



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija  
Program: Strojništvo  
Modul: Orodjarstvo

**AVTOMATIZACIJA PROCESNIH KORAKOV  
BRIZGANJA, ŠČITENJA IN ZUNANJEGA  
LAKIRANJA PC-LEČ Z ODPRTINAMI ZA  
KAMERO IN SENZORJE NA MASKAH  
VOZIL**

Mentor: mag. Viktor Jemec  
Lektorica: Lucija Hrženjak, prof. slov. in biol.

Kandidatka: Dijana Kovačič

Ljubljana, oktober 2022

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, mag. Viktorju Jemcu, za pomoč in razumevanje, ki sem ju bila deležna v času pisanja diplomskega dela.

Rada bi se zahvalila tudi svojemu mentorju v podjetju, Damjanu Poznajelšku, za strokovno pomoč in izvirne ideje, ki sem jih uporabila pri pisanju dela.

Zahvaljujem se lektorici prof. Luciji Hrženjak, ki je moje diplomsko delo pregledala slovnično in jezikovno.

Posebna pohvala pa gre moji družini za razumevanje in podporo, ki sem ju dobila skozi celotno obdobje šolanja.

## IZJAVA

Študentka Dijana Kovačič izjavljam, da sem avtorica tega diplomskega dela, ki sem ga napisala pod mentorstvom mag. Viktorja Jemca.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

Danes podjetja, ki so del avtomobilske industrije, težijo k bolj popolnim in k bolj sodobnim procesnim korakom, ki ustrezajo ekološkim, ergonomskim in okoljevarstvenim zahtevam ter standardom. Mednarodna konkurenčnost podjetij v Sloveniji in v drugih državah je v zadnjih letih izjemno narasla. Za doseganje stalnih in dolgoročnih izboljšav obstoječih linij in procesnih korakov podjetje nenehno razvija nove aplikacije, usposablja kader in izboljšuje dejanski proces v bolj zanesljiv. Poleg vseh navedenih zahtev so zelo pomembne tudi zahteve kupcev.

V uvodu je predstavljen projekt XL PC-leča z vsemi njegovimi izzivi. Opisani sta posebnosti dvokomponentne polikarbonatne leče in odprtine na lečah. Lotili smo se tudi raziskovanja CAST-folij in definirali folijo v želeno nalepko oziroma etiketo. Predstavljene so vse pomanjkljivosti obstoječega stanja.

V zaključnem delu smo obstoječe stanje izboljšali z nakupom nove dodatne opreme. Izboljšave bodo pripomogle k temu, da bodo procesni koraki združeni v celoto. Samodejni proces podjetju prinese dolgoročno bolj zanesljiv in bolj kakovosten proces. Izdelki bodo imeli natančno nameščene zaščitne etikete. Z izboljšavami bomo v proizvodnji zmanjšali potrebno delovno silo in jo zamenjali s sodobno tehnologijo, s katero bomo imeli konstantni procesni cikel.

## **KLJUČNE BESEDE**

- XL PC-dvokomponentna leča
- Namen odprtine na leči
- Injekcijsko brizganje, lakiranje in sušenje
- CAST zaščitne folije
- Razvoj aplikacije za samodejno namestitev in podajanje nalepk

## **ABSTRACT**

Today companies which are part of the automotive industry are striving for more complete and more modern process steps which correspond ecological, ergonomic and environmental requirements and legal standards. The international competitiveness of companies in Slovenia and other countries has increased tremendously in recent years. To achieve continuous and long-term improvements to existing lines and process steps, the company is constantly developing new applications, training staff and improving the actual process into a more reliable one. In addition to all the above requirements, the requirements of our customers are also extremely important.

The introduction presents the XL PC lens project with all challenges. The specificity of a two-component polycarbonate lens and the specificity of the openings on the lenses are described. We also started researching CAST foils and defined the foil in the desired label. All the shortcomings of the current situation are presented.

In the final part, we will improve the existing situation by purchasing new accessories. Improvements will help bring the process steps together. The automated process brings the company a more reliable and better process in the long run. The products will have the exact placement of the protective labels. With the improvements, we will reduce the workforce in production and replace them with modern technology, with which we will have a constant process cycle.

## **KEYWORDS**

- XL PC two-component lens
- The purpose of the opening on the lens
- Injection molding, varnishing and drying
- CAST protective foils
- Development of an application for automatic installation and labeling

## KAZALO

1 UVOD.....	1
1.1 Predstavitev problema .....	1
1.2 Opis obstoječega stanja.....	2
1.3 Cilji naloge .....	4
1.4 Predstavitev podjetja.....	5
1.5 Predpostavke in omejitve .....	6
1.6 Metode dela .....	6
2 ZNAČILNOSTI POLIMEROV IN PROCESNI KORAKI .....	8
2.1 Polimeri.....	8
2.2 Duroplasti .....	8
2.3 Elastomeri.....	9
2.4 Termoplasti .....	9
2.5 Polikarbonat.....	9
2.6 Splošno o brizganju .....	9
2.6.1 Injekcijsko brizganje PC-leče .....	10
2.6.2 Dvokomponentno brizganje.....	11
3 RAZISKAVA FOLIJ IN PRIDOBIVANJE TESTNIH VZORCEV .....	13
3.1 Statične folije in testiranje vzorcev .....	13
3.2 CAST-folije .....	15
3.3 folije MACTAC in testiranje vzorcev .....	17
3.4 CAST-folija Premium WRAP 970.....	20
3.5 Testiranje vzorcev in definiranje risbe .....	20
3.6 Definirana 2D-risba .....	22
3.7 Kratak pregled in analiza folij .....	24
4 IDEJA O AVTOMATIZACIJI IN NAKUP DODATNE OPREME .....	25
4.1 Industrijski robot IRB 4600 .....	25
4.2 Robotsko prijemalo .....	28
4.2.1 Sestavnica prijemala .....	29
4.3 Naprava z grelniki .....	31
4.3.1 Sestavnica naprave.....	34
4.4 Linearna enota in pomična paleta .....	37
4.4.1 Opis linearne enote .....	38
4.4.2 Sestavnica palete.....	39
4.5 Ščitenje odprtih na XL PC-leči .....	41
4.6 Opis izboljšave polavtomatskega procesa .....	42
4.7 Opis samodejnega procesa in ideje zanj.....	43
4.8 Navodila za uporabo zaslona .....	45
4.9 Navodila za uporabo in vzdrževanje opreme.....	47
5 TABELA S PODATKI IN RISBA TRENUTNEGA STANJA.....	49
6 ZAKLJUČKI.....	50
7 LITERATURA IN VIRI .....	51

## KAZALO SLIK

Slika 1: Izdelek z odprtinami.....	1
Slika 2: Delni prikaz izdelka z dolivki .....	2
Slika 3: Obstoječe stanje .....	3
Slika 4: Podatki o odprtinah.....	6
Slika 5: Opis polimerov.....	8
Slika 6: Prikaz ključnih delov za injekcijsko brizganje .....	11
Slika 7: Statična folija na vzorcu .....	14
Slika 8: Prepustnost statičnih folij .....	15
Slika 9: CAST-folija Mactac .....	16
Slika 10: CAST-Folija 970 .....	17
Slika 11: Testiranje vzorca A na odtise.....	18
Slika 12: Testiranje dimenzije nalepk in odtisov.....	18
Slika 13: Prikaz obstojnosti nalepke pred lakiranjem .....	19
Slika 14: Tehnični podatki o foliji.....	21
Slika 15: 2D-risba nalepke.....	22
Slika 16: Nastavek za teste .....	23
Slika 17: XL PC-leča z zaščitno nalepko .....	24
Slika 18: Analiza prednosti, slabosti in test med statičnimi in CAST-folijami .....	24
Slika 19: ABB robot IRB 4600 .....	27
Slika 20: Robotsko prijemalo za XL PC-lečo.....	29
Slika 21: Prikaz sestave prijemala .....	29
Slika 22: Prikaz sestave prijemala zgoraj .....	30
Slika 23: Naprava z grelniki za točkovno segrevanje .....	32
Slika 24: Keramični grelniki s senzorji.....	33
Slika 25: Samostojna enota za nadzor grelnikov .....	34
Slika 26: Samostojna naprava in orodje z grelniki .....	34
Slika 27: Ogradje ali fixture z grelniki.....	35
Slika 28: Prikaz sestave naprave.....	36
Slika 29: Opis komponent linearne enote .....	38
Slika 30: Opis komponent za varnost .....	38
Slika 31: Pomična paleta .....	39
Slika 32: Dodatni opis palete .....	40
Slika 33: Prikaz distančnika palete .....	41
Slika 34: Varnostna vrata za delno samodejni režim .....	43
Slika 35: Prikaz ideje za avtomatizacijo verzije A .....	44
Slika 36: Prikaz avtomatizacije verzije B.....	45
Slika 37: Prikaz pogoja za samodejni način.....	46
Slika 38: Prikaz zaslona ročnega režima .....	46
Slika 39: Ročni režim za točkovno segrevanje in prisotnost palete .....	47
Slika 40: Metoda TPM .....	48
Slika 41: Končno stanje in koncept B .....	49

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Analiza procesa .....	4
Tabela 2: Specifikacije robota .....	27
Tabela 3: Seznam vseh rezervnih delov za prijemalo .....	31
Tabela 4: Sestavnica grelnikov .....	36
Tabela 5: Sestavnica naprave .....	37
Tabela 6: Sestava linearnega modula .....	39
Tabela 7: Pomična paleta .....	40
Tabela 8: Analiza procesa .....	49



