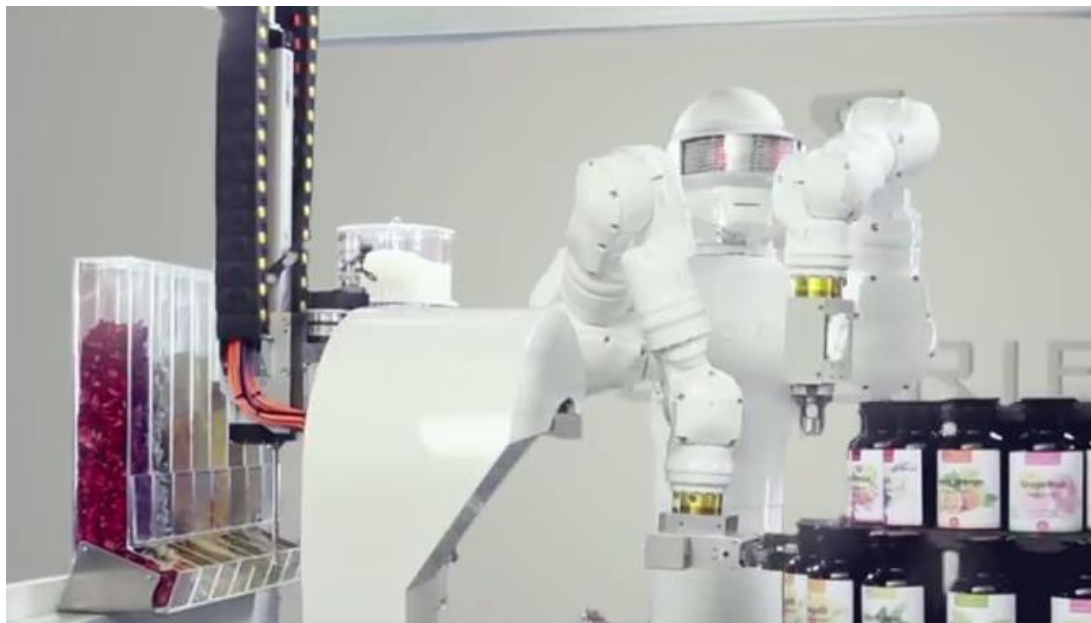


**Slika 68. Pipetiranje[14]**



**Slika 69. Lijepljenje etikete na ambalažu položenu na rotirajuće valjke [14]**





**Slika 70. Postavljanje gotovog proizvoda na traku za otpremu [14]**

### **5.1. Određivanje troškova proizvodnje**

Analiza robotskog procesa proizvodnje provodi se u nekoliko koraka radi određivanja troškova nastanka proizvoda upotrebom robotskog sustava. Prvi korak je odrediti trošak opreme tj. cijenu svih robota u sustavu, hvataljki i transportnih naprava. Drugi korak je procijeniti trošak sve jednonamjenske opreme, alata, hvataljki i slično. Treći korak obuhvaća određivanje prosječnog vremena sklapanja proizvoda, dok se u četvrtom koraku procjenjuje trošak pojedinačnog proizvoda.

- 1) Određivanje cijena robotskog sastavljanja proizvoda kreće od činjenice da će se radna stanica s robotom koristiti jedino u svrhu proizvodnje prirodne kozmetike te da se neće koristiti u druge svrhe, što pojednostavljuje postupak i smanjuje dodatne troškove.
- 2) Trošak jednonamjenske opreme odnosi se na robota i njegove upravljačke elemente, senzore i hvataljke, računalnu konzolu i osnovnu radnu stanicu. Radna stanica uključuje postolje za jednog robota, sigurnosne barijere i transportni uređaj za otpremu ili pomicanje gotovog proizvoda. S obzirom da je robot jedino namijenjen proizvodnji kozmetike, nema višenamjenske opreme što smanjuje trošak.
- 3) Trošak vremena sastavljanja varira ovisno o složenosti proizvoda, tj. o ukupnom vremenu pakiranja proizvoda.

- 4) Ekonomski čimbenici obuhvaćaju trošak baznih i dodatnih sirovina tj. repromaterijala, trošak raznih vrsta ambalaže i izrade naljepnica, trošak električne energije i trošak održavanja robota i radne stanice. Nakon analize svih uključenih troškova, slijedi izbor odgovarajućeg tehničkog rješenja kako bi se mogao sklopiti robotski sustav.

Važno je napomenuti da neke od operacija navedenih u tablici 4. nisu uzete u obzir za analizu metodom DFA. To su operacije koje se obavljaju istovremeno, odnosno njihove radnje se vremenski preklapaju s drugim operacijama. Tu spadaju koraci: 1. *ispis etikete*, 5. i 8. *vaganje* te 12. *čišćenje miješalice*. Ispis etikete obavlja se tijekom zaprimanja narudžbe, operacija vaganja tijekom punjenja baze i pipetiranja, dok se čišćenje miješalice obavlja automatski tijekom stavljanje proizvoda na pokretnu traku.

Uz operacije koje se odvijaju istovremeno, postoje operacije koje su varijabilne u vremenu, kao što je operacija korak 6. *punjenje baze* i 7. *pipetiranje*. Vrijeme trajanja ovih operacija ovisi o vrsti proizvoda, volumenu ambalaže koji može biti 30, 50, 220 ili 285 ml, te o broju i količini aditiva. Aditivi se u proizvod dodaju pipetiranjem čiji maksimalni broj za jedan proizvod je šest. Zbog toga, DFA metoda provedena u ovom radu, rađena je za proizvodnju najčešće proizvedenog proizvoda čiji volumen ambalaže iznosi 220 ml, a aditivi se pipetiraju samo jednom. Stvarna prosječna cijena tog proizvoda je 78,16 HRK, a vrijeme proizvodnje traje dvije minute.

## 5.2. Elementi metode DFA

Principi metode oblikovanja proizvoda za sklapanje su: smanjiti broj dijelova, konstruirati dijelove na način da su samopodesivi i da se mogu automatski pričvrstiti, maksimalno smanjiti broj pokreta za orijentiranje dijelova tijekom procesa sklapanja, konstruirati dijelove tako da se mogu jednostavno povlačiti, pozicionirati i ubacivati u sklop, standardizirati dijelove, poticati razvoj modularnih sklopova, konstruirati osnovni dio na koji se sklapaju druge komponente, konstruirati komponente tako da su simetrične za postavljanje u sklop. DFA proces mora imati predviđene funkcionalne zahtjeve budućeg proizvoda, potrebno je provesti funkcionalnu analizu, identificirati dijelove koji mogu biti standardizirani i odrediti učinkovit način brojenja dijelova [11].

Tri koraka pri razmatranju svakoga dijela sklopa jesu:

1. određivanje cijene automatskog rukovanja dijelom, koji je na početku u nesređenoj hrpi te njegovo postavljanje u zahtijevani položaj (potreban za spajanje s ostalima dijelovima);



2. određivanje cijene automatskog umetanja dijela, i ostalih posebno zahtijevanih operacija;
3. odlučivanje o tome treba li svaki dio sklopa doista biti zaseban od svih ostalih dijelova sklopa. [11]

### 5.3. Robotske karte i određivanje vremena ciklusa sklapanja

Temeljem opisanih koraka te primjenom karte i ispunjavanjem obrasca za robotsko sklapanje s jednim robotom moguće je odrediti ukupnu cijenu sklapanja tj. proizvodnje. Tablica 5. prikazuje polje karte za robotsku montažu s jednim robotom, a tablica 6. prikazuje obrazac analize za robotsko sklapanje (proizvodnju) na primjeru uobičajenog kozmetičkog proizvoda koji uključuje: određivanje vremena sklapanja, relativne cijene robota i relativne cijene alata [11]. Najprije će se, dakle, razmotriti proizvodnja personalizirane kozmetike jednim robotom, a zatim, u točki 5.9., proizvodnja dvama robotima, pri čemu se primjenjuju posebna karta i obrazac (za robotsko sklapanje dvama robotima). Proizvodnja dvama robotima analogna je postojećem dvorukom robotu.

**Tablica 5. Polje karte za robotsku montažnu stanicu s jednim robotom [11]**

AR-relativna cijena robota		stupac 5		TP-relativno osnovno efektivno vrijeme operacije
	↘			↙
		1,5	1,07	
	redak 4			
		1,5	2,1	
	↗			↖
AG-relativna dodatna cijena hvataljke ili alata				TG-relativna vremenska kazna za promjenu hvataljke ili alata

Vrijednosti su dobivene iz karte za robotsku montažu prikazane u tablici, pri čemu je vrijednost relativne cijene robota  $AG = 1,5$ . Budući da standardna hvataljka ne može sklopiti ambalažu, potrebna je posebna hvataljka s tri prsta i prijanjajućim slojem. Procijenjena cijena takve hvataljke je 1,5 puta veća od cijene standardne hvataljke. Vrijednost relativnog vremena je  $TP = 1,07$ . Procjena relativnog vremena je prosječno vrijeme potrebno robotu da se pomakne oko 0,5 m, uhvati dio ambalaže – bočicu ili čep, vrati se i umetne dio, pri čemu je gibanje jednostavno i nema poteškoća pri umetanju. Za robota, taj proces traje oko 3 s. Vrijednost vremenske kazne je  $TG = 2,1$ .

Relativno vrijeme bi se trebalo pomnožiti s osnovnim vremenom od 3 s, dodajući vrijeme za promjenu hvataljke koje traje 6,17 s. To je dopušteno vrijeme za promjenu standardne hvataljke u specijalni alat i obrnuto. Ovdje se neće dodati kazneno vrijeme od 6,3 s, zato što nije potrebna promjena alata robota.



ustanovila maksimalna vrijednost relativnih cijena robota AR. Maksimalna vrijednost AR koristi se za konačne izračune, budući da je isti robot namijenjen izvođenju svih operacija pa mora biti sposoban izvoditi i najsloženije od njih. Vrijednosti u 5. stupcu se zbrajaju da bi se odredila ukupna relativna cijena hvataljke ili alata AGT. Vrijednost AGT uključuje cijenu izrade dodatne prihvatnice, kao i cijenu projektiranja posebnih naprava na stezi, za pridržavanje dijelova, koji nisu samosmještajući. Takvi uređaji mogu biti električki ili hidraulički pobuđivani robotskim kontrolerom kada se zahtijeva funkcija pridržavanja. Potom treba odrediti cijenu ostale opreme u sustavu i eventualnog ručnog rada. Cijene ostale opreme uključuje opremu za sređivanje dijelova – dodavača ili magazina i specijalnih stega komada. Svi navedeni podaci nalaze se u preostalim stupcima obrasca.

#### **5.4. Određivanje metode sređivanja dijelova**

Određivanje metode sređivanja dijelova se radi prije popunjavanja preostalih stupaca obrasca. Može se birati između: SF – jednonamjenskog dodavača ili MG – ručno punjenog magazina, palete ili pladnja.

Troškovi povezani sa sređivanjem dijelova dijele se na:

- Troškove rada, tj. rukovanje materijalom (punjenje dodavača ili magazina dijelovima), posluživanje sustava (oslobađanje zapetljanih dijelova, rukovanje pladnjevima za dijelove itd.), te prilagodbe sustava (promjena stega, dodavača i spremnika, i reprogramiranje robota);
- Troškove opreme, tj. amortizaciju dodavača, specijalnih stega, specijalnih alata, magazina, paleta, ili pladnjeva.

U promatranoj proizvodnji prirodne kozmetike, troškovi rukovanja materijalom (ambalažom – bočice i čepovi) koji je u gomili zanemarivi su u odnosu na troškove ručnog punjenja magazina pojedinačnim dijelovima. Troškovi prilagodbe sustava su isto zanemareni, jer su mali i ne ovise proizvodu.

Za određivanje cijene sređivanja dijela se razmatraju:

- Jednonamjenski dodavači. Cijena je jednonamjenskog dodavača, potpuno opremljenog i operativnog u robotskom sustavu, minimalno 5 kUSD. Stvarna cijena se izražava pomoću parametra relativne cijene dodavača CR. Za dijelove koje je teško dodavati i orijentirati, cijena dodavača može biti i do tri puta veće od osnovne cijene (tj.  $CR = 3$ ).