## **POJMOVNIK**

Spot annealing: točkovno segrevanje

Radomi: Sprednja plošča za zaznavo vozila

## **KRATICE IN AKRONIMI**

PC: polycarbonate, polikarbonat

UV: ultraviolet index, indeks ultravijoličnega sevanja

HSS: Hella Saturnus Slovenija

TPM: totaly preventive maintenance, celovito preventivno vzdrževanje

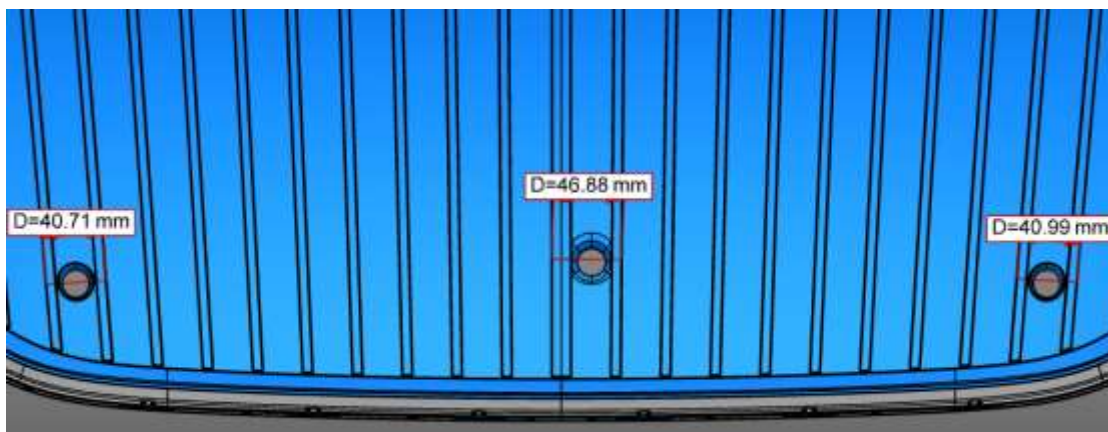
PMMA: polymethylmethacrylate, polimetilmetakrilat

CAST: cast self-adhesive foil, lita in samolepilna folija

PLC: programmable logic controller, programabilni logični krmilnik

## 1 UVOD

V uvodu je opisana posebnost dvokomponentne transparentne polikarbonatne leče. Predstavljen je problem pri projektu, poimenovanem XL PC-leča. Projekt je bil zelo zahteven, saj smo se pri njem soočili z veliko izzivi. Poleg kompleksnosti leče smo istočasno raziskovali ustrezno zaščito za odprtine (slika 1) za kamere in senzorje. Razvijali smo sistem za samodejno podajanje in namestitev nalepk.



Slika 1: Izdelek z odprtinami  
(Lastni vir)

### 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V podjetju, v katerem smo zaposleni že nekaj let, je brizganje dvokomponentne leče nekaj vsakdanjega. A izziv je bil, ko je bilo treba na dvokomponentni leči zaščititi odprtine pred procesom lakiranja. Odprtine na leči so zelo pomembne, saj na končnem izdelku vanje vgradijo kamere in senzorje na maskah vozil. Najprej smo raziskovali ustrezno zaščito za odprtine na polikarbonatni (polycarbonate, PC) leči. Leča je imela tri odprtine. Izziv je bila velikost PC-leče, ki je bila 1150 mm × 360 mm. Ugotovili smo, da odprtine na leči niso enakih dimenzij, kar je bila dodatna težava pri iskanju ustrezne zaščite. Leča je bila transparentna, specifične oblike in površine. Dodatni izziv pri ščitenju odprtin je bil, da zaščita ne sme vplivati na kakovost leče. Leča je dvokomponentna, kar posledično pomeni, da je potreben dodatni proces, ki se imenuje točkovno segrevanje ali spot annealing. Proces je zelo pomemben za kakovost leče, saj z njim zmanjšamo preostale napetosti na površini in povečamo trdoto leče. Proces točkovnega segrevanja leče se izvaja na robu leče. Rob leče (slika 2) se v nekaj sekundah segreje na temperaturo med 250 in 280 stopinj Celzija.



Slika 2: Delni prikaz izdelka z dolivki  
(Lastni vir)

Namen zaščitnih folij na dvokomponentni PC-leči je:

- preprosta uporaba,
- brez odtisov,
- nepropustnost,
- UV-zaščita,
- zaščita pred lakom,
- toplotno odporna do 120 stopinj Celzija,
- preprosta odstranitev.

Najprej smo želeli združiti nekaj procesnih korakov v avtomatizirani ali samodejni proces. Delovno mesto, kjer operater delo izvaja ročno, smo spremenili v avtomatizirani ali samodejni proces. Sčasoma so raziskave pokazale tudi možnost avtomatiziranja procesa podajanja in namestitve folije na PC-leče. Želeli smo združiti naslednje procesne korake v avtomatizirani proces:

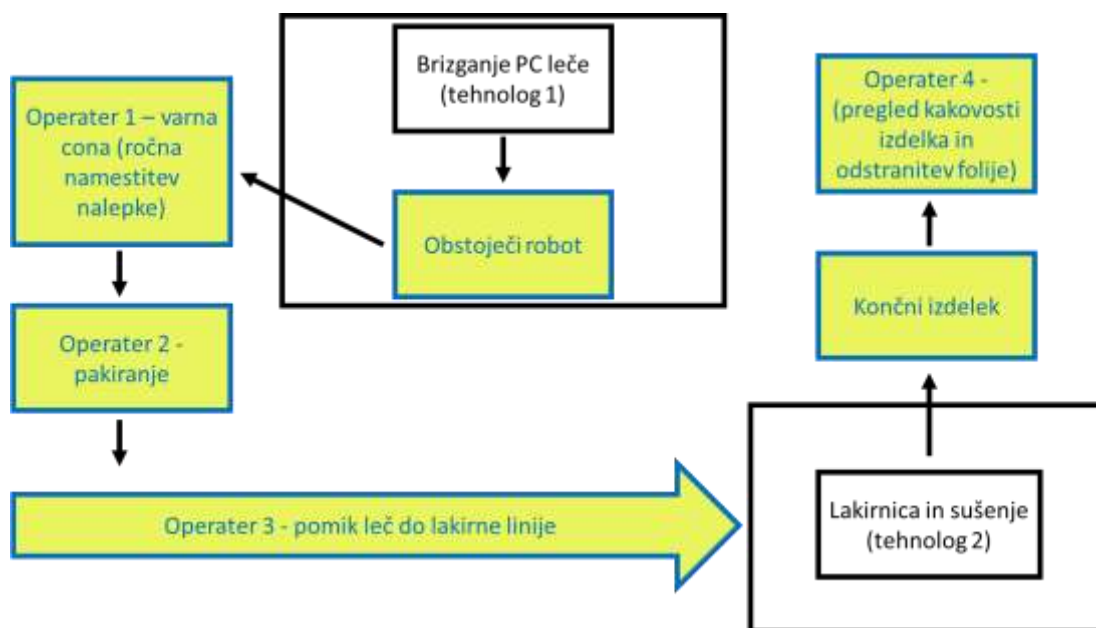
- brizganje dvokomponentne leče,
- namestitve in podajanje zaščitnih folij ali nalepke na lečo,
- točkovno temperiranje,
- pomik leče do lakirne linije,
- zunanje lakiranje leče.

Raziskovali smo tudi obstojnost folij, ker smo imeli idejo, da bi zaščita ostala do končnega izdelka. Zadnji procesni korak je proces sušenja. Po zaključnem procesu je operater tisti, ki naredi natančen vizualni pregled leče. Na tem delovnem mestu lahko operater vzame zaščitne folije z odprtin in jih zavrže na ustrezno mesto. S tem bi podjetje prihranilo pri nakupu dodatne opreme za odstranjevanje zaščitnih folij po takojšnjem procesu zunanjega lakiranja.

## 1.2 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

Procesni koraki v obstoječi celici so bili načeloma zelo preprosti, a so imeli kar nekaj pomanjkljivosti. Cikel je bil časovno neenakomeren. S takšnim procesom nismo dosegali želene količine izdelkov in izmet je bil prevelik. Operaterji niso zagotavljali ponovljivosti in natančnosti pri namestitvi nalepk na vse tri odprtine. Delovni proces

v obstoječi liniji so izvajali štirje operaterji in tehnologi za brizganje in lakiranje. Od opreme smo imeli obstoječi robot, ki vzame izdelek iz brizgalnega orodja in ga postavi v varno cono. V varni coni se leča odloži v namensko ležišče. Operater ima posebni nastavek, ki je prilagojen po obliki in velikosti odprtin. Z nastavkom namesti in vtisne nalepke na odprtine. Zaradi natančnosti položaja nalepk operater namesti vsako nalepko posebej in odloži izdelek na odlagalno mesto. Pakiranje izdelkov opravlja naslednji operater. Logistični oddelek poskrbi za pomik izdelkov do lakirne linije. Dostavljeni izdelki gredo skozi lakirno linijo, kjer se izvedeta zunanje lakiranje izdelkov in sušenje skozi sušilno komoro. Lakirna in sušilna komora sta v istem oddelku in nista ločeni. Ločujejo ju vrata, ki se po končanem lakiranju odprejo. Izdelki potujejo obešeni na pomičnem traku od lakiranja do sušilne komore. V lakirnici se izdelek zunanje polakira z namenskim lakom. Namen lakiranja je boljša kakovost in daljša obstojnost zunanosti leče, saj lak ščiti lečo pred UV-žarki, mehanskimi poškodbami in pred drugimi vremenskimi vplivi. Postopek lakiranja traja od 60 do 120 sekund, odvisno od izdelka in zahtev. Proces sušenja izdelkov traja približno 20 minut in se izvaja pri temperaturi 120 stopinj Celzija. Po končanem sušilnem procesu pridejo izdelki na pregled. Pregled kakovosti izdelkov izvaja zadnji operater, ki najprej odstrani vse tri nalepke z odprtin in jih zavrže v smeti. Pregled kakovosti se izvaja v zelo svetlem in čistem prostoru. Operater ima posebno lučko, s katero lahko pregleda območje odprtin in naredi natančen pregled izdelka. V primeru, da izdelek ne ustreza kakovosti, ga operater izloči in odloži v zaboj, namenjen za izmetne kose. Kakovostno ustrezne izdelke se spakira v primerno embalažo, ki zagotavlja brezhibno logistično pot. Slika 3 prikazuje vrstni red procesnih korakov in število oseb, vključenih v obstoječi proces.



Slika 3: Obstoječe stanje  
(Lastni vir)

Z opisanim stanjem naša skupina ni bila zadovoljna, ker nismo bili v okviru splošnih zahtev Helle Saturnus Slovenija (HSS). Ob proizvodnji smo zbirali podatke (tabela 1) o količini dobrih in slabih izdelkov ter merili procesni cikel. Procesni cikel je bil predolg, operater ni dosegal zahtevanih konstantne enake pozicije in tolerance nalepk na odprtinah na leči, da bi bili izdelki kakovostni. Izmetnih kosov je bilo 8 odstotkov na dan. S takšnim procesom nismo proizvajali zahtevane količine, in zato nismo zadovoljili zahtev naših kupcev.

<b>Procesni cikel od brizganja do lakirne linije</b>	6 minut
<b>Udeleženci v procesu</b>	4 operaterji in 2 tehnologa
<b>Proizvajanje izdelkov na dan</b>	240 izdelkov
<b>Zahtevana količina izdelkov na dan</b>	600 izdelkov
<b>Izmet na dan</b>	7–8 %

*Tabela 1: Analiza procesa*  
(Lastni vir)

### 1.3 CILJI NALOGE

Namen diplomskega dela je uvesti samodejno ščitenje odprtín na PC-lečah za potrebe lakiranja v podjetju Hella Saturnus Slovenija, raziskati folije in razviti novo aplikacijo, ki se bo uporabljala v oddelku za proizvodnjo plastičnih komponent. S folijo ščitimo leče do procesa zunanjega lakiranja in procesa sušenja, kjer lahko temperature dosežejo do 120 stopinj Celzija. Opisali smo posebnost dvokomponentnih transparentnih PC-leč in proces točkovnega segrevanja.

Cilji diplomskega dela so naslednji:

- avtomatska manipulacija s kosi iz brizgalnega stroja na namensko postajo za ščitenje lukenj na PC-lečah;
- opis problematike zaščite na transparentnih lečah;
- posebnost dvokomponentne transparentne PC-leče;
- proces točkovnega segrevanja;
- raziskava folij na trgu;
- predstavitev in uporaba zaščitnih folij;
- avtomatiziranje procesa podajanja in namestitve folije na PC-leče;
- samodejno odlaganje leč na linearni pomični sistem;
- samodejni prihod leče do lakirne linije.

## 1.4 PREDSTAVITEV PODJETJA

Za obravnavano temo diplomskega dela smo se odločili, ker smo delali pri projektu, pri katerem smo obravnavali problem ščitenja odprtin za kamere in senzorje na maskah vozil. Poiskati je bilo treba ustrezno zaščito odprtin pri procesu lakiranja na transparentnih lečah ter uvesti popolno avtomatizacijo vseh procesnih korakov. Projekt smo poimenovali XL PC-leča. Leča je bila zelo dolga in je imela specifično obliko.

V podjetju Hella Saturnus Slovenija smo zaposleni že nekaj let. Hella je globalno gledano eden izmed največjih mednarodnih proizvajalcev svetlobne opreme. Samo v Evropi ima devet tovarn. Ena izmed njih se nahaja v Sloveniji, kjer obratuje na dveh lokacijah, in sicer ena je v Ljubljani in druga v Kamniku. Podjetje Hella Saturnus Slovenija je bilo ustanovljeno leta 1921 v Ljubljani. Danes ima več kot 2000 zaposlenih. Proizvodnja je razdeljena na pet internih tovarn; te so proizvodnja komponent, proizvodnja žarometov in LED-modulov, proizvodna linija sprednjih plošč radomov, oddelek za proizvodnjo elektronskih tiskanih vezij in proizvodnja malih DRL-svetilk ter meglenk.

Podjetje v Ljubljani ima stoletno tradicijo. V času obstoja ljubljanskega podjetja se je svetlobna oprema izjemno razvila, ne samo v smeri industrije 4.0, podjetje je usmerjeno tudi v razvoj novih sodobnih aplikacij. Podjetje želi v prihodnosti proizvajati žaromete, radarje z logotipnimi pokrovi s kamero in zaslonom ter dodati vso drugo sodobno tehnologijo (radomi), ker želi slediti tržnim trendom in zahtevam svojih kupcev. Letna proizvodna zmogljivost tovarne v oddelku žarometov v Ljubljani znaša 2,1 milijona izdelkov in 3,1 milijona sprednjih plošč radomov.

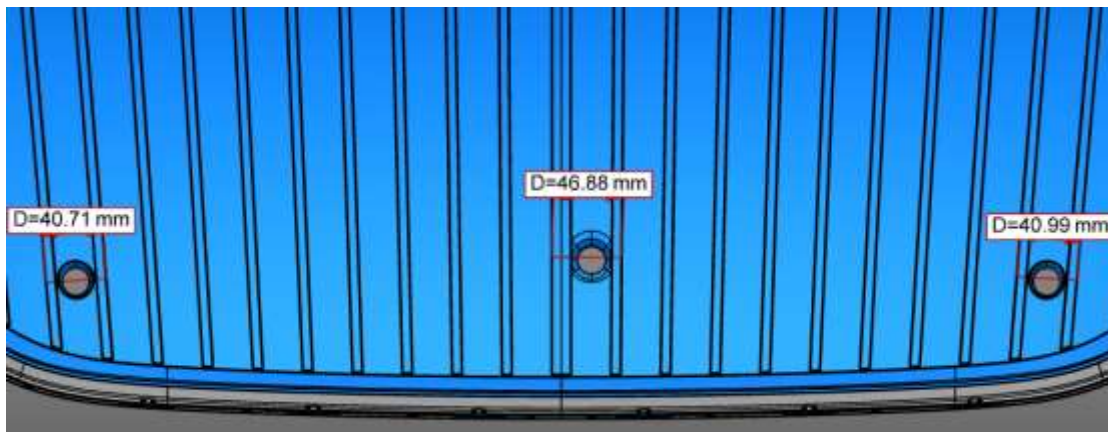
Razvoj in proizvodnja:

- izdelkov za notranjo osvetlitev,
- pomožnih svetil,
- svetlobnih preprog,
- modulov in komponent,
- radomov.

Podjetju zaupajo največji svetovni proizvajalci avtomobilov: Renault, BMW, VW, Nissan, Lamborghini, Porsche, Volvo in številni drugi. V zadnjih letih so v podjetju nenehno nadgrajevali obstoječe programe in razvijali področje brizganja dvokomponentnih in trokomponentnih izdelkov.

Tovarna je dobila izziv s projektom XL PC-leče, pri čemer je bilo treba poiskati ustrezno zaščito za odprtine (slika 4) in avtomatizirati proces podajanja leč in namestitve zaščitnih folij. Za raziskave in testiranje vzorcev folij na vzorčnih kosih smo porabili nekaj mesecev, preden smo lahko definirali zaščito. Potem ko smo

definirali zaščito, smo se lotili razvoja aplikacije za samodejno podajanje in namestitev nalepk na odprtine. XL PC-leča je projekt, poln izzivov, saj so procesni koraki obširni in kompleksni. Prvi korak je brizganje dvokomponentne leče in zaščita treh odprtin na spodjem delu leče. V naslednjem koraku se izvaja točkovno segrevanje leče. Sledita še proces zunanjšega lakiranja in proces sušenja leče. Na sliki 4 so navedeni podatki o velikosti odprtin na leči in minimalna razdalja odprtin od reber leče, ki jih je bilo treba zaščititi z nalepko.



Slika 4: Podatki o odprtinah  
(Lastni vir)

## 1.5 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Za testiranje smo uporabili različne vzorce. S testiranjem vzorcev smo definirali primerno zaščito za odprtino na polikarbonatni leči. Iskali smo obstojno zaščito, ki bo zmožna ščititi lečo do končnega izdelka. Potem ko smo izbrali folijo, smo se lotili koncepta za samodejno podajanje in namestitev folije ter za manipulacijo z lečami preko pomičnega sistema do lakirne linije. Testirali smo ustreznost folije v procesu zunanjšega lakiranja in odpornost folije v procesu sušenja leč. Za avtomobilsko industrijo je zelo pomemben razvoj posameznih procesov v avtomatizirani ali samodejni proces, saj ta dolgoročno prinese podjetju več prihrankov.

## 1.6 METODE DELA

Pri izdelavi diplomskega dela smo uporabili tri metode:

- opisno metodo,
- primerjalno metodo,
- raziskovalno metodo.