- Ručno punjenje magazina. Cijena skupa specijalnih magazina, paleta ili pladnjeva za jednu vrstu dijelova jest 1 kUSD.
- Punjenje magazina. Vrijeme ručnog punjenja magazina može se uzeti iz karte 2.1. (Tablica 7.) ili se može procijeniti na 4 s. [11]

Tablica 7. Karta 2.1. Ručno rukovanje – procjena vremena [11]

		dijelovima je lako rukovati					otežano rukovanje dijelovima (f)							
		> 2					< 2							
		debljina [mm]...		duljina [mm]...			debljina [mm]...		duljina [mm]...					
		> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6	> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
dijelovima se može rukovati jednom rukom, bez pomoći alata za hvatanje	$(\alpha+\beta) < 360^\circ$	0	1,13	1,43	1,88	1,69	2,18	1,84	2,17	2,65	2,45	2,95		
	$360^\circ \leq (\alpha+\beta) < 540^\circ$	1	1,5	1,8	2,25	2,06	2,55	2,25	2,57	3,06	3	3,38		
	$540^\circ \leq (\alpha+\beta) < 720^\circ$	2	1,8	2,1	2,55	2,36	2,85	2,57	2,9	3,38	3,18	3,7		
	$(\alpha+\beta) = 720^\circ$	3	1,95	2,25	2,7	2,51	3	2,73	3,06	3,55	3,34	4		
dijelovima se može rukovati jednom rukom, ali samo koristeći alat za hvatanje (sitni dijelovi)	za rukovanje dijelovima trebaju...													
	pincete													
	bez optičkog povećanja													
	uz optičko povećanje													
	rukovanje dijelovima...		lako		otežano (f)		lako		otežano (f)		standardni alati drugačiji od pinceta	specijalni alati		
	debljina [mm]...		> 0,25	≤ 0,25	> 0,25	≤ 0,25	> 0,25	≤ 0,25	> 0,25	≤ 0,25	8	9		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	$\alpha \leq 180^\circ$	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	4	3,6	6,85	4,35	7,6	5,6	8,35	6,35	8,6	7	7	
		$\beta = 360^\circ$	5	4	7,25	4,75	8	6	8,75	6,75	9	8	8	
	$\alpha = 360^\circ$	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	6	4,8	8,05	5,55	8,8	6,8	9,55	7,55	9,8	8	9	
$\beta = 360^\circ$		7	5,1	8,35	5,85	9,1	7,1	9,55	7,85	10,1	9	10		
dvjema rukama – dijelovi se čvrsto ugnježđuju ili zapliću, ili su savitljivi, ali se mogu hvatati i podizati jednom rukom (korištenjem alata za hvatanje ako je potrebno) (2)	nema dodatnih poteškoća pri rukovanju													
	dodatne poteškoće pri rukovanju (f)													
	$\alpha \leq 180^\circ$					$\alpha = 360^\circ$					$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$	
	duljina [mm]													
			> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6	> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
		8	4,1	4,5	5,1	5,6	6,75	5	5,25	5,85	6,35	7		
dvije ruke, dva radnika ili mehanička pomoć, potrebni su za hvatanje i transportiranje dijelova (velike duljine)	dijelovima može rukovati jedna osoba bez mehaničke pomoći													
	dijelovi se čvrsto ne ugnježđuju niti zapliću, nisu savitljivi													
	masa dijela < 4,54 kg (10 lb)					masa dijela > 4,54 kg (teški)					dijelovi se čvrsto ugnježđuju ili zapliću, ili su savitljivi (2)			
	rukovanje dijelovima...													
	lako		uz poteškoće (f)		lako		uz poteškoće (f)							
	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	8	9		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9			
	9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9			

Rezultati razmatranja gornjih vremena prikazani su u karti u tablici 8. Pretpostavlja se da je kozmetički proizvod potrebno proizvesti u 4320 komada godišnje, bez smjenskog rada.

Godišnja proizvodna količina, BS, iznosit će 4320 komada. Iz karte (Tablica 8.) se vidi da je ručno punjenje tehnički izvedivo i ekonomičnije od upotrebe jednonamjenskog dodavača [11].

Vrijeme ručnog sklapanja ili punjenja magazina, RP, iznosi (Tablica 8.):

$$RP = (4 \times 1) + 1 = 5 \text{ s.}$$

**Tablica 8. Podaci za dvije osnovne metode sređivanja dijelova**

10	11	12	13	14	15	Ime sklopa/dijela/operacije	
način sređivanja dijela (SF ili MG)	cijena jednonamjenskog dodavača ili magazina, kUSD	cijena nosača, kUSD	vrijeme ručnog sklapanja ili punjenja magazina, pomnoženo s RP, s/dio	broj zasebnih dijelova	cijena operacije, cent	<b>Kozmetički proizvod</b>	
PP	CP	CW	TT	MN	CS		
<b>SF</b>	<b>5,0</b>	-	-	←	jednonamjenski dodavač		
<b>MG</b>	<b>1,0</b>	-	<b>5</b>	←	ručno punjeni magazin		
			↑				
			vrijeme rukovanja kojem je dodana 1 s za umetanje u magazin i pomnoženo brojem ponavljanja				
						<b>3</b>	<b>4320</b>
	CPT, kUSD	CWT, kUSD	TOT, s	NM	CST, cent	TB, s	BS - količina koja će se sklapati, u tisućama

### 5.5. Određivanje cijene stega

Za dijelove koji će se sklapati u sustavu s jednom robotskom stanicom, predložena cijena je od 5 kUSD za nosač komada. Vrijednost je upisana u stupac 12. Nije potrebno preorijentiranje sklopa pa nema potrebe ni za dodatnom lokacijom na stegi. Također, nema ni dodatnih troškova.

### 5.6. Ručno rukovanje i spajanje

U sustavu od jedne stanice, problem predstavljaju dijelovi koji zahtijevaju ručno rukovanje i sklapanje, te dijelovi koji moraju biti umetnuti tijekom ciklusa sklapanja. Iz sigurnosnih razloga, uobičajeno će biti potrebno pomicati sklop na lokaciju ili nosač izvan radne okoline robota. S obzirom da se ovdje radi o vrlo jednostavnom proizvodu koji se u osnovi sastoji od 2 dijela, nije potrebno upisivati dodatne podatke za cijenu dostavnih staza i stega u stupac 12 niti vrijeme ručnog rukovanja i umetanja dijelova u stupac 13.

### 5.7. Teoretski minimalan broj dijelova

Najbolji način sniženja cijene sklapanja je minimalan broja zasebnih dijelova. Vrijednosti za određivanje teoretski minimalnog broja dijelova, NM, za sklop, upisuju se u stupac 14. Za svaki dio koji se dodaje sklopu i bez obzira na praktična ograničenja, treba odgovoriti na sljedeća pitanja:

1) Tijekom funkcioniranja proizvoda, pomiče li se dio u odnosu na sve ili na neke od već sklopljenih dijelova?

→ Za sklapanje kozmetičkog proizvoda, odgovor je: NE

2) Mora li dio biti od drugačijega materijala, ili, izoliran od svih već sklopljenih dijelova?

→ Za sklapanje kozmetičkog proizvoda, odgovor je: NE

3) Mora li dio biti odvojen od svih već sklopljenih dijelova, budući da bi u suprotnome sklapanje ili rasklapanje tih drugih dijelova bilo nemoguće?

→ Za sklapanje kozmetičkog proizvoda, odgovor je: NE.

U slučaju da je odgovor na bilo koje od pitanja "DA", u stupac 14 prepisuje se podatak iz stupca 2. Zbrajanjem vrijednosti u stupcu 14 dobiva se teoretski minimalan broj dijelova.

### 5.8. Određivanje ukupne cijene proizvodnje

Nakon što su stupci od 1 do 14 u obrascu za stanicu s jednim robotom popunjeni, i vrijednosti odgovarajućih stupaca zbrojene, mogu se izračunati troškovi montaže. Sada se gleda ukupna cijena sklapanja proizvoda, a ne cijene sklapanja pojedinačnih dijelova. Pri određivanju ukupne cijene sklapanja, odlučeno je da će sustav biti namijenjen jedino za sklapanje samo kozmetičkih proizvoda čija se ambalaža sastoji od 2 dijela. U svrhu pojednostavljenja, koristi se razdoblje povrata sredstava PS u godinama i faktor efikasnosti postrojenja je PE. Ako se za 0,5 kUSD opreme treba amortizirati u šest godina, a pretpostavljeni faktor efikasnosti postrojenja je 85 %, onda je vrijednost korištenja opreme, RC:

$$RC = \frac{0,014}{PS \times PE} \text{ cent/s} \quad (1)$$

$$RC = \frac{0,014}{PS \times PE} = \frac{0,014}{6 \cdot 0,85} = 0,0027 \text{ cent/s.}$$

Faktor 0,014 dobiven je dijeljenjem 1 kUSD sa 7,2 milijuna sekundi raspoloživih u jednoj godini, i množenjem rezultata sa 100 000 da se dolari pretvore u cente. Cijena opreme opće namjene uključuje cijenu robota s upravljačkim elementima, senzorima i višenamjenskom hvataljkom, dobivenu na osnovi podatka iz stupca 4, kojoj se pribraja cijena osnovne radne stanice CSW. CSW uključuje cijenu osnovnog radnog stola za postavljanje robota, sigurnosne barijere, i konvejer ili transportni uređaj za pomicanje i uklanjanje (izuzimanje) sklopa. Cijena po sklopu, korištenjem jednonamjenske opreme CST(GP), dobiva se množenjem cijene opreme sa RC, i prosječnim vremenom sklapanja sklopa prema izrazu:

$$CST(GP) = (ROB1 \times ARM + CTS) \times RC \times TAT \text{ cent} \quad (2)$$

gdje su:

ROB1 – cijena standardnog robota s upravljačkom jedinicom, sensorima i višenamjenskom hvataljkom, oko 50 kUSD

ARM – relativna cijena robota potrebnog za sklapanje proizvoda, maksimalna vrijednost stupca 4, koja iznosi 1,5

CTS – osnovna cijena jedne radne stanice koja sadrži stol, sigurnosne barijere, senzore, i konvejer za skidanje sklopova, oko 10 kUSD

RC – cijena opreme, cent/s

TAT – suma vrijednosti stupca 9, koja iznosi 59,58 s.

Slijedi, cijena po sklopu, korištenjem jednonamjenske opreme:

$$CST(GP) = (50000 \times 1,5 + 10000) \times 0,0027 \times 59,58 = 13673,61 \text{ cent.}$$

Oprema posebno izrađena za proizvod se može ponovno koristiti. Ti se troškovi opreme moraju podijeliti s brojem proizvoda koji će sklapati tijekom vijeka opreme. Tako je cijena korištenja opreme po sklopu je:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} \text{ cent} \quad (3)$$

gdje su:

CG – cijena standardne hvataljke, 5 kUSD

AGT – relativna cijena alata robota i uređaja za pridržavanje, zbroj vrijednosti stupca 5 koji iznosi 11,5

CPT – cijena uređaja za sređivanje dijelova, zbroj vrijednosti stupca 11, što iznosi 41 kUSD

CWT – cijena nosača i uređaja za pomicanje do ručne stanice ako je potrebno, zbroj vrijednosti stupca 12, što iznosi 0, jer nije potrebno ugraditi nosač i uređaj za pomicanje.

Dakle:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 11,5 + 41000 + 0}{4320} = 2280,09 \text{ cent.}$$

Radnici potrebni za ručno punjenje magazina i izvođenje operacija sklapanja, uzrokuju dodatni trošak. Cijena osoblja po sklopu,  $CST(OP)$ , se računa prema formuli:

$$CST(OP) = TOT \times \frac{OP}{PE} \text{ cent} \quad (4)$$

pri čemu su:

TOT – vrijeme ručnog rada, zbroj vrijednosti stupca 13, što iznosi 5 s

OP – cijena ručnog rada, uključujući režijske troškove (0,4 cent/s ili 30 kUSD/a)

PE – faktor efikasnosti postrojenja, koji iznosi 85 %.