V teoretičnem delu smo opisali problem pri projektu in z risbo predstavili obstoječo linijo. Risba vsebuje podatke o dejanskem stanju in o številu oseb, vključenih v

proces. Pomagali smo si z interno in strokovno literaturo ter z ugotovitvami, izpeljanimi iz podatkov, pridobljenih pri testiranju vzorcev iz podjetja. Pri raziskovalnem delu smo opisali testiranje folij in vse ugotovitve na testiranih izdelkih. Testirali smo vzorce že obstoječih projektov v HSS-u. Ker nismo imeli na razpolago XL PC-leče, smo najprej izvajali teste na izdelkih, ki imajo eno odprtino, pozneje pa še na dejanski polikarbonatni leči s tremi odprtinami. Naredili smo analizo testiranj. Testirali smo vzorce A, B in C. Testiranje smo izvajali v HSS. Potem ko smo v celoti definirali nalepko, smo delali še na konceptu avtomatizirane linije in opisali postopek nakupa opreme. Za primerjavo smo uporabili koncept delovanja obstoječe in samodejne linije. Primerjali smo vse podatke iz obstoječe linije in pridobljene podatke z nakupom nove dodatne opreme. Narisali smo izboljšano linijo in analizirali nove podatke. Vse procesne korake smo združili v celoto do končnega izdelka.



## 2 ZNAČILNOSTI POLIMEROV IN PROCESNI KORAKI

### 2.1 POLIMERI

Polimere lahko s tehnološkega vidika razdelimo v dve skupini (slika 5): na naravne in na sintetične polimere, ki jih dobimo v umetnih kemičnih reaktorjih. Polimere s tehnološkega vidika glede na obnašanje segrevanja in preoblikovanja molekularnih verig lahko razdelimo na:

- duroplaste,
- elastomere,
- termoplaste.

Polimeri so sestavljeni iz monomerov, v katerih atomi ogljika tvorijo močno kemično vez z drugimi elementi v obliko polimernih verig. Razlikujejo se po stopnji zamreženosti strukturnih enot, ki vplivajo na mehanske in druge fizikalne lastnosti umetnih mas. Na sliki 5 je prikazana delitev naravnih in sintetičnih polimerov z najpogostejšimi predstavniki (Kisin, 2011).

NARAVNI POLIMERI	SINETIČNI POLIMERI (Umetno pridobljeni v kemičnih reaktorjih)			
Celuloza	<b>Termoplasti</b> (polimeri, ki se pri povišani temperaturi talijo, ter zmeščajo - možnost regeneracije)	<b>Duroplasti</b> (pri segrevanju se zamrežijo v visoke molekule - regeneracija odpada ni možna)	<b>Elastomeri</b> (elastični pri večji temperaturi, ter imajo zamreženo strukturo pri temperaturnih obremenitvah)	
Naravna svila				
Volna				
Kazein				
Beljakovine	<b>Amorfni</b>	<b>Delno kristalinični</b>	<b>Amorfni</b>	<b>Amorfni</b>
Škrob	PVC	LDPE	Fenolna smola	Kloroprenkavčuk
Naravni kavčuk	PS	HDPE	Melamin	Stirolbutadienkavčuk
Naravne smole	ABS	PP	Poliester	
	SAN	POM	Epoxid smola	
	PMMA	PBT	Urea smola	
	PC	PET	Poliuretan	
		PA		

Slika 5: Opis polimerov  
(Vir: Dežman, 2017)

### 2.2 DUROPLASTI

Duroplasti so polimeri oziroma skupina umetnih mas, sestavljenih z močno zamreženo molekulsko verigo. Pri zelo visokih temperaturah lahko razpadejo in pri ponovnem segrevanju jih ni možno ponovno preoblikovati ali reciklirati. Njihova uporaba je večnamenska. Uporabljajo se v gradbeništvu, v ladjedelništvu,

elektrotehniki in elektroniki ter večnamensko v strojništvu. Duroplasti se ne varijo, preoblikujemo jih z ulivanjem ali s taljenjem.

## 2.3 ELASTOMERI

Elastomeri so skupina umetnih mas. So polimeri, ki so sestavljeni s šibko zamreženo molekulsko verigo. S temperaturno obremenitvijo prihaja do razpada molekulskih verig in regeneriranje ni možno. Možnost plastične deformacije pri elastomerih je velika in po razbremenitvi so se sposobni vrniti v začetni položaj.

## 2.4 TERMOPLASTI

Termoplasti so polimeri. So skupina umetnih mas, sestavljeni so z močno zamreženo molekulsko verigo. V strojništvu so zelo pomembni, saj imajo sposobnost, da pri temperaturnih obremenitvah spremenijo obliko in se zmeščajo oziroma stalijo. Pri ohlادitvi jih lahko ponovno segrejemo in preoblikujemo v isto ali drugo obliko. Njihov odpad lahko regeneriramo v celoti in preoblikovalni postopek lahko večkrat ponovimo. Termoplaste delimo na amorfne in delno kristalinične. V avtomobilski industriji uporabljamo termoplaste in jih s postopkom brizganja preoblikujemo v želeno obliko in velikost (Kisin, 2010).

## 2.5 POLIKARBONAT

Polikarbonat je vrsta sintetičnega polimera in spada v skupino amorfnih termoplastov. Polikarbonat ima veliko uporabnost v industriji in zanj lahko rečemo, da je inženirski polimer. Običajno se uporablja v avtomobilski industriji, ker se lahko primerja s steklom.

Polikarbonat ima odlične značilnosti, kot so (Resinex, 2022):

- transparentnost ali prozornost,
- UV obstojen,
- toplotno odporen,
- negorljiv,
- žilav,
- preoblikovanje pri temperaturnih obremenitvah,
- z dodajanjem aditivov ima spodobnost izboljšanja svojih lastnosti,
- preoblikuje se lahko s postopkom brizganja in z ekstrudiranjem.

## 2.6 SPLOŠNO O BRIZGANJU

Postopek, ki se uporablja za preoblikovanje materialov iz umetnih mas, se imenuje brizganje. Proces brizganja se izvaja z brizgalnim strojem, imenovanim brizgalke. Za

preoblikovanje umetne mase se najbolj pogosto uporabljata postopek brizganja in ekstrudiranja. Proces preoblikovanja termoplastičnih mas uporabljamo za masovno in serijsko proizvodnjo izdelkov. Stroji so sestavljeni iz brizgalne in zapiralne enote. Orodje se nahaja med omenjenima enotama in ima kalup, ki je natančna kopija izdelka.

Postopek brizganja ima tri pomembne faze, ki so:

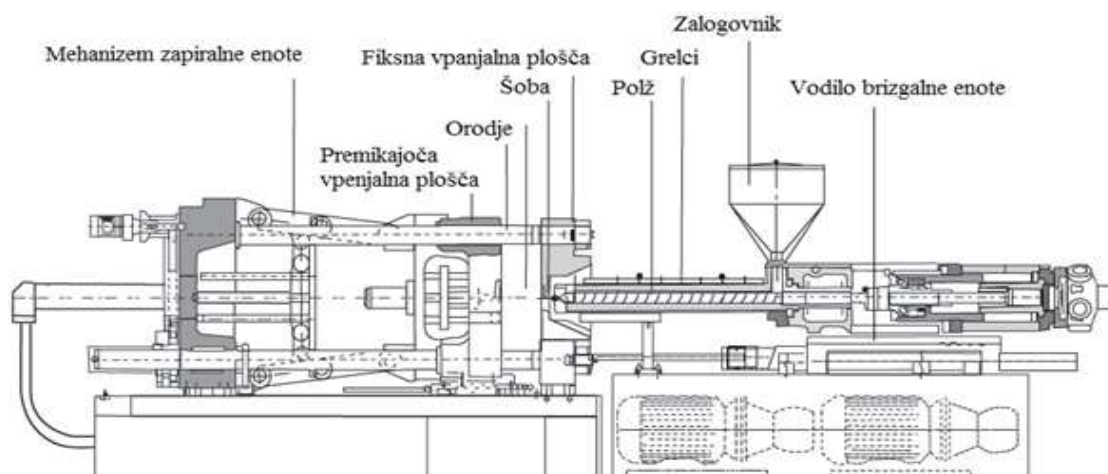
1. segrevanje,
2. oblikovanje,
3. hlajenje.

Tehnologije preoblikovanja termoplastov so (Laboratorij za preoblikovanje, 2022):

- injekcijsko brizganje,
- brizganje s plinom,
- termoformiranje,
- ekstrudiranje,
- pihanje.

### **2.6.1 INJEKCIJSKO BRIZGANJE PC-LEČE**

Injekcijsko brizganje omogoča serijsko in masovno proizvodnjo bolj zahtevnih in večjih kosov. V avtomobilski industriji se danes uporablja večinoma injekcijsko brizganje (slika 6), ker lahko s tem postopkom dosegamo izjemne dimenzijske tolerance pri izdelkih. Polikarbonat skupaj z aditivi se odlično obnaša pri temperaturnih obremenitvah in je eden izmed najbolj primernih polimerov, ki se uporabljajo za izdelavo kakovostnih leč. Z injekcijskim brizganjem lahko brizgamo eno- in dvokomponentne izdelke. Na sliki 6 je prikaz sodobnega stroja za brizganje in njegovih pomembnih delov (Dežman, 2017).



Slika 6: Prikaz ključnih delov za injekcijsko brizganje  
(Vir: Dežman, 2017)

## 2.6.2 DVOKOMPONENTNO BRIZGANJE

Dvokomponentno brizganje je proces, pri katerem brizgamo izdelke z dvema različnima materialoma ali barvama. Za nekatere izdelke je potrebno brizganje v dveh korakih. Z dvokomponentnim brizganjem se lahko dva plastična materiala, dve različni barvi ali dve različni trdoti predelata v en končni izdelek. Prednosti dvokomponentnega brizganja so predvsem pri stroškovnih prihrankih, odličnih oblikovalnih značilnostih in estetskih prednostih posameznih izdelkov. Prelivanje plastike in dvokomponentno brizganje sta podobna postopka; plastično prelivanje se uporablja za običajen stroj za brizganje z eno šobo za proizvodnjo dveh vrst plastičnih delov, medtem ko se za dvokomponentno brizganje uporablja stroj za brizganje dvokomponentnih visokokakovostnih izdelkov (Vir: GL Plastics, 2022).