Dakle:

$$CST(OP) = TOT \times \frac{OP}{PE} = 5 \cdot \frac{0,4}{0,85} = 2,35 \text{ cent.}$$

Posljednji trošak se odnosi na radnika koji će nadgledati jednu robotskih stanica. Cijena se po sklopu CST(OPS) računa formulom:

$$CST(OPS) = TAT \times \frac{OPS}{NOS \times PE} \text{ cent} \quad (5)$$

gdje su:

TAT – vrijeme ciklusa sklapanja, zbroj vrijednosti stupca 9, što iznosi 59,58 s

OPS – cijena rada, uključujući režijske troškove (0,5 cent/s ili 37,5 kUSD/a)

NOS – broj pojedinačnih robotskih stanica koje nadzire jedan tehničar, što iznosi 1

PE – pretpostavljeni faktor efikasnosti postrojenja, 85 %.

Dakle:

$$CST(OPS) = TAT \times \frac{OPS}{NOS \times PE} = 59,58 \cdot \frac{0,5}{1 \cdot 0,85} = 35,05 \text{ cent.}$$

Ukupna cijena sklapanja CST iznosi:

$$CST = CST(GP)/BS + CST(SP) + CST(OP) + CST(OPS) \text{ cent.} \quad (6)$$

Dakle, **ukupna cijena proizvodnje jednim robotom, CST**, iznosi:

$$CST = 13676,61/4320 + 2280,09 + 2,35 + 35,05 = \mathbf{2320,66 \text{ cent.}}$$



Tablica 9. prikazuje analizu proizvodnje za stanicu s jednim robotom, nakon koje slijedi pripadajući proračun.

**Tablica 9. Obrazac analize robotske proizvodnje (stanica s jednim robotom)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ime sklopa/dijela/operacije
identifikacijski broj dijela	broj slijedno ponovljenih operacija	oznaka robotskog umetanja	relativna cijena robota	relativna cijena hvataljke ili alata	relativno efektivno vrijeme operacije	relativno kazneno vrijeme za konačno orijentiranje robotom	relativno kazneno vrijeme za promjenu hvataljke ili alata	vrijeme operacije, $TA = TB + [RP + (TP + TR) + TG]$ , s	način sređivanja dijela (SF ili MG)	cijena jednog namjenskog dodavača ili magazina, KUSD	cijena nosača, KUSD	vrijeme ručnog sklapanja ili punjenja magazina, pomnoženo s RP, s/dio	broj zasebnih dijelova	cijena operacije cent	<b>Kozmetički proizvod</b>
ID	RP	RC	AR	AG	TP	TR	TG	TA	PP	CP	CW	TT	MN	CS	
1	1	45	1,5	1,5	1,07	0	2,1	6,17	SF	5	0	0	1		Uzimanje ambalaze
2	1	46	1,5	1,25	1,25	0	0	7,55	SF	5	0	5	1		
3	1	76	1,5	1,5	1,2	0	2,1	9,9	SF	5	0	0	1		Odvrtanje čepa
4	1	76	1,5	1,5	1,2	0	2,1	9,9	SF	5	0	0	1		Punjenje bazom
5	1	45	1,5	1,5	1,07	0	2,1	6,17	SF	5	0	0	1		Pipstriranje
6	1	46	1,5	1,25	1,25	0	0	7,55	SF	5	0	0	1		Miješanje sirovina
7	1	45	1,5	1,5	1,07	0	2,1	6,17	SF	5	0	0	1		Zavrtanje čepa
8	1	45	1,5	1,5	1,07	0	2,1	6,17	SF	5	0	0	1		Lijepljenje etikete
															Postavljanje gotovog proizvoda na traku
<b>STANICA S JEDNIM ROBOTOM</b>			<b>1,5</b>	<b>11,5</b>	<b>41</b>	<b>0,0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2320,66</b>	<b>3</b>	<b>4,32</b>				
			maksimalni AR	AGT	TAT, s	CPT, KUSD	TOT, s	NM	CST, cent	TB, s	BS - količina proizvoda u tisućama				

Cijene RC, CST(OP) i CST(OPS) ne ovise o veličini serije, dok cijene CST(SP) i ukupna cijena CTS ovise o veličini serije.

Za proizvodnu količinu od 50 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 11,5 + 41000 + 0}{50000} = 197 \text{ cent}$$

$$CST = CST(GP)/BS + CST(SP) + CST(OP) + CST(OPS) \text{ cent.}$$

Slijedi:

$$CST = 13676,61/50000 + 197 + 2,35 + 35,05 = 234,67 \text{ cent.}$$

Za proizvodnu količinu od 30 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 11,5 + 41000 + 0}{30000} = 328,33 \text{ cent}$$

$$CST = 13676,61/30000 + 328,33 + 2,35 + 35,05 = 366,19 \text{ cent.}$$

Za proizvodnu količinu od 20 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 11,5 + 41000 + 0}{20000} = 492,5 \text{ cent}$$

$$CST = 13676,61/20000 + 492,5 + 2,35 + 35,05 = 530,58 \text{ cent.}$$

Za proizvodnu količinu od 10 000 komada:

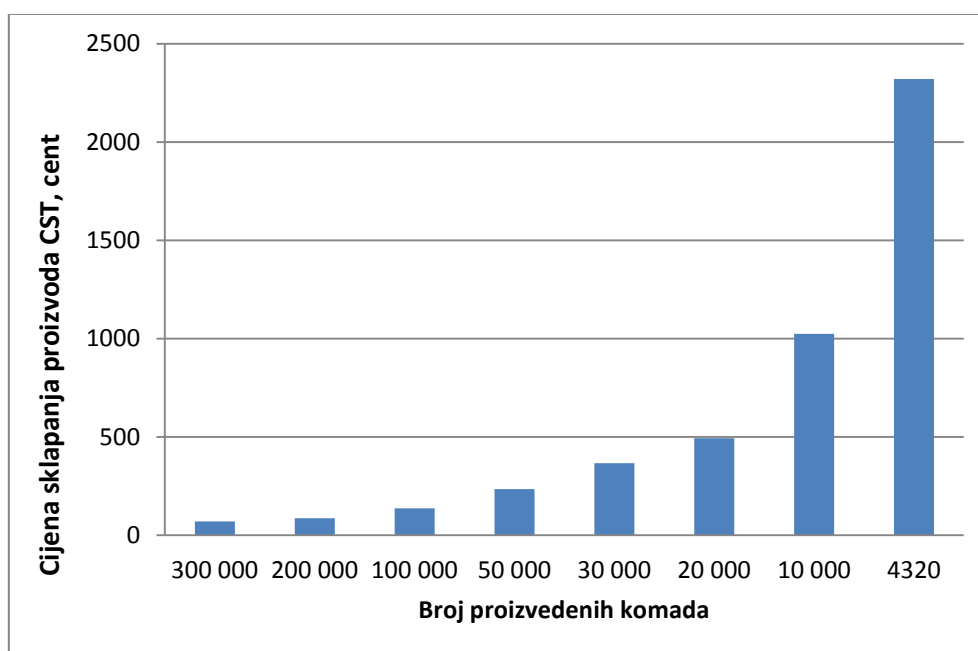
$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 11,5 + 41000 + 0}{10000} = 985 \text{ cent}$$

$$CST = 13676,61/10000 + 985 + 2,35 + 35,05 = 1023,77 \text{ cent.}$$

U tablici 10. prikazani su rezultati proračuna ukupne cijene robotskog sklapanja upotrebom jednog robota, ovisno o broju proizvedenih komada kozmetičkih proizvoda. Grafikon na slici 71. prikazuje kako se mijenja cijena sklapanja proizvoda ovisno o broju proizvedenih komada. Vidljivo je da se cijena sklapanja značajno povećava što je manji broj sklopljenih komada jer se s manjim brojem proizvedenih komada moraju pokriti jednaki investicijski troškovi. Za trenutnu godišnju proizvodnju od 4320 komada, cijena proizvodnje pojedinačnog proizvoda je najveća i iznosi 2320,66 centa. Za povećanje proizvedene količine na 10 000 komada kozmetičkih proizvoda, cijena proizvodnje robotom iznosit će 1023,77 centa po komadu, što ukazuje da se udvostručavanjem proizvedenih količina, cijena smanjuje za 2,27 puta. Iz cijena za 100, 200 i 300 tisuća komada proizvoda vidljivo je kako cijena proizvodnje po komadu izrazito pada (za 17, 26 te za 33 puta), što je očekivano jer se tada govori o velikoserijskoj proizvodnji.

**Tablica 10. Ukupna cijena proizvodnje robotom, CST, za različite proizvodne količine [12]**

Proizvedena količina, broj komada	CST, cent
300 000	70,28
200 000	86,71
100 000	136,04
50 000	234,67
30 000	366,19
20 000	492,5
10 000	1023,77
4320	2320,66



**Slika 71. Usporedba cijena proizvodnje robotom za različite proizvodne količine [12]**

## 5.9. Robotska stanica s dva robota

Druga mogućnost robotske proizvodnje kozmetičkih proizvoda je stanica s dva robota što je analogno postojećem stanju, dvorukom robotu. Hvataljke i ostala oprema su identični onima u stanici s jednim robotom. Upotrebom stanice s dva robota tj. dvorukog robota skraćuje se vrijeme proizvodnje proizvoda jer se u isto vrijeme odvija više radnji. Nedostatak ovakvog načina proizvodnje je početna investicija potrebna za sustav s dva robota koja je značajna i mora se razmotriti u odnosu na tržišno postizivu cijenu proizvoda. U nastavku analizirana je robotska stanica s dva robota očitanjem podataka iz robotske tzv. karte 5.2. [11]. Svi parametri izračunati su i prema formulama korištenim za analizu robotske stanice s jednim robotom, jedino se razlikuju ulazni podaci.

**Tablica 11. Polje karte za robotsko montažnu stanicu s dva robotom [11]**

AR- relativna cijena robota		stupac 2			TP-relativno osnovno efektivno vrijeme operacije
	↘			↙	
		1,5	0,7		
redak 4		0	0		
	↗			↖	
AG-relativna dodatna cijena hvataljke ili alata					TG-relativna vremenska kazna za promjenu hvataljke ili alata

Vrijednosti su dobivene iz karte 5.2. [11] za robotsku montažu i prikazane u tablici 10, pri čemu:

AG – vrijednost relativne cijene robota, 1,5

TP – vrijednost relativnog vremena, 0,7

TG – vrijednost vremenske kazne, 0

TB – osnovno vrijeme operacije, 3 s.

Svi navedeni podaci nalaze se u stupcima obrasca prikazanog u tablici 13. , odnosno 14.

**Tablica 12. Obrazac za robotsko sklapanje korištenjem dva robota [11]**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
identifikacijski broj dijela	broj slijedno ponovljenih operacija	oznaka robotskog umetanja	relativna cijena robota	relativna cijena hvataljke ili alata	relativno efektivno vrijeme operacije	relativno kazneno vrijeme za konačno orijentiranje robotom	relativno kazneno vrijeme za promjenu hvataljke ili alata	vrijeme operacije, $TA = TB \cdot [RP \cdot (TP+TR) + TG], s$
ID	RP	RC	AR	AG	TP	TR	TG	TA
1	1	42	1,5	0	0,7	0	0	2,1
<b>STANICA S DVA ROBOTA</b>			maksimalni AR	AGT				TAT, s

Kao i u slučaju proizvodnje s jednim robotom, pretpostavlja se da je kozmetički proizvod potrebno proizvesti u količini, BP, koja iznosi 4320 komada. Ponovo se razmatra vrijeme ručnog punjenja:

$$RP = (4 \times 1) + 1 = 5 \text{ s.}$$

**Tablica 13. Podaci za dvije metode sređivanja dijelova kod robotskog sklapanja [11]**

10	11	12	13	14	15	Ime sklopa/dijela/operacije	
način sređivanja dijela (SF ili MG)	cijena jednonamjenskog dodavača ili magazina, kUSD	cijena nosača, kUSD	vrijeme ručnog sklapanja ili punjenja magazina, pomnoženo s RP, s/dio	broj zasebnih dijelova	cijena operacije, cent	<b>Kozmetički proizvod</b>	
PP	CP	CW	TT	MN	CS		
<b>SF</b>	<b>5,0</b>	-	-	←	<b>jednonamjenski dodavač</b>		
<b>MG</b>	<b>1,0</b>	-	<b>5</b>	←	<b>ručno punjeni magazin</b>		
						<b>3</b>	<b>4,32</b>
CPT, kUSD		CWT, kUSD	TOT, s	NM	CST, cent	TB, s	BS - količina koja će se sklapati, u tisućama

S obzirom da u sustavu robotske stanice s dva robota neće biti dijelova kozmetičnog proizvoda koji se moraju ručno dodavati ili sklapati, nije potrebno upisivati dodatne podatke za cijenu dostavnih staza i stega u stupac 12 niti vrijeme ručnog rukovanja i umetanja dijelova u stupac 13. Teoretski minimalan broj dijelova je isti kao kod stanice s jednim robotom.

Ako se za 0,5 kUSD opreme treba amortizirati u šest godina, a pretpostavljeni faktor efikasnosti postrojenja je 85 %, onda vrijednost korištenja opreme iznosi:

$$RC = \frac{0,014}{PS \times PE} = \frac{0,014}{6 \cdot 0,85} = 0,0027 \text{ cent/s.}$$

Cijena po sklopu, CST(GP), dobiva se množenjem cijene opreme sa RC, i prosječnim vremenom sklapanja sklopa iznosi:

$$CST(GP) = (ROB2 \times ARM + CTS) \times RC \times TAT \text{ cent}$$

$$CST(GP) = (100000 \times 1,5 + 10000) \times 0,0027 \times 36,6 = 15811,2 \text{ cent.}$$

Cijena korištenja opreme po sklopu:

$$CST(SP) = 100 \times \frac{CG \times AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 6 + 41000 + 0}{4320} = 1643,52 \text{ cent.}$$

Cijena osoblja po sklopu, CST(OP):

$$CST(OP) = TOT \times \frac{OP}{PE} = 5 \cdot \frac{0,4}{0,85} = 2,35 \text{ cent.}$$

Cijena radnika koji će nadgledati jednu robotsku stanicu s dva robota po sklopu iznosi:

$$CST(OPS) = TAT \times \frac{OPS}{NOS \times PE} = 36,6 \cdot \frac{0,5}{1 \cdot 0,85} = 21,53 \text{ cent.}$$

**Ukupna cijena proizvodnje dvama robotima, CST, iznosi:**

$$CST = CST(GP)/BS + CST(SP) + CST(OP) + CST(OPS) \text{ cent}$$

$$CST = 15811,2/4320 + 1643,52 + 2,35 + 21,53 = \mathbf{1671,06 \text{ cent.}}$$

Tablica 15. prikazuje analizu proizvodnje za stanicu s dva robota.

Tablica 14. Obrazac analize proizvodnje stanicom s dva robota

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ime sklopa/dijela/operacije
identifikacijski broj dijela	broj slijedno ponovljenih operacija	oznaka robotskog umetanja	relativna cijena robota	relativna cijena hvataljke ili alata	relativno efektivno vrijeme operacije	relativno kazneno vrijeme za konačno orijentiranje robotom	relativno kazneno vrijeme za promjenu hvataljke ili alata	vrijeme operacije, TA = TB*[RP*(TP+TR)+TG], s	način središnja dijela (SF) ili (MG)	cijena jednog namjenskog dodavača ili magazina, KUSD	cijena nosača, KUSD	vrijeme ručnog sklapanja ili punjenja magazina, pomnoženo s RP, s/dio	broj zasebnih dijelova	cijena operacije, cent	Kozmetički proizvod
ID	RP	RC	AR	AG	TP	TR	TG	TA	PP	CP	CW	TT	MIN	CS	
1	1	42	1,5	0	0,7	0	0	2,1	SF	5	0	0	1		Uzimanje ambalaže
2	1	46	1,5	1,5	0,7	0	0,7	4,2	MG	1,0	0	5	1		
3	1	76	1,5	1,5	1,2	0	2,1	9,9	SF	5	0	0	1		Odvrtanje čepa
4	1	76	1,5	1,5	1,2	0	2,1	9,9	SF	5	0	0	1		Punjenje bazom
5	1	42	1,5	0	0,7	0	0	2,1	SF	5	0	0	1		Pipetiranje
6	1	46	1,5	1,5	0,7	0	0,7	4,2	SF	5	0	0	1		Miješanje sirovina
7	1	42	1,5	0	0,7	0	0	2,1	SF	5	0	0	1		Zavrtnanje čepa
8	1	42	1,5	0	0,7	0	0	2,1	SF	5	0	0	1		Lijepljenje etikete
															Postavljanje gotovog proizvoda na traku
			1,5	6				36,6	41	0,0	5	2	1671,06	3	4,32
	STANICA S DVA ROBOTOM		maksimalni AR	AGT					CPT, KUSD	CWT, KUSD	TOT, s	NM	CST, cent	TB, s	BS - količina proizvoda u tisućama

Cijene RC, CST(OP) i CST(OPS) ne ovise o veličini serije, dok cijene CST(SP) i ukupna cijena CTS ovise o veličini serije.

Za proizvodnu količinu 10 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \cdot x \frac{CG \cdot AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 6 + 41000 + 0}{10000} = 710 \text{ cent.}$$

$$CST = CST(GP)/BS + CST(SP) + CST(OP) + CST(OPS)$$

$$CST = 15811,2/10000 + 710 + 2,35 + 21,53 = 735,46 \text{ cent.}$$

Za proizvodnu količinu od 20 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \cdot x \frac{CG \cdot AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 6 + 41000 + 0}{20000} = 355 \text{ cent.}$$

$$CST = 15811,2/10000 + 355 + 2,35 + 21,53 = 379,67 \text{ cent.}$$

Za proizvodnu količinu od 30 000 komada:

$$CST(SP) = 100 \cdot x \frac{CG \cdot AGT + CPT + CWT}{BS} = 100 \cdot \frac{5000 \cdot 6 + 41000 + 0}{30000} = 236,66 \text{ cent.}$$

$$CST = 15811,2/30000 + 236,66 + 2,35 + 21,53 = 261,07 \text{ cent.}$$

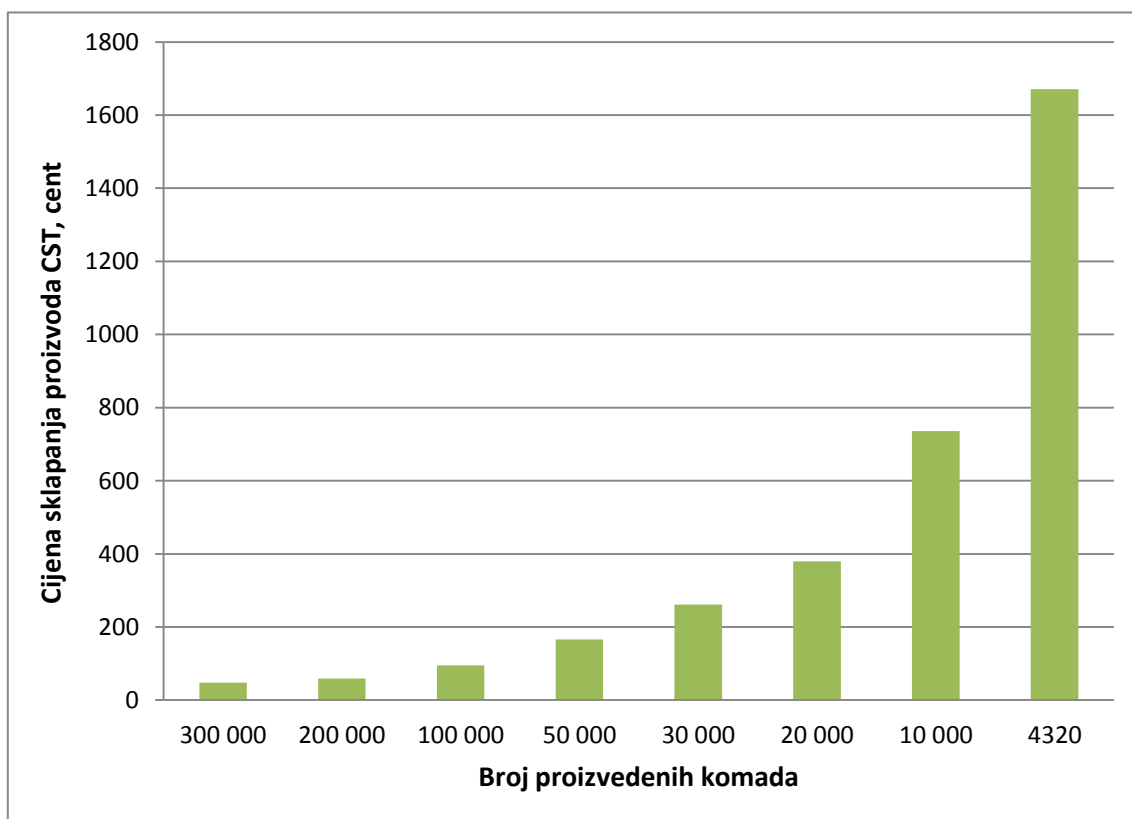
Tablica 16. prikazuje rezultate proračuna ukupne cijene proizvodnje s dva robota, ovisno o broju proizvedenih komada kozmetičkih proizvoda. I u ovom slučaju dobiveno je da se cijena sklapanja povećava kako se smanjuje količina sklopljenih komada. Za predviđenu količinu od 10 000 kozmetičkih proizvoda cijena sklapanja iznosi 735,46 centa, dok je za trenutnu ukupno proizvedenu količinu od 4320 komada cijena robotskog sklapanja upotrebom dva robota iznosi 1671,06 centa. Navedene cijene razlikuju se za 2,27 puta.

**Tablica 15. Ukupna cijena proizvodnje s dva robota, CST, ovisno o broju komada proizvoda [12]**

Proizvedena količina, broj komada	CST, cent
300 000	47,6
200 000	59,46
100 000	95,04
50 000	166,2
30 000	261,07
20 000	379,67
10 000	735,46
4320	1671,06



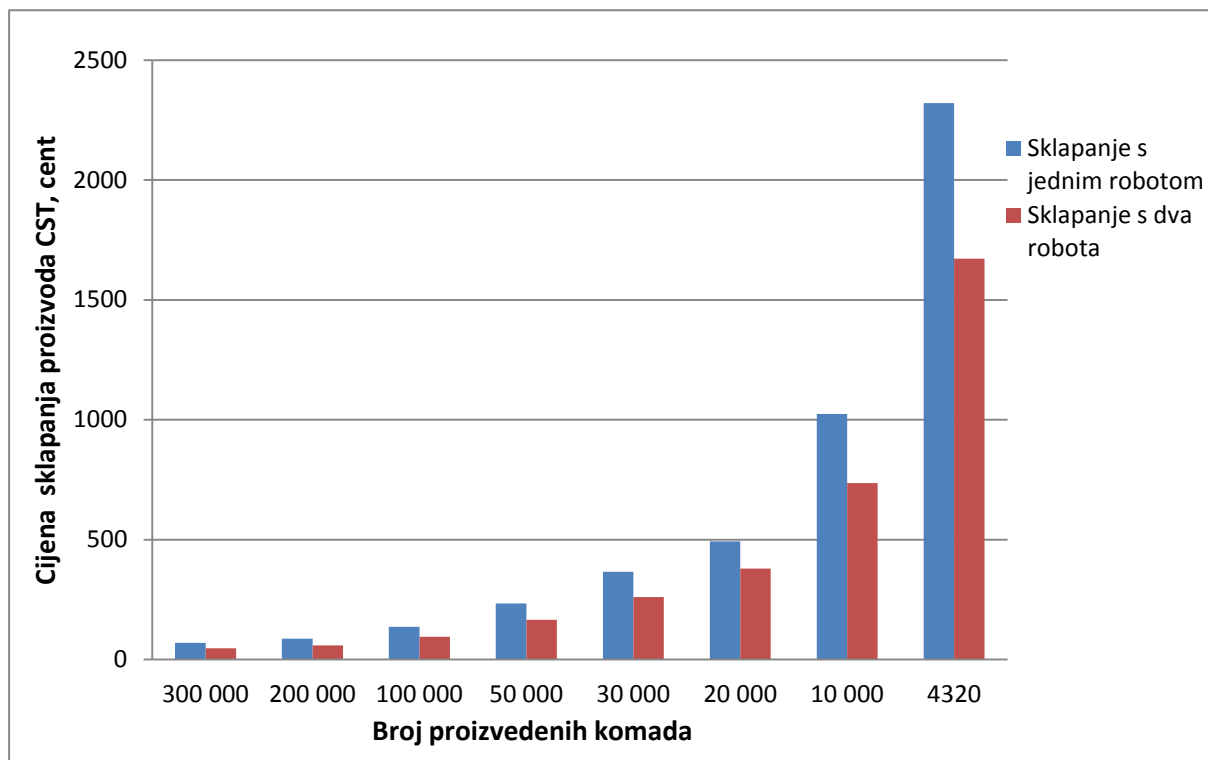
Grafikon na slici 72. prikazuje kako se mijenja cijena sklapanja proizvoda korištenjem dva robota u radnoj stanici, ovisno o broju proizvedenih kozmetičkih proizvoda.