### Zunanje lakiranje leč in namen

Klasični proces lakiranja je precej uporabljen v avtomobilski industriji in se lahko uporablja v različnih oblikah. Namen laka je, da izdelki ohranijo kakovost, barvo in sijaj, da so bolj prepustni za svetlobo in da ščiti izdelke pred vremenskimi vplivi. Lake lahko glede na obliko razdelimo na tekoči lak, trden material in pastozne izdelke. Ločimo pa jih še v:

- sintetične,
- lake z voščeno podlago,
- lake z vsebino abrazivnih snovi.

Vrsta laka in proces lakiranja sta lahko različna. Odvisna sta od posameznega podjetja, vrste izdelka in kupčevih zahtev. Glede na raziskave se danes v avtomobilski industriji večinoma uporablja tekoči lak za trde materiale. Danes je

najdražja uporaba tekočega laka za zaščitni nanos na polikarbonatne leče. Ta metoda se lahko uporablja za bolj ravne površine. V serijskem procesu se uporablja trden material. Trdi premazi, kot sta polikarbonat in polimetilmetakrilat (PMMA), nudijo odlično zaščito in pomagajo podaljšati zunanjo obstojnost in zmogljivost plastike.

Glavne značilnosti laka so:

- velika odpornost na praske in obrabo,
- izjemna odpornost na kemikalije,
- toplotna odpornost,
- preprosto čiščenje,
- dolgotrajna vremenska odpornost.

Prednosti lakiranih izdelkov so naslednje (Momentive, 2022 ):

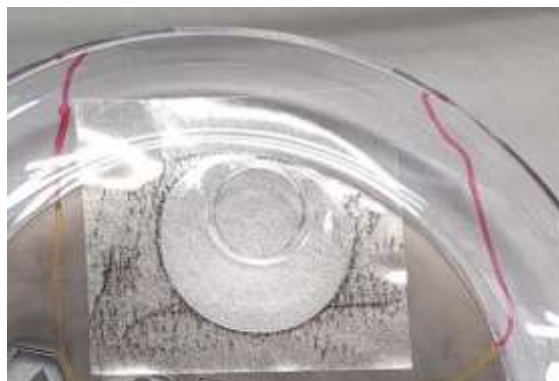
- ohranjajo barvo in sijaj,
- odlična prepustnost svetlobe,
- dobre fizikalne lastnosti,
- večja odpornost proti različnim vremenskim vplivom,
- zaščita pred UV-žarki,
- dolgoročno brežhibne izdelke,
- lak ščiti pred nalaganjem umazanije.

## 3 RAZISKAVA FOLIJ IN PRIDOBIVANJE TESTNIH VZORCEV

Pri iskanju dobaviteljev folij smo najprej želeli raziskati slovenski trg. Obiskali smo skoraj vse dobavitelje, ki ponujajo in proizvajajo raznolik nabor folij za različne namene. Pri dobaviteljih smo predstavili problem projekta in razložili namen folij za odprtine. Upali smo, da nam bodo dobavitelji svetovali in pomagali poiskati namensko zaščitno folijo. Izkazalo se je, da noben dobavitelj še ni imel niti izkušnje s tem niti podobne zahteve. Pri dveh dobaviteljih smo dobili nekaj bolj konkretnih odgovorov, in sicer da naj poskusimo zaščititi odprtine s statičnimi folijami, statičnimi samolepilnimi folijami ali univerzalnimi folijami za enkratno uporabo. Nismo dobili nobenih zagotovil, da bodo folije ustrezale našim zahtevam in ponujale ustrezno zaščito proti zunanjemu lakiranju. Dobavitelji so nam ponudili nekaj manjših testnih kosov, da bi lahko naredili teste na vzorcih v HSS-u. Testni vzorci so bili premajhni, zato smo kupili dodatne folije, s katerimi smo naredili teste na določeni količini izdelkov. Teste smo opravili na vzorčnih testnih izdelkih, ki so bili že obstoječi podobni projekt v HSS-u, a z eno odprtino. Nakup statičnih folij je preprost, saj so dostopne v vsaki prodajalni in po dostopnih cenah. Obstajajo različni modeli, klasični in sodobni, ter različnih dimenzij in barv.

### 3.1 STATIČNE FOLIJE IN TESTIRANJE VZORCEV

Statična folija je običajno transparentna in se preprosto nanese na želeno površino. Za namestitev ne potrebujemo lepila, ker se s pomočjo elektrostatike prilepi oziroma prime na površino. Uporablja se lahko večkrat ali je za enkratno uporabo. Pri namestitvi te folije ne nastajajo mehurčki in odtisi. Folije so na voljo po dostopnih cenah, razlikujejo se po debelini in vrsti proizvajalca. V navodilih za uporabo so navedene naslednje specifikacije: odpornost na praske, imajo 95-odstotno UV-zaščito in so preproste za uporabo. Folija (slika 7) se nanese na čisto površino izdelka. Sproti jo lahko narežemo po želeni obliki in velikosti. V podjetju smo bili na začetku omejeni, ker nismo imeli brizgane XL PC-leče. Zato smo bili prisiljeni izvajati teste na podobnih že obstoječih projektih, ki so imeli le eno odprtino. Na sliki 7 je prikazan prvi testni vzorec z eno odprtino.



*Slika 7: Statična folija na vzorcu  
(Lastni vir)*

Teste smo izvajali na brizganih kosih z eno odprtino. Občasno smo zaradi pomanjkanja vzorcev teste izvajali tudi na že polakiranih vzorcih. Testiranje vzorcev smo izvajali v orodjarni, kjer smo imeli na voljo vso potrebno opremo za takšno vrsto testiranja folij. Uporabili smo dve vrsti folij, statično folijo za večkratno uporabo in statično folijo za enkratno uporabo. Folijo smo ročno narezali na različne dimenzije in jo ročno namestili na odprtino vzorca. Da bi ugotovili dejansko temperaturno obstojnost in ustrezno oprijemljivost folije, smo na folijo pihali topli zrak z navadnim industrijskim grelnikom. Industrijski grelnik ima več možnosti temperaturnih nastavitvev, temperatura pri testnih vzorcih ni presegla temperature 50 stopinj Celzija. Pri nameščanju folij smo uporabljali rokavice, da bi se izognili prstnim odtisom. Izdelali smo posebni plastični nastavek po dimenzijah odprtine in z njim naredili dodatni vtisk v odprtino. Prostor, kjer smo izvajali teste, je bil čist in dobro osvetljen. Po nekem številu testnih vzorcev smo s testiranjem ugotovili, da statične folije niso dovolj dobra zaščita, ker ne zagotavljajo zahtevane temperaturne obstojnosti, oprijemljivosti na odprtini in ustrezne zaščite pred zunanjim lakiranjem. Ugotovili smo, da folija sicer ima oprijem, a je oprijemljivost popustila pri večjih temperaturnih obremenitvah. Na vzorcu (slika 8) je razvidno, da folija ni zagotavljala dovolj dobre zaščite pred lakiranjem. Folija je bila neustrezna in ni zadovoljila vseh potreb in zahtev projekta XL PC-leče.



*Slika 8: Prepustnost statičnih folij  
(Lastni vir)*

### **3.2 CAST-FOLIJE**

Lite samolepilne cast self-adhesive foil (CAST) so bolj znane folije, ki se po navadi uporabljajo pri različnih proizvajalcih na vozilih kot zaščitna folija proti laku. S to folijo lahko zaščitimo vozilo v celoti ali samo območja, ki jih ne želimo lakirati. Splošna značilnost folij je, da so lahko obstojne nekaj let pri različnih vremenskih vplivih in da zdržijo velike temperaturne obremenitve. Na spletu smo iskali dobavitelje z večjo količino folij. Najprej smo obiskali skladišče Pako v Sloveniji, kjer so nam dali nekaj vzorcev folij za testiranje. Ponudili so nam folijo Mactac CAST. V skladišču imajo raznoliko izbiro folij različnih vrst in barv. Folije lahko razlikujemo glede na proizvajalca, barvo in različne dimenzije. Nato smo bili v prodajalni Oracal v Ljubljani, kjer nam je proizvajalec ponudil CAST-folijo Premium Wrap rumene barve. Na slikah 9 in 10 so navedeni podatki o foliji in o proizvajalcu.





*Slika 9: CAST-folija Mactac  
(Lastni vir)*



Slika 10: CAST-Folija 970  
(Lastni vir)

### 3.3 FOLIJE MACTAC IN TESTIRANJE VZORCEV

Folije Mactac so samolepilne folije in so primerne za notranjo in zunanjo uporabo. Dostopne so na spletu ali se jih lahko naroči pri proizvajalcih, ki se ukvarjajo z lakiranjem avtomobilov. Namenjene so za enkratno uporabo. Te folije so nekoliko dražje; metrski vzorec lahko stane do 60 evrov, odvisno od vrste folije. Dobavljive so lahko v vsaki barvi in obstaja več vrst te folije.

Pomembna ugotovitev pri raziskavi teh folij je, da obstajajo take, ki so dolgo obstojne in ki imajo zaščito pred UV-žarki. V navodilih za uporabo so samolepilne folije Mactac specificirane glede na UV-odpornost, namestitvev, ki je hitra in preprosta, ter temperaturno odpornost, ki je do 100 stopinj Celzija.