Slika 72. Cijena robotskog sklapanja s dva robota za različite proizvodne količine [12]

### 5.10. Usporedba proizvodnje proizvoda s jednim i dva robota

Rezultati DFA analize pokazuju da se udvostručavanjem proizvedenih količina, cijena proizvodnje smanjuje za 2,27 puta. Usporedbom cijena proizvodnje kozmetičkog proizvoda korištenjem jednog robota koja za trenutnu proizvodnju od 4320 komada iznosi CST = 2320,66 centa, i cijene korištenja dva robota (uz cijenu sklapanja CST = 1671,06 centa). Ovakvi rezultati pokazuju da je proizvodnja jednim robotom skuplja za 649,6 centa. Za proizvedenu količinu od 10 000 komada kozmetičkih proizvoda, cijena proizvodnje korištenjem jednog robota iznosi 1023,77 centa po komadu, dok bi korištenjem dva robota ona iznosila 735,46 centa. Slika 73. prikazuje usporedbu cijena za iste količine proizvedenih kozmetičkih proizvoda gdje je također vidljivo kako je cijena proizvodnje pomoću jednog robota veća u odnosu na cijenu proizvodnje korištenjem dva robota. Najmanja razliku u cijeni vidljiva je pri proizvedenim količinama od 100 000, 200 000 i 300 000 komada, odnosno u velikoserijskoj proizvodnji.



**Slika 73. Usporedba robotskog sklapanja s jednim i s dva robota [14]**

Vrijeme ciklusa sklapanja, TAT, u stanici s jednim robotom iznosi 59,8 sekundi, dok u stanici s dva robota, odnosno s dvorukim robotom to vrijeme iznosi 36,6 sekundi. Budući da dvoruki robot obavlja simultano više operacija, vrijeme proizvodnje takvim sustavom očekivano je kraće. Zaključuje se da je sposobnost ovakvog sustava veća u odnosu na stanicu s jednim robotom.

Kako u ovom slučaju nije riječ o tipičnoj serijskoj proizvodnji već o pojedinačnoj, potrebno je sagledati načine što boljeg iskorištenja pa čak i proširenja proizvodnog kapaciteta robota. Robotsko sklapanje s dva robota je fleksibilnije i vrlo brzo se može prenamijeniti uz ponovno programiranje robotskog sustava te na taj način ostavlja mogućnost proširenja postojećeg asortimana.

Usporedbom rezultata dobivenih metodom DFA za dvorukog robota i stvarnih vrijednosti parametara postojećeg procesa vidljivo je značajno odstupanje. Stvarno vrijeme proizvodnje je 120 s, što je 3,28 puta dulje od proračunskog. Razlog tako velikom odstupanju (u vremenu) je uvođenje pojednostavljenja pri definiranju operacija procesa u proračun metode DFA, ali prije svega suboptimalna brzina rada robota, koja je takva stoga što su proizvodne količine vrlo male i riječ je o specifičnom radnom okružju, pa ostvarenje veće brzine rada pri

projektiranju (programiranju) sustava nije bilo u žarištu interesa. Za dobivanje preciznijih rezultata potrebno je provesti još detaljniju analizu operacija proizvodnje (analiza pokreta robota), kako bi se mogli iz tzv. robotskih karti očitati točniji parametri za proračun.

Nadalje, što se tiče cijene robotske proizvodnje, izračun po metodi DFA pokazuje da cijena proizvodnje po komadu iznosi 16,71 dolara, što je 110,7 HRK, dok stvarna prosječna cijena najčešće proizvednog proizvoda iznosi 78,16 HRK. Ovakvi rezultati pokazuju da proizvodnja dvorukim robotom za trenutačnu proizvodnu količinu nije ekonomična, čak štoviše, da tvrtka radi s financijskim gubitcima. Ipak, i ovdje je moguća primjedba o upitnoj relevantnosti parametara cijena robota i cijena hvataljki, naime mogućnost da su navedene cijene niže u odnosu na one izvorne metode DFA. Ipak, za konačan sud o isplativosti, trebalo bi odabrati više proizvoda koji bi vjerodostojnije reprezentirali proizvodni program.

U sljedećem poglavlju dani su prijedlozi i opisano je na koje se načine proces proizvodnje može poboljšati odnosno, nadograditi kako bi cijeli sustav bio napredniji te kako bi se bolje iskoristio (a po potrebi tržišta čak i povećao) proizvodni kapacitet.

## 6. UNAPRJEĐENJE AUTOMATSKOG PROCESA PROIZVODNJE

Dosadašnji kapacitet robotske stanice tvrtke Alpstories d.o.o trenutno zadovoljava potrebe tržišta s proizvedenom količinom proizvoda. Unaprjeđenje automatskog procesa robotske proizvodnje prirodne i personalizirane kozmetike temelji se na pretpostavci da će s godinama rasti količina proizvoda zbog porasta potražnje tj. zbog porasta broja kupaca i tržišnog udjela. Svako unaprjeđenje proizvodnje uključuje ulaganje u proizvodnu opremu i sirovine. Iz tog razloga, navedeni su ekonomski i tehnički aspekti koji bi doveli do povećanja proizvodnje te do unaprjeđenja procesa.

U prethodnom poglavlju, primjenom DFA analize troškova sklapanja pomoću jednog i dva robota, ustanovljena je značajna razlika u cijeni proizvodnje kozmetičkih proizvoda ovisno o proizvedenim količinama. S obzirom da korištenje radne stanice s dva robota omogućava uštedu na troškovima proizvodnje, treba razmotriti isplativost investicija u unaprjeđenje postojećeg sustava uvođenjem novih tehničkih rješenja i opreme. Na taj način se može upotrebom iste radne stanice na fleksibilan način povećati broj različitih kozmetičkih proizvoda. Iako je početna investicija dvostruko skuplja, dugoročno će ovakav sustav biti isplativiji jer će povećana količina proizvoda pokriti trošak inicijalnog ulaganja. Krajnji rezultat bila bi ušteda vremena (1,63 puta) što doprinosi povećanoj efikasnosti te niža cijena proizvoda (1,39 puta). U sljedećim podpoglavljima navedeni su ekonomski i tehnički aspekti koji bi doveli do povećanja proizvodnje i do unaprjeđenja procesa.

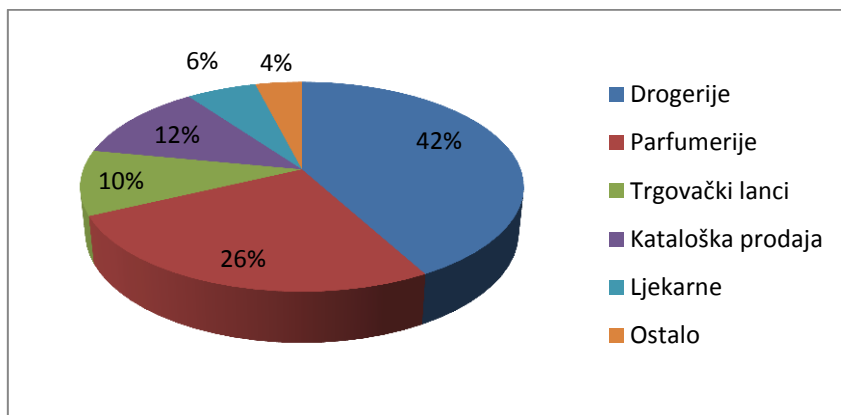
### 6.1. Ekonomski aspekt unaprjeđenja proizvodnje

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

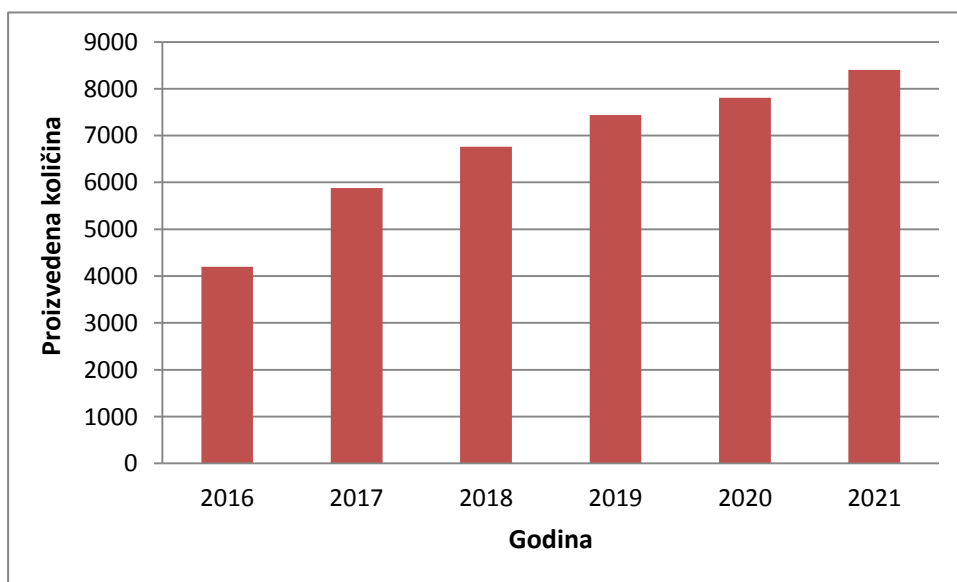


[REDACTED]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



Slika 75. Projekcija proizvedenih količina po godini

[Redacted text block]

## 6.2. Tehnološki aspekt unaprjeđenja proizvodnje

U opisanom postupku proizvodnje personalizirane kozmetike pomoću robotske radne stanice, postoji prostor za daljnje usavršavanje i poboljšanje postojećeg proizvodnog procesa. Unaprjeđenje automatskog procesa robotske proizvodnje prirodne i personalizirane kozmetike postiže se stalnim nadogradnjama i prilagodbama postojećih sustava kako bi se smanjili troškovi i povećala produktivnost. Robotski sustav moguće je unaprijediti primjenom naprednih senzora i hvataljki, naprednih vizijskih sustava, višenamjenske robotske stanice s mobilnim robotom ili čak s dva robota, efikasnijom pripremom ambalaže te korištenjem kompleksnijih softverskih rješenja. U nastavku su opisana predložena tehnička rješenja za unaprjeđenje tehnološkog dijela proizvodnje.

- **Napredni senzori**

Robot koristi napredne senzore u svakom dijelu proizvodnog procesa. Glavni tipovi senzora su unutarnji senzori za mjerenje i praćenje podataka o stanju robota (položaj zgloba, brzina gibanja, momenti, sila hvatanja), senzori za sinkronizaciju, senzori za rješavanje logičkih funkcija, senzori sile u tri ili šest osi, senzori na koje djeluju vanjski podražaji te senzori za motrenje robotske interakcije s okolinom (kontrola sile i momenta, rezoniranje i mjerenje udaljenosti u prostoru). Posebnu skupinu čine senzori za motrenje uvjeta u radnoj okolini kao što su senzori za zvuk, senzori za detekciju dima, vlage i slično. Na slici 76. prikazani su senzori za motrenje temperature koji se ugrađuju na robot.

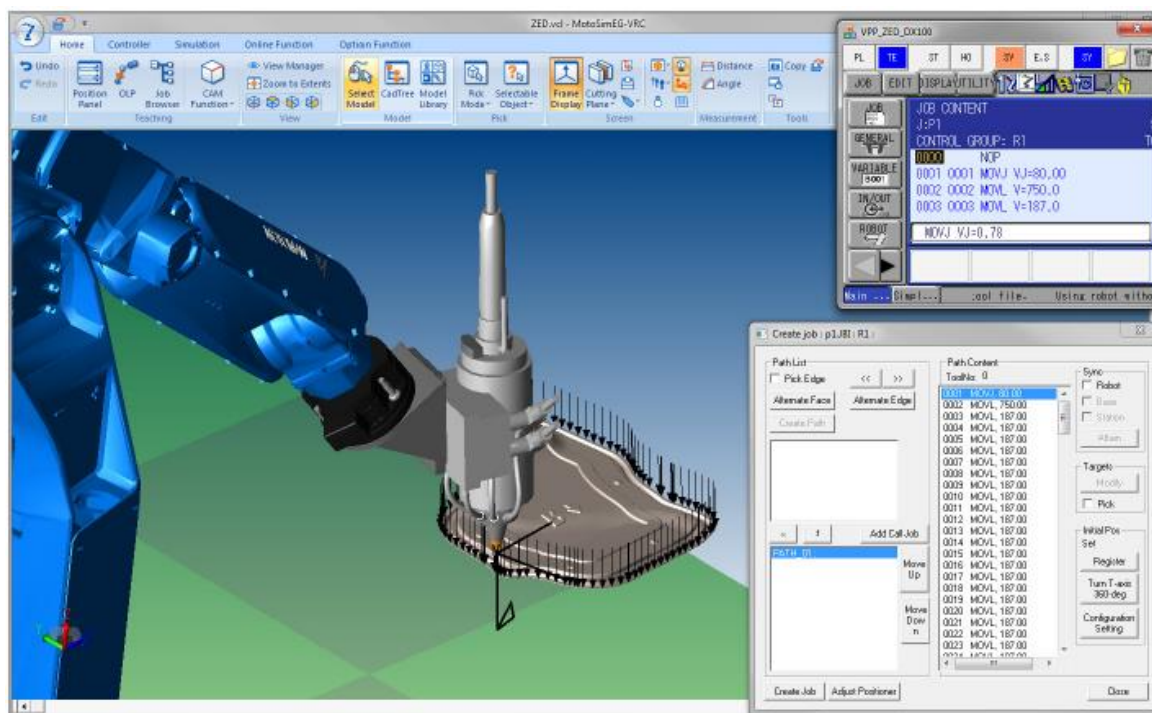


**Slika 76. Napredni senzori za motrenje temperature [18]**

- **Vizijski sustavi**

Vizijski sustav ili sustav strojnog vida prepoznaje pravilnu orijentaciju hvataljke u prostoru i šalje naredbu za uzimanje ambalaže ili sastojka. Ako hvataljka nema pravilnu orijentaciju, neće doći do pokreta u smjeru ambalaže ili sastojaka, već ide na preorijentiranje. Vizijski sustav, općenito povećava broj elemenata u sustavu i samim time povećava se nepouzdanost sustava. Uz to potrebno je osigurati i dodatni prostor za kameru i ostale elemente vizijskog sustava, što povećava cjelokupnu robusnost sustava. Razvoj naprednih fleksibilnih robotiziranih vizijskih sustava usmjeren je ka poboljšanju mjerenja *on-line* i kontroli proizvoda tijekom proizvodnog procesa. Jedna od važnijih tehnologija je primjena vizijskih sustava u projektima robotizacije i automatizacije procesa mjerenja i ispitivanja kvalitete.

**MotoSim® EG** (*Motoman Simulator Enhanced Graphics*) – Motoman napredni grafički simulator dostupan je u kombinaciji s funkcijom virtualnog robotskog kontrolera VRC (*Virtual Robot Controller*) te predstavlja softverski paket koji uključuje točne 3D simulacije rada robotske radne stanice. Na slici 77. prikazan je 3D model robotske ruke s hvataljkom nastao korištenjem CAD softvera. Bez obzira koristi li programer sustav u koji treba upisivati naredbe ili MotoSim EG-VRC na računalu, korisničko sučelje za programiranje rada robota biti će isto.



Slika 77. 3D model robotske ruke s hvataljkom [18]



Koraci potrebni za izvođenje operacija u virtualnom prostoru simulatora su identični onima koje zahtijeva robotski kontroler. Navedeni softver može se koristiti za optimiziranje robota i prateće opreme te za provođenje ispitivanja u svrhu otkrivanja mogućih sudara tijekom rada, napraviti modeliranje i proračune trajanja radnog ciklusa. Moguće je i točno programiranje kompleksnog sustava kada je robot isključen (*off-line*). Takvo programiranje dozvoljava proizvođaču da kasnije nastavi s robotskim radom, a novi program postaje dio odvojenog sustava. Softver MotoSim EG-VRC povećava sposobnosti sustava kako bi se simulirali neovisni i koordinirani pokreti te dvostruke sinkronizirane funkcije koje poboljšavaju interakciju između robota i vanjskih pokretnih uređaja. Navedeni računalni programi, kompatibilni su s robotima serije SDA i SIA koji imaju dvije ruke i do 15 osi gibanja.

**MotoSight™ 3D** je vizijski sustav koji omogućava robotu primanje 3D informacija o izgledu i karakteristikama proizvoda kojeg je potrebno sastaviti. Sastoji se od procesora, kamere, fleksibilnih kabela i Ethernet komunikacije. Ne zahtijeva kalibriranje kamere u boji te postiže visoku točnost zbog funkcije automatskog podešavanja. Jednostavno se integrira s već postojećom robotskom stanicom, može prepoznati i velike dijelove te locirati manje dijelove sklopa bez obzira na trenutni položaj. Na slici 78. prikazana je kamera za snimanje u boji.



**Slika 78. Kamera za vizijski sustav MotoSight 3D [17]**

Suvremeno oblikovanje robotskih proizvodnih sustava i procesa podrazumijeva upotrebu različitih softverskih rješenja. Oblikovanje proizvoda mora imati praktičnu primjenu i mogućnost realizacije u konkretnom vremenskom razdoblju.

Uvođenje vizijskog sustava je od presudnog značaja za učinkovitost – fleksibilnost proizvodnog procesa.

- **PLM/PDM<sup>1</sup>**

Upravljanje životnim ciklusom proizvoda je proces upravljanja cijelim životnim vijekom proizvoda, od njegovog koncepta, preko dizajna i proizvodnje, sve do korištenja i uklanjanja. PLM<sup>2</sup> predstavlja skup aktivnosti koje omogućuju tvrtkama efikasnu i efektivnu inovativnost, te upravljanje čitavim nizom usluga koje su vezane za pojedine faze životnog ciklusa proizvoda. PLM je uobičajeno jedan od temelja informacijske infrastrukture tvrtke, uz CRM<sup>3</sup> (*Customer Relationship Management*), SCM<sup>4</sup> (*Supply Chain Management*), i ERP<sup>5</sup> (*Enterprise Resource Planning*). CRM omogućuje komunikaciju i razmjenu informacija s kupcima, SCM omogućuje isto s dobavljačima, a ERP pomaže u planiranju i raspoređivanju resursa unutar tvrtke ili kompanije. Dodatno, tvrtke i kompanije koje među svoje djelatnosti imaju uključenu i proizvodnju, moraju također razviti, opisati, definirati, upravljati i razmjenjivati informacije o svojim proizvodima, a to je upravo ono što PLM kao informacijska tehnologija modelira.

Glavni ciljevi korištenja PLMa su:

- kreiranje strateških izvora podataka o proizvodima i procesima
  - aktivno uključivanje i integracija svih čimbenika razvoja
  - prikupljanje i dijeljenje informacija o proizvodu duž cjelokupnog vrijednosnog lanca
- omogućavanje suradnje s kupcima, dobavljačima i partnerima
  - podrška inovativnosti dobavljača i partnera
  - podrška uključivanju korisnika u razvoj
- unaprjeđenje fleksibilnosti proizvoda i procesa
  - interakcija s novim kupcima i stvaranje novih prilika za pružanje dodatnih usluga
  - podrška distribuiranom pristupu razvoja i proizvodnji
  - omogućavanje brzog dodavanja ili zamjene dobavljača ili partnera. [19]

ENOVIA je softver s višestrukim mogućnostima za modeliranje, simulaciju i upravljanje podacima o proizvodima tijekom trajanja životnog ciklusa pojedinog proizvoda. SMARTTEAM je softversko rješenje koja omogućuje proizvodnim organizacijama i njihovim

---

<sup>1</sup> PDM – eng. *Product Data Management* – upravljanje podacima o proizvodu

<sup>2</sup> PLM – eng. *Product Lifecycle Management* – upravljanje životnim vijekom proizvoda

<sup>3</sup> CRM – eng. *Customer Relationship Management* – upravljanje distribucijom

<sup>4</sup> SCM – eng. *Supply Chain Management* – upravljanje lancem nabave

<sup>5</sup> ERP – eng. *Enterprise Resource Planning* – upravljanje resursima tvrtke (poduzeća)

dobavljačima efikasno upravljanje i izmjenu informacija o proizvodu od koncepta do realizacije čim se poboljšava kvaliteta proizvoda te smanjuju troškovi.

Nadalje, softver DELMIA (integriran u Catiji) omogućava razvoj optimalnih procesa i prilagođavanje proizvodnje 3D okruženju. Sustav se sastoji od planiranja procesa do završnog sklapanja i simulacije za sve dijelove proizvodnje. Svaka promjena u pojedinoj fazi automatski se odražava kroz kompletnu aplikaciju čime se ukida vrijeme potrebno za ručno ispravljanje. Kroz planiranje procesa i izrade baze podataka za proizvod, moguće je procijeniti proizvodnju za životni vijek trajanja proizvoda u svrhu povećanja produktivnost, učinkovitost, sigurnosti te smanjenje troškova. Proces oblikovanja proizvoda obuhvaća fazu planiranja, fazu koncepcije, fazu projektiranja i fazu razrade. Na slici 79. prikazan je humanoidni robot za simulaciju proizvodnje u 3D okružju.



Slika 79. Robot za simulaciju proizvodnje [18]

- **Napredna robotska hvataljka, senzor sila i momenata**

Napredne višenamjenske hvataljke robotske ruke s povećanom osjetljivošću prstiju mogu se automatski prilagođavaju predmetu kojeg treba uhvatiti. Sastoje se od tri prsta i imaju četiri načina prihvaćanja. Slika 80. prikazuje fleksibilnu robotsku hvataljku. Hvataljka se može djelomično otvarati i zatvarati, a brzinu i silu moguće je prilagoditi potrebama rada. Nema potrebe za ugradnjom posebnog senzora jer zahvat prstiju razdijeli silu na 10 kontaktnih točaka, čime se smanjuje mogućnost da uhvaćeni dio sklizne. Ipak, senzori sila i momenata, uz vizijske sustave, također postaju uobičajena oprema robota.



**Slika 80. Prilagodljiva robotska hvataljka s tri osjetljiva prsta [17]**

- **Unaprijeđeni stroj za dodavanje ambalaže**

Napredni automatizirani stroj za dodavanje ambalaže ProSys RT 60 smanjio bi troškove jer bi se tako u potpunosti otklonila ovisnost o radniku koji će ručno puniti postojeći dodavač materijala. Sustav može automatski dodavati plastičnu, kompozitnu i metalnu ambalažu za pakiranje proizvoda. Ima kapacitet dodavanja 60 bočica u minuti, servomotore za rukovanje ambalažom različitih geometrijskih karakteristika proizvoda te sterilne hvataljke dodavača koje su presvučene kemijski otpornim premazom. Moguće je dodavanje ambalaže na palete pa je dobavljač može isporučiti u tom obliku što je ekonomično i štedi vrijeme. Na slici 81. prikazan je stroj za dodavanje ambalaže ProSys RT 60. Uz mogućnost brze zamjene ambalaže, karakterizira ga i točnost te preciznost punjenja, kao i brzina i pouzdanost.