Pri testiranju folij smo hitro ugotovili, da je namestitev na želeno površino zelo preprosta, enako odstranitev. Ročno smo narezali takšne kvadratke, da pokrijejo odprtino. Pri segrevanju z grelnikom smo opazili, da ima folija še boljši oprijem na vzorcih in vtisk nalepke v odprtino je preprost, ker je nalepka pri temperaturnih obremenitvah postala še bolj elastična (slika 11). To pomeni, da je oprijemljivost folije pri večjih temperaturah boljša in vtisk v notranjost odprtine bolj preprost. Naslednji test je bil test namestitve nalepke na prozorno površino, da bi lahko ugotovili, ali nalepka pusti odtise (slika 12). Potem ko smo testirali 50 vzorcev, smo naredili analizo in dobili podatke, da folija ne pušča sledi lepila.



*Slika 11: Testiranje vzorca A na odtise  
(Lastni vir)*



*Slika 12: Testiranje dimenzije nalepk in odtisov  
(Lastni vir)*

Nato smo se lotili testiranja ščitenja odprtin pred zunanjim lakiranjem ter sušenja vzorcev v sušilni komori pri temperaturah pri 120 stopinjah Celzija. Po testiranju smo ugotovili, da je nalepka v procesu lakiranja obstojna (slika 13), a da so pri sušenju nastale manjše razpoke na foliji. Skupaj smo testirali 120 vzorcev z eno in s tremi odprtinami.



*Slika 13: Prikaz obstojnosti nalepke pred lakiranjem  
(Lastni vir)*

### 3.4 CAST-FOLIJA PREMIUM WRAP 970

Folija CAST 970 je visokozmogljiva polivinilkloridna (PVC) folija, narejena za ovijanje avtomobilov brez potrebe po zgornji laminaciji. Na voljo je v različnih barvah in debelinah z visokim sijajem ali matiranim zaključkom. Folija ima visoke tehnološke standarde in posebno lepilo, ki omogoča oprijem na lakirane površine in tudi na neravne površine. Tehnologija rapair omogoča hitro in preprosto uporabo brez uporabe zraka, tudi za večje aplikacije. Tudi odstranitev folije je zelo preprosta. Odstranimo jo lahko ročno ali z ustrezno opremo, odvisno od velikosti ovite površine. Iz tehničnih podatkov smo ugotovili, da je nalepka odporna na temperature do 120 stopinj Celzija. Gre za inženirsko folijo, saj ima precej visoke zmogljivostne tehnološke standarde. Folija je dostopna v posebnih prodajalnah, nakup je mogoč tudi na spletu. Na slovenskem trgu je ena izmed najdražjih folij, ki se uporablja za ščitenje nelakiranih ali lakiranih površin.

### 3.5 TESTIRANJE VZORCEV IN DEFINIRANJE RISBE

Po nakupu petmetrskega vzorca CAST-folije smo se lotili testiranja in analize specifične folije. Ker smo že nekaj mesecev izvajali testiranja, ki niso dala zadovoljivih rezultatov, in ker še vedno nismo imeli definirane nalepke, smo bili v časovni stiski. Poiskati je bilo treba hitro rešitev in hitro analizirati podatke o testiranjih. Testiranje smo izvajali v oddelku za lakiranje. Pri testiranjih smo uporabili industrijski grelnik, da smo lahko folijo segreli na 50 stopinj Celzija. Vtisk folije v odprtino smo izvajali s posebnim nastavkom. Prvo testiranje je potekalo s 50 vzorci. Testiranje smo izvajali na liniji, kjer smo ročno namestili folije in poskrbeli, da gredo izdelki čez vse procesne korake. Na končni postaji smo naredili natančen pregled izdelkov. Pri analizi vzorcev in pri preverjanju zahtev smo dobili pozitivne odgovore, saj je folija ustrezno zaščitila lečo, zato smo se odločili, da testiranje ponovimo z dodatno količino vzorcev. Naslednje testiranje smo naredili na dodatnih 100 kosih. Po koncu testiranja smo imeli 150 testnih vzorcev z zadovoljivo analizo in kakovostni izdelek. Pri izbiri velikosti in pri definiranju folije v nalepko smo naredili dodatni test. Na podlagi testiranih vzorcev smo ugotovili, da se je folija, ki smo jo ročno rezali na kvadrate, ob segrevanju deformirala, torej ima sposobnost preoblikovanja. Preoblikovanje nalepke je bilo pomembno, ker smo želeli zapreti odprtino, ne da bi uničili nalepko. Nalepka je imela dober oprijem na XL PC-leči in smo z njo lahko zagotovili 99-odstotno zaščito pred zunanjem lakiranjem. Naloga nalepke je preprečiti nanos laka v spodnji del ali notranjost leče. S tem testom smo definirali velikost, obliko, radij in folijo. Na osnovi analiz in testiranj smo imeli vse podatke, kakšno nalepko potrebujemo. Potrebovali smo nalepko kvadratne oblike velikosti 50 mm × 50 mm. Ko smo imeli definirano velikost, obliko in radij, smo definirali še minimalni razmak med nalepkami, ki je znašal 4 mm. Zbrali smo vse podatke in jih posredovali oddelku za izdelavo 2D-risbe. Potem ko smo imeli definirano risbo, smo poslali povpraševanje za izdelavo koluta. Kolut smo

potrebovali za nakup in testiranje opreme in ideje za samodejno podajanje in namestitve nalepk. Na sliki 14 so navedeni tehnični podatki o foliji dobavitelja.

ORACAL® 970RA  
Premium Wrapping Cast

Technical  
Datasheet  
2021/17  
Page 1 of 2

**Description**  
Multi-layered, high performance cast PVC film, engineered to the highest technological standards. Designed for car wrapping applications, without the need for top lamination. It is available in many colours, with a high glossy or matt finish. Super matt finish available in black. Specially developed for complete car wrapping. The *RapidAir*® technology enables easy and quick application, without air inclusion, especially in large scale applications. Entrapped air can be easily removed by smoothing it out under the film. The special adhesive enables adhesion onto lacquered surfaces, as well as onto uneven and corrugated surfaces and rivets and corrugations. The applied material is easy to remove with the appropriate equipment.

**Release Paper**  
Double sided PE coated *RapidAir*® paper, one side siliconised, 145 g/m<sup>2</sup>

**Adhesive**  
Solvent polyacrylate, re-positionable, permanent, transparent

**Technical Data**

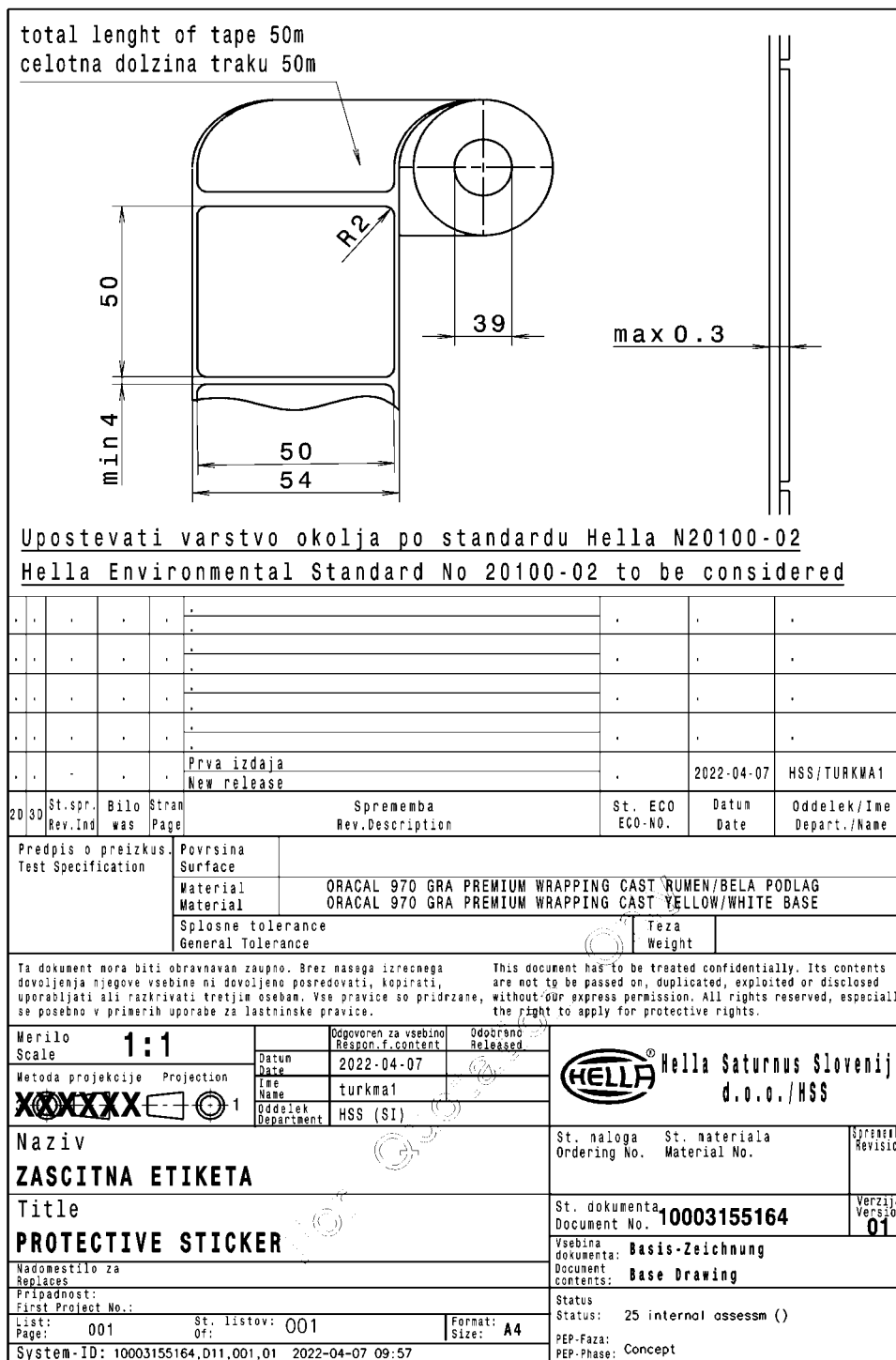
<b>Thickness*</b> (without paper and adhesive)	110 micron
<b>Dimensional stability</b> (FINAT TM 14)	Adhered to steel shrinkage 0,1 mm max.
<b>Temperature resistance**</b>	Adhered to aluminium, -50° C to +120° C, no variation
<b>Sea water resistance</b> (DIN EN ISO 9227)	Adhered to aluminium, after 100h/35° C, no variation
<b>Marine: Below- and above water resistance</b> (BS 5609, Section 2)	Certified
<b>Resistance to solvents and chemicals</b>	At room temperature, 72h after adhesion to aluminium, short-term resistant to most oils and greases, fuels, aliphatic solvents, weak acids, salts and alkalis
<b>Adhesive power*</b> (FINAT TM 1, after 24h, stainless steel)	16 N/25 mm
<b>Tensile strength</b> (DIN EN ISO 527)	Along: min. 21 MPa Across: min. 21 MPa
<b>Elongation at break</b> (DIN EN ISO 527)	Along: min. 150% (metallic: 120%) Across: min. 150% (metallic: 120%)
<b>Shelf life***</b>	2 years
<b>Application temperature</b>	> +15° C
<b>Maximum service life ***** (for application onto vehicles the maximum durability stated is valid; for application onto all types of watercrafts, the durability stated in brackets is valid)</b>	Black, white: 12 (10) years Coloured: 10 (8) years Metallic: 5 (4) years Copper, Orient brown metallic, Bronze, Pyrite, Graphite metallic, Red gold L metallic and Nacre: 3 (2) years

\* average \*\* sort-term exposure \*\*\* in original packaging, at 20° C and 50% relative humidity  
\*\*\*\*\* maximum service life when applied by a specialist, and with the proper maintenance and care. Vertical outdoor weathering and central European climate. The actual and expected service life is determined by the environmental conditions, as well as pre-treatment of the substrate and regular maintenance. For more information, please visit [www.orafol.com/gp/europe/en/support](http://www.orafol.com/gp/europe/en/support)

Slika 14: Tehnični podatki o foliji  
(Vir: Orafol, 2022)

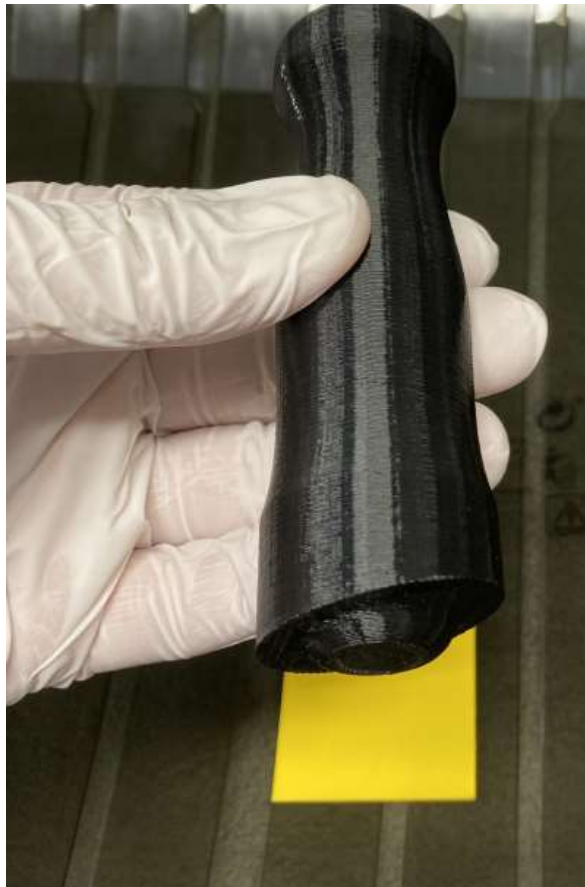
### 3.6 DEFINIRANA 2D-RISBA

Na sliki 15 je primer 2D-risbe nalepke.



Slika 15: 2D-risba nalepke  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021-2022)

Nastavek (slika 16) ali pripomoček za namestitev in vtiskovanje nalepk v odprtine leče (slika 17) smo izdelali v podjetju HSS. Nastavek je narejen iz statične črne plastike.



*Slika 16: Nastavek za teste  
(Lastni vir)*





Slika 17: XL PC-leča z zaščitno nalepko  
(Lastni vir)

### 3.7 KRATEK PREGLED IN ANALIZA FOLIJ

Za lažji in preprost pregled smo po testiranih 100 vzorcih naredili analizo in zbrali vse najpomembnejše podatke v tabeli (slika 18). Analizo (slika 18) podatkov smo naredili v HSS, upoštevajoč podobne obstoječe projekte. Nato smo izvedli tudi teste na projektu XL PC-leča.

STATIČNA FOLIJA			CAST FOLIJA		
PREDNOSTI	SLABOSTI	INTERNI TEST	PREDNOSTI	SLABOSTI	INTERNI TEST
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brez odtisov</li> <li>- Kratek rok dobave</li> <li>- Enostavno za uporabo</li> <li>- Različne dimenzije</li> <li>- Cenovno ugodna</li> <li>- UV zaščita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niso toplotno odporne</li> <li>- Niso prilagodljive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Namenjene za ravne površine</li> <li>- Na odprtinah ni dober oprijem</li> <li>- Pri višjih temperaturah smo zaznali znake deformacije in propustnosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brez odtisov</li> <li>- Enostavno za uporabo</li> <li>- Različne dimenzije in debeline</li> <li>- Odporne na temperaturne obremenitve</li> <li>- UV zaščita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dolgi dobavni rok</li> <li>- Cenovno dražje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prilagodnjive na vse oblike površin</li> <li>- Pri višjih temperaturah se folija prilagaja obliki komponente</li> <li>- Elastična</li> <li>- Neprepustna</li> <li>- Ščiti komponento med lakiranjem</li> </ul>

Slika 18: Analiza prednosti, slabosti in test med statičnimi in CAST-folijami  
(Lastni vir)

## 4 IDEJA O AVTOMATIZACIJI IN NAKUP DODATNE OPREME

Obstoječi proces smo želeli spremeniti in izboljšati v ergonomičen, bolj sodoben in funkcionalen proces. Usmerjeni smo bili v uresničevanje ideje o samodejnem procesu. Procesni cikel je bil nestabilen in ročna namestitvev zaščitnih folij ni bila ponovljiva, kar je privedlo do tega, da smo imeli nekakovostne izdelke. Želeli smo si kakovostne in ponovljive izdelke v tolerancah, razviti funkcionalno linijo in združiti vse procesne korake v celoto. Kljub temu da smo imeli zasnovano idejo o avtomatizaciji, smo potrebovali odobritev podjetja, finančno podporo in nasvete tehničnih specialistov. Ko smo predstavili vse pomanjkljivosti obstoječega stanja, smo po nekaj tednih dobili odobrena sredstva za nakup dodatne opreme. Cilj je bil uresničiti zasnovano idejo in pomagati podjetju do večjega zaslužka. Vedeli smo, da potrebujemo novo namensko prijemalo za manipulacijo z XL PC-lečo. Obstoječi robot smo zamenjali z novim industrijskim robotom. Potrebovali smo pomični linearni sistem za manipulacijo oziroma pomik leč od odvzema iz brizgalnega orodja do procesa lakiranja. Razdalja je znašala pet metrov. Poleg pomične linearne osi smo potrebovali namensko pomično paletu, na kateri se bo leča vozila do lakirne linije. Ker je leča dvokomponentna, smo potrebovali tudi napravo z grelniki, postavljeno na pomični sistem ali med pomičnim sistemom, ter grelnike na profilih in s cilindrom, ki se spustijo do leče takrat, ko se pripelje paleta z izdelkom. Grelniki so nameščeni okrog leče po njenem obodu, kjer sta pomešana materiala med seboj. XL PC-leča ima stik črne in prozorne plastike. Namen točkovnega segrevanja je zmanjšanje napetosti na PC-leči. Obstoječega robota smo zamenjali z novim šestosnim robotom, ki je bolj zmogljiv, hiter in ima več programskih možnosti kot obstoječi. Ko smo imeli seznam dodatne opreme, smo se lotili izdelave tehničnih specifikacij. Preden smo opremo dejansko naročili, je bilo treba za vsak kos izdelati tehnično specifikacijo, ki mora biti v skladu z zahtevanim standardom. Izdelava tehničnih zahtev oziroma specifikacij je bila izvedena v dveh tednih. Nabavna služba je opravila povpraševanje pri dobaviteljih in po nekaj tednih smo imeli naročeno vso opremo. Z izbranim dobaviteljem imamo tedenske sestanke in se naknadno usklajujemo glede podrobnosti posamezne opreme. V izogib daljšim zastojem v proizvodnji smo izbrali dobavitelja, ki ima najkrajši dobavni rok in montažo. Zaradi daljšega dobavnega roka smo se odločili, da proces avtomatiziramo in izboljšamo, naknadno pa naročimo opremo za samodejno nameščanje nalepk.