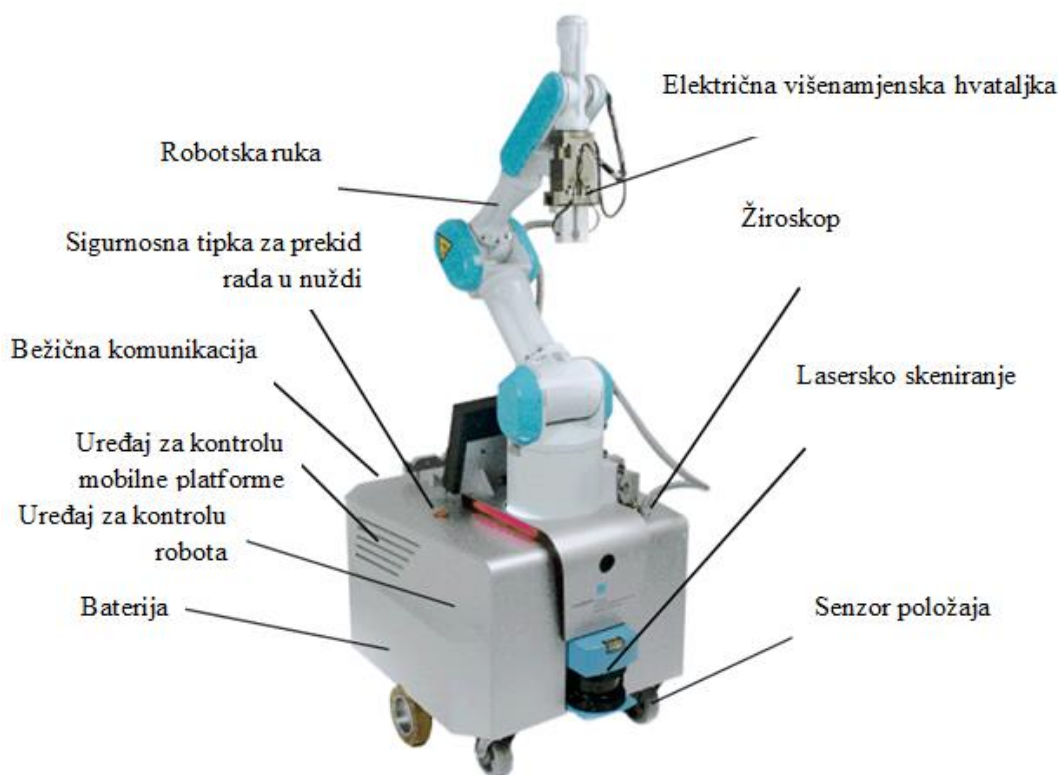


**Slika 81. Stroj za automatsko dodavanje ambalaže ProSys RT 60 [19]**

- **Mobilni robot**

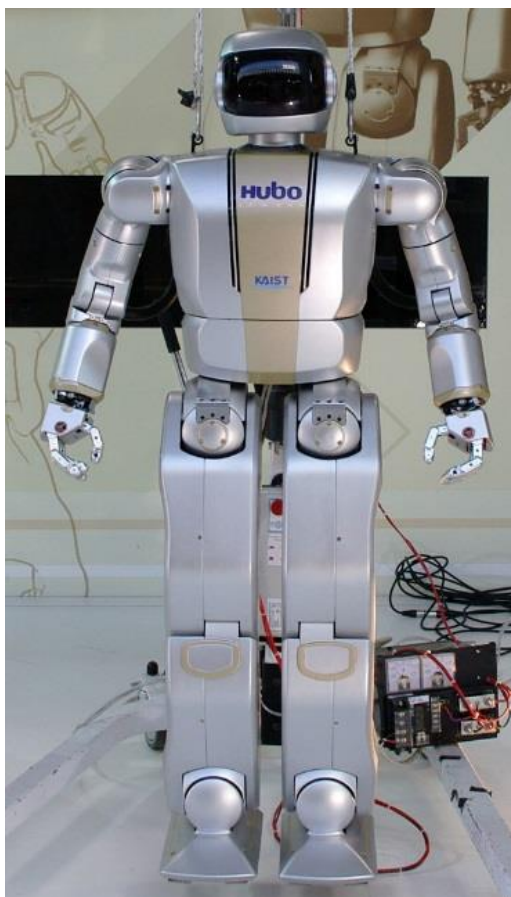
Robot YASKAWA SDA 10D kojeg koristi tvrtka Alpstories d.o.o. centralni je statični robot smješten u radnu stanicu postavljen u središtu čiji je glavni zadatak postavljanje ili podizanje ambalaže s pratećih strojeva tijekom procesa proizvodnje kozmetike. Kod radnih stanica s mobilnim robotima, oni su postavljeni na mobilnu platformu, pomiču se na različite pozicije unutar stanice i tako izvršavaju programirane zadatke, pri tome svaki robot može raditi s više različitih sklopova.

Mobilni roboti potekli su od autonomno vođenih vozila, pri čemu imaju senzore za orijentaciju u određenom mapiranom prostoru što ograničava njihovu primjenu izvan tog prostora. Za rad robota u nemapiranom prostoru postoji navigacija temeljena na sensorima koji prikupljaju informacije iz okoline. To povećava cijenu robota jer je potrebno ugraditi više senzora koji su skupi, dok algoritmi za obradu prikupljenih informacija i algoritmi za navigaciju zahtijevaju veliku procesorsku moć sustava upravljanja. Slika 82. prikazuje primjer mobilnog robota koji se sastoji od robotske ruke s višenamjenskom hvataljkom, pokretne platforme na kotačima te prateće opreme za orijentaciju i usmjeravanje robota u prostoru.



Slika 82. Mobilni robot [13]

Druga mogućnost je montaža nogu na robota YASKAWA i nadogradnja potrebnih senzora te upravljačkog sklopa, čime bi on imao mogućnost kretanja u prostoru radne stanice. Na slici 83. prikazan je jedan takav humanoidni mobilni robot koji bi se mogao koristiti za proizvodnju kozmetike u kozmetomatu tvrtke Alpstories d.o.o.



**Slika 83. Mobilni humanoidni robot [18]**

O radu robota brine upravljačko računalo koje se odlikuje svim značajkama računala opće namjene, uključujući procesor, memoriju, ulazno-izlazne jedinice, mogućnost programiranja višim programskim jezicima, kao i pohranu informacija na vlastite diskovne jedinice. Upravljačko računalo robota opremljeno je digitalno-analognim i analogno-digitalnim pretvaračima za kontinuirano i sinkrono upravljanje, praćenje i regulaciju rada robotskih prigona. Sadrži i digitalne ulaze i izlaze, koji omogućavaju usklađeni rad s okolnim digitalno upravljanim uređajima (dodavačima, transporterima, hvataljkama i slično) ili njihovim logičkim upravljačima. Kompleksnost upravljačkih sustava kod fleksibilnih robotskih proizvodnih sustava pokušava se riješiti pomoću umjetne inteligencije koja se razvija u tri smjera: 1. učenje kroz opažanje, 2. logičko zaključivanje kroz formuliranje mišljenja, 3. kooperativnost izražavanjem komunikacije.

Kontrola robotskog rada je ključna karakteristika razvoja robota i istraživanja koji su posvećeni poboljšanju robotskih performansi, smanjenju troškova i uvođenju novih funkcija. Primjeri razvoja su višestruka kontrola robotskog rada, omogućavanje rada na siguran i pouzdan način, kontrola primjene sile, 3D vizijski sustavi, nadzor robotskog rada na udaljenosti i bežična (*wireless*) komunikacija. Modelska tehnologija je ključna tehnologija za kontrolu uslužnih robota, modeli i kontrolne sheme se kontinuirano prilagođavaju kako bi odgovarali zahtjevima visokih performansi, čak i u slučajevima kada trošak izrade dovodi do konstruiranja robotske mehanike koju je teže kontrolirati. Pokretači razvoja su novi načini primjene robota, poput korištenja robota za izradu personalizirane kozmetike prilagođene kupcu. Budući načini kontrole robota uključuju modularne robote i kontrolne sheme koje koriste senzore ugrađene u robotsku ruku i koji istovremeno mogu biti korišteni za implementaciju redundantne kontrole sigurnosti. Primjena visoko modularnih robota povećati će potrebu za potporom pri instalaciji, pri čemu će *Plug&Play* funkcije biti još važnije.

Jedna mogućnost primjene modularnih robotskih programa je paralelna kinematska robotska struktura s velikom površinom radnog prostora u odnosu na veličinu samog robota. Povećanje učinkovitosti upotrebe robota može se postići primjenom prilagodljivih robotskih performansi. To podrazumijeva optimizaciju robotske kontrole s obzirom na opterećenje robota i zamor materijala tijekom izvođenja radnji za koje je namijenjen.

Budući razvoj uslužnih robota bit će usmjeren na uštedu energije prilikom rada i energetske neovisnost o izvoru napajanja, prilagodbu hvataljki na rad s predmetima koji imaju najrazličitije površine, interakciju s ljudima pomoću gesti i glasovnih naredbi te razvoj umjetne inteligencije što bi omogućilo veću samostalnost robota. Razvoj uslužnih robota daleko je od mogućih granica i potrebna su brojna istraživanja i razvoj kako bi se povećala uporaba robota u uslužnoj industriji.

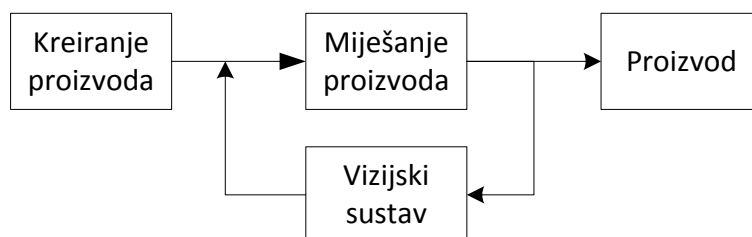
### **6.3. Koncept i specifikacija unaprjeđenog sustava**

Budući da postojeći sustav zadovoljava potrebe proizvodnje, za predloženo unaprjeđenje proizvodnog procesa nije potrebno mijenjati tip robota i ostale elemente, već samo nadograditi postojeći sustav dolje predloženom opremom.

Nakon provedene analize mogućih tehnoloških unaprjeđenja, uzimajući u obzir financijske mogućnosti i dobavljaljivost opreme, za postojeći sustav predloženo je sljedeće:

- vizijski sustav; proizvođač **MotoSight™ 3D**
- grafički simulator, proizvođač **MotoSim® EG**
- napredna sensorika, proizvođač **Modern Robotics Inc.**
- hvataljka s tri prsta, proizvođač **Robotiq**
- PLM/PDM softver, proizvođač **Enovia, SmarTeam.**

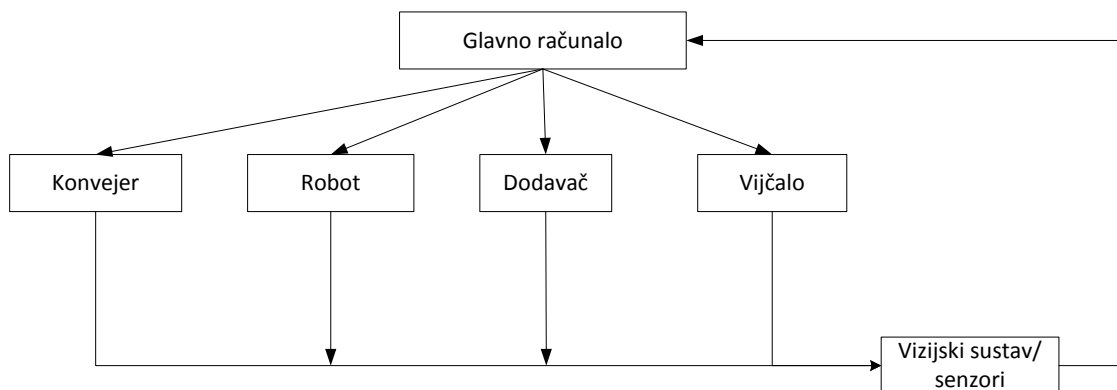
Budući da se nadogradnjom postojećeg sustava ne mijenja proces proizvodnje dan je grubi shematski prikaz unaprijeđenog procesa s vizijskim sustavom prikazan na slici 83.



**Slika 84 Shematski prikaz s vizijskim sustavom**

Svrha predloženog vizijskog sustava bila bi poboljšati komunikaciju unutar robotske ćelije koja se odnosi na interakciju robota s ostalim komponentama sustava. Upravljanje sustavom izvelo bi se centralizirano, pomoću računala, što znači da bi svi uređaji koji čine sustav preko svojih upravljačkih ploča trebali biti spojeni na jedno računalo koje bi upravljalo njihovim radom, što je prikazano na slici 85. Sve informacije o položaju baznog elementa i izvršenom sklapanju računalo bi dobivalo pomoću vizijskog sustava i senzora. Takav način povezivanja naziva se senzorska mreža. Informacije koje senzori pošalju u obliku električnih signala obrađivat će se i analizirati u procesoru računala, a instalirani softver „donijet će odluku “ što dalje činiti“ i poslati upravljačke signale pojedinom uređaju. Takav sustav predstavlja zatvoreni sustav regulacije s povratnom vezom koji nadgleda rad sustava i prema čijim informacijama računalo upravlja.





**Slika 85. Glavno računalo upravlja radom svih komponenti sustava sklapanja**

Napredna sensorika i hvataljka s tri prsta riješili bi postojeći problem prihvata i premještaja ambalaže. Koristeći senzor sile i momenta, robot bi mogao preciznije zahvatiti ambalažu bez obzira na njen oblik i volumen.

Funkcija grafičkog simulatora bila bi uvođenje 3D simulacije rada robotske stanice pri čemu se može optimirati rad robota te ispraviti postojeće greške, kao što su sudari robota s opremom u robotskoj ćeliji. Nakon simulacije, proizvodni proces moguće je programirati, modelirati te točno izračunati trajanje radnog procesa. Uvođenjem PLM/PDM softvera Enovia, SmarTeam omogućilo bi integraciju robotskog sustava s logističkom i ekonomskom infrastrukturom tvrtke. Sve to doprinosi optimizaciji cjelokupnog proizvodnog procesa što u konačnici dovodi do ekonomičnijeg rada.

Iako se razmatrala primjena mobilnog robota kao dio unaprijeđenog sustava, takva rješenje predstavljalo bi preveliku investiciju i time povećalo ukupnu cijenu potrebne oprema za nadogradnju sustava. U sklopu predloženih poboljšanja istraživane su i cijene svake od navedenih oprema, ali nisu istaknute jer nisu javno dostupne. Pretpostavlja se da se do takvih informacija može doći slanjem upita proizvođačima.

## 7. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj napreduje proizvodnja personalizirane i kupcu prilagođene kozmetike, većinom kroz male proizvođače. Primjer dobre proizvođačke prakse u procesu pripreme kozmetičkih proizvoda i primjene robotske proizvodnje je tvrtka AlpStories d.o.o. Tvrtka je jedinstven primjer primjene robota za ovakve namjene, što je izdvaja i čini posebnom u odnosu na ostale proizvođače i u inozemnim okvirima. U trgovini je robotska stanica s robotom YASKAWA SDA 10D koji proizvodi personaliziranu kozmetiku prema želji kupca.

Budući da nije poznata projektna dokumentacija po kojoj je realiziran trenutni robotski sustav, za analizu učinkovitosti izvedbe postojećeg sustava korištena je metoda DFA (*Design For Assembly*) Boothroyda i Dewhursta. Analizom su proračunati troškovi proizvodnje personaliziranih kozmetičkih proizvoda za slučaj korištenja jednog i u slučaju korištenja dva robota, pri čemu je posljednje analogno postojećem procesu. Uz troškove proizvodnje dobivena su saznanja o prostoru za moguća unaprjeđenja.

Trenutno proizvedena količina na godišnjoj razini iznosi 4320 komada, iz čega je dobiveno da trošak po komadu proizvodnje s jednim robotom iznosi 2320,66 centa, dok s dva robota trošak iznosi 1671,06 centa. Iz takvih rezultata zaključuje se da je proizvodnja s dva robota jeftinija i efikasnija. Najmanja razlika u cijeni sklapanja s jednim i s dva robota vidljiva je na velikim proizvedenim količinama, odnosno na velikoserijskoj proizvodnji. Izračunato je da je vrijeme ciklusa sklapanja za robota s dvije ruke za 1,63 puta kraće u odnosu na vrijeme koje utroši jednoruki robot.

Očekivano, analiza je pokazala da veća količina proizvedenih kozmetičkih proizvoda ima nižu cijenu robotske proizvodnje. Uz trenutne proizvedene količine čija cijena po proizvodu iznosi 1671,06 centa, izračunato je da bi količine od 10 000 komada smanjile cijenu za 44,01 %, što je 935,6 centa manje po proizvedenom komadu.

Metodom DFA je, za trenutne proizvodne količine, procijenjeno da je vrijeme amortizacije 4,16 godina, ali uzimajući u obzir ukupne troškove vrijeme amortizacije je šest godina. Uz pomno planiranje poslovne strategije te primjenu prijedloga danih u ovom radu, pretpostavlja se da će najveći porast proizvedene količine biti u prvoj godini, za 40 %, dok se u narednim

godinama očekuje stalni porast od 10 do 15 %. Konačni cilj projekcije (2021. godine) je udvostručavanje proizvedenih količina te daljnji rast do kapaciteta 10 000 komada godišnje.

Usporedbom rezultata dobivenih metodom DFA za dvorukog robota i stvarnih vrijednosti parametara postojećeg procesa vidljivo je značajno odstupanje. Stvarno vrijeme proizvodnje je 120 s, što je 3,28 puta dulje od proračunskog. Razlog tako velikom odstupanju (u vremenu) je uvođenje pojednostavljenja pri definiranju operacija procesa u proračun metode DFA, ali prije svega suboptimalna brzina rada robota, koja je takva jer su proizvodne količine vrlo male i riječ je o specifičnom radnom okruženju, pa ostvarenje veće brzine rada pri projektiranju (programiranju) sustava nije bilo u žarištu interesa. Za dobivanje preciznijih rezultata potrebno je provesti još detaljniju analizu operacija proizvodnje.

Nadalje, što se tiče cijene robotske proizvodnje, izračun po metodi DFA pokazuje da cijena proizvodnje po komadu iznosi 110,7 HRK, dok stvarna prosječna cijena najčešće proizvedenog proizvoda iznosi 78,16 HRK. Iz toga se može zaključiti da proizvodnja dvorukim robotom za trenutačnu proizvodnu količinu nije ekonomična. Za konačan sud treba provjeriti konkretne cijene opreme, koje su možda niže u odnosu na one u metodi DFA. Također, treba provesti još detaljniju analizu, s više uključenih proizvoda, koji će vjerodostojnije reprezentirati proizvodni program.

Za unaprjeđenje sustava proizvodnje, ne bi trebalo mijenjati postojeći robotski sustav, već ga nadograditi. U tu svrhu predlaže se nadogradnja sustava sljedećom opremom: vizijskim sustavom (prioritet za unaprjeđenje rada sustava), hvataljkom s tri prsta (eventualno sa senzorom sila i momenata), naprednim senzorima za kontrolu predmeta rada i radnih uvjeta, grafičkim simulatorom (također prioritet) te PLM/PDM softverom SmarTeam.

Budući da je trend proizvodnje ovakve vrste prirodne kozmetike rastući, može se zaključiti da će se dobiveni nesrazmjer u cijeni proizvoda smanjiti s vremenom. Rast potražnje ove vrste kozmetike utjecala bi i na ekonomsku isplativost ulaganja u predložena unaprjeđenja pri čemu bi troškovi mogli biti amortizirani u relativno kratkom vremenu.

Da bi se ekonomski dobici ostvarili u željenom opsegu, neophodno je integrirati robotske sustave s logističkom i ekonomskom infrastrukturom tvrtke. Takvi sustavi pružaju informacije za planiranje proizvodnje i radnih operacija svakog robota, raspoloživost robota i proizvodnih kapaciteta koji su bitni zbog logističkih i ekonomskih planiranja.

Uz navedene tehničke preinake, važno je napomenuti da marketing ima vrlo važnu ulogu u isplativosti proizvodnje. Upravo zbog toga predloženi su razni načini oglašavanja, kao što su časopisi, internet, reklame, sajmovi, a ono što bi još bilo od velike važnosti je proširiti prodajna mjesta na ljekarne, drogerije, katalošku prodaju, parfumerije i slično.

Svaka tvrtka mora biti inovativna i nakon određenog vremena na tržište ponuditi nove proizvode s ciljem privlačenja novih kupaca. U obzir svakako treba uzeti da je kozmetičko tržište zasićeno te će biti potrebno određeno vrijeme za prepoznavanje i etabliranja tvrtke, koje dovodi do povećanje kapaciteta proizvodnje i maksimiziranja profita, što je cilj svakakog proizvođača.

Na temelju saznanja stečenih provedenim analizama predlaže se daljnji rad koji bi obuhvaćao:

- detaljnu analizu tržišta i donošenja odgovarajuće strategije proizvodnje i poslovanja
- analizu prikladnosti unaprijeđenog sustava za proizvodnju drugih kozmetičkih proizvoda
- integraciju podataka i djelatnosti vezanih za proizvodnju
- detaljno CAD oblikovanje opreme, koja je u ovome radu definirana na razini principijalnih tehničkih rješenja
- optimizaciju upravljanja i programiranje sustava.

## 8. LITERATURA

- [1] Reed, Sandra, I. (2007.): „*Cosmetics and Your Health*“, US Department of Health and Human Services, str. 12
- [2] Adkins, L., Adkins, R. (1998.): „*Handbook to life in Ancient Greece*“, Oxford University Press
- [3] Burlando, B., Verlorra, L., Cornara, L., Bottini-Massa, E. (2010.): „*Herbal Principles in Cosmetics*“, CRC Press
- [4] Matić, M., Puh, B., Vlahović, V. (2015.): „*Ispitivanje kupovnih stavova potrošača prema prirodnoj kozmetici*“, *Ekonomika misao i praksa*, No. 2, str. 434
- [5] *Global insight : A study of a European cosmetic industry, 2007.*, str. 7.
- [6] Cervellon, M. Rinaldi, M. J., Wernerfeld, A. S. (2011.): „*How Green is Green?*“, Consumers understanding of green cosmetics and their certifications, U proceedings of 10th International Marketing Trends Conference, str. 20-21
- [7] Malenica, N., Dorbić, B. (2014.): „*Analiza tržišta kozmetičkih proizvoda u Hrvatskoj*“, *Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu*, Knin, str. 4
- [8] Urban, J. (1956.): „*Automatizacija*“, *Mljekarstvo*, Vol. 6, No. 10, str. 236
- [9] Klaić, M., Petrović, I. (2003.): „*Robotika u riječi i slici – od industrijskih do uslužnih robota*“, *Automatika: časopis za automatiku, mjerenje, elektroniku, računarstvo i komunikacije*, Vol. 44, No. 3-4, str. 206
- [10] Palko, A., Marcinčin, Novak, J. (2009.): „*Novi aspekti u razvoju robota*“, *Engineering Review*, Vol. 29, No.1, str. 89
- [11] Kunica, Z., Oblikovanje proizvoda za sklapanje, Interni prijevod knjige G. Boothroyda i P. Dewhursta „*Product Design for Assembly*“, Boothroyd Dewhurst, Inc., Wakefield, 1991, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 2009.
- [12] Vlastite bilješke i skice, ožujak 2016.
- [13] Hägele, M.: *Service Robotics: Past-Present-Future*, Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart, 16.04.2004.
- [14] *Good manufacturing production*, AlpStories, 2014.
- [15] <http://www.alpstories.hr>      Pristupljeno: 2016-04-09.
- [16] [www.motoman.co.uk](http://www.motoman.co.uk)      Pristupljeno: 2016-03-23.
- [17] [www.yaskawa.com](http://www.yaskawa.com)      Pristupljeno: 2016-04-22.
- [18] [www.robots.com](http://www.robots.com)      Pristupljeno: 2016-04-22.
- [19] [www.prosysfill.com](http://www.prosysfill.com)      Pristupljeno: 2016-05-03.
- [20] Štorga M.: „*Sustav za razmjenu i upravljanje informacijama o proizvodu*“, Magistarski rad, FSB, Zagreb, 2002.