### 4.1 INDUSTRIJSKI ROBOT IRB 4600

Za manipulacijsko delo smo se odločili za nakup šestosnega industrijskega robota (slika 19) znamke ABB, model IRB 4600 2.05, ki ima 60-kilogramsko zmogljivo manipulacijsko rokovanje. Robot je sestavljen iz mehanskega, informacijskega in senzorskega dela. Programer naredi popravke v obstoječem programu in ga naloži

na novega, kar omogoča skrajšan cikel in natančnost do 0,06 milimetra. Tehnični podatki o robotu so zapisani v tabeli 2. V primerjavi s prejšnjim robotom ima ta model robota doseg do dveh metrov. Programirani robot je primeren za enakomerno delo v industriji, za bolj natančen odvzem in za masovno produkcijo izdelkov. Življenjska doba robota je lahko do 10 let, je pa vzdržljivost robota odvisna od števila izmen, kar lahko vpliva na stroške vzdrževanja in skrajša amortizacijsko dobo omenjene opreme. V robotski celici je robot fiksno pritrjen na podstavek. Če bi v prihodnosti želeli projekt prestaviti v drugo robotsko celico ali spremeniti položaj robota, to naredimo tako, da robot prestavimo skupaj s podstavkom. Enako velja za programski del. Z nakupom dodatnega robota smo ustvarili procesni samodejni korak odvzema izdelkov iz brizgalnega stroja do pomične palete in manipulacije z njimi. Na sliki 19 je prikazan robot s šestimi osmi in z nekaj pomembnimi tehničnimi podatki, s katerim smo izboljšali obstoječi proces.



Slika 19: ABB robot IRB 4600  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)

<b>Specifikacija, robot ABB IRB 4600-60/2.05</b>	
Osi	6
Nosilnost	60 kg
Višina	2050 mm
Ponovljivost (natančnost)	0,06 mm
Masa robota	425 kg

Tabela 2: Specifikacije robota  
(Vir: ABB, 2022)

Industrijski robot smo opremili z namenskim prijemalom za izvajanje različnih nalog. Z nakupom namenskega prijemala za robota smo združili nekaj posameznih operacij.

## 4.2 ROBOTSKO PRIJEMALO

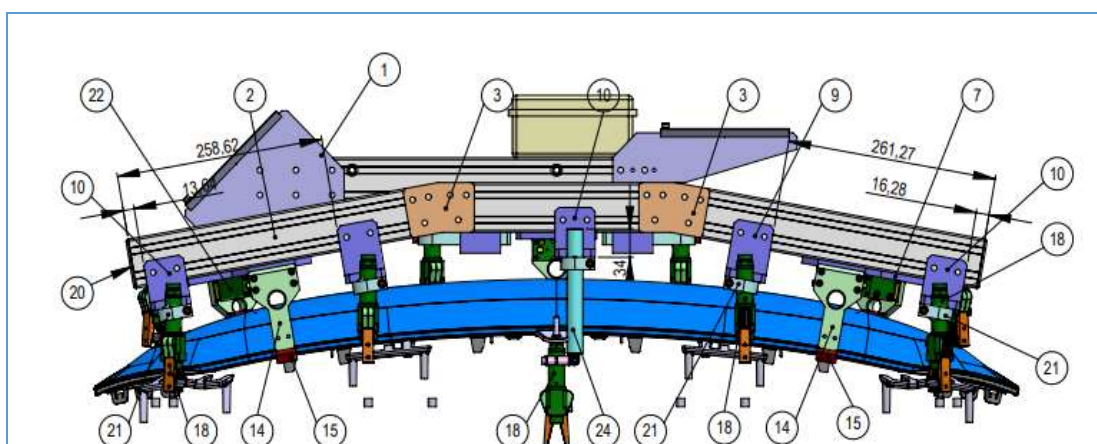
Prijemalo (slika 20) je sestavljeno iz aluminijastega ogrodja. Adapter za priklop na robota je prilagojen velikosti robota in znaša 160 mm × 160 mm. Vgradili smo dodatno vpenjalno ploščo, da bi lahko operaterji ob menjavi lažje shranjevali prijemalo. S prijemalom manipuliramo z izdelki iz brizgalnega orodja do vseh naslednjih postaj. Prozorni del leče je označen kot rdeča cona, zato je bilo možno prijeto lečo le za obod, izdelan iz črne plastike, ki se vgradi v vozilo. Takšno cono imenujemo bela in se običajno vgradi v del vozila. Za prijemanje leče smo naročili posebne čeljusti, ki so narejene po dizajnu leče. Čeljusti so iz teflonskega materiala. S pomočjo pnevmatičnih cilindrov se izdelek zaklene v glavnem orodju in z dvoprstnimi kleščami prime vseh devet dolivkov hkrati. Prijemalo ima dodatne podaljške za lažje doseganje dolivkov. Na aluminijasto ogrodje smo dodali utrditvene nosilce, da bi imeli dolgoročno ponovljiv odvzem in odlaganje s prijemalom. Dolivke izdelka v prijemalu nadzorujemo z rdečimi senzorji, dodatno kontrolo prisotnosti izdelka v prijemalu pa preverjamo še z optičnim senzorjem. Dobavni rok prijemala je deset tednov. Gre za trenutno največje prijemalo, ki smo ga do zdaj naročili za kateri koli projekt.



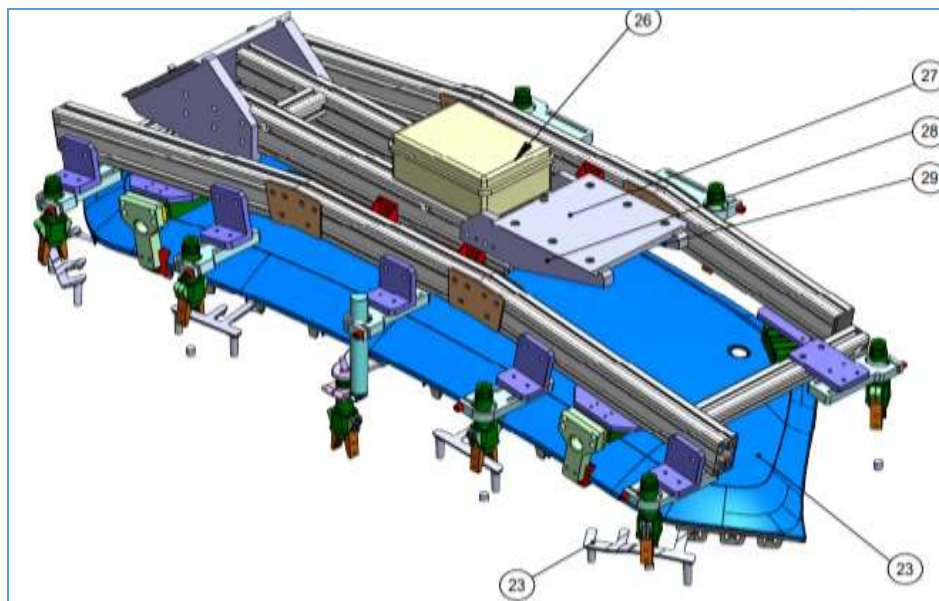
Slika 20: Robotsko prijemalo za XL PC-lečo  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)

#### 4.2.1 SESTAVNICA PRIJEMALA

V nadaljevanju so na sliki 21 prikazani sestavni deli prijemala, na sliki 22 pa sestav prijemala na zgornjem delu. V tabeli 3 so navedeni vsi nadomestni deli za prijemalo.



Slika 21: Prikaz sestave prijemala  
(Lastni vir)



Slika 22: Prikaz sestave prijemala zgoraj  
(Lastni vir)

29	1	PLOŠČA PRIJEMALA-3	ALU		01-182-05-00-19
28	1	PLOŠČA PRIJEMALA-3	ALU		01-182-05-00-19
27	1	VPENJALNA PLOŠČA MFI-A431	ALU		01-182-05-01-03
26	1	ELEKTRO OMARA	-		DOZA 110X160
25	8	KOTNIK 30 GD			211347/0
24	1	PODALJŠEK	-		MFI-A65
23	1	IZDELEK	-		-
22	5	PNEVMATSKI CILINDER	-		MGPM12-30Z
21	9	NOSILEC CILINDRA	-		MFI-A350
20	4	POKROV 30x60 Z	-		22.1134/1
19	4	POKROV 30x30 SIV	-		22.1146/1
18	9	DVOPRSTNI CILINDER	-		DD20-16M2
17	2	ŠAPA PRIJEMALA-3	PLASTIKA-POM		01-182-05-00-18
16	1	ŠAPA PRIJEMALA-2	PLASTIKA-POM		01-182-05-00-17
15	2	ŠAPA PRIJEMALA-1	PLASTIKA-POM		01-182-05-00-16
14	2	NOSILEC ŠAPE-3	ALU		01-182-05-00-15
13	2	NOSILEC ŠAPE-2	ALU		01-182-05-00-14
12	1	NOSILEC ŠAPE-1	ALU		01-182-05-00-13
11	2	KOTNI NOSILEC-4	ALU		01-182-05-00-12
10	3	KOTNI NOSILEC-2	ALU		01-182-05-00-10
9	2	KOTNI NOSILEC-1	ALU		01-182-05-00-09
8	2	PRITRDITEV CILINDRA_5	ALU		01-182-05-00-08
7	2	PRITRDITEV CILINDRA_3	ALU		01-182-05-00-06
6	2	PRITRDITEV CILINDRA_2	ALU		01-182-05-00-05
5	1	PRITRDITEV CILINDRA_1	ALU		01-182-05-00-04
4	2	PRITRDITVENA PLOŠČICA-2	INOX		01-182-05-00-03
3	6	PRITRDITVENA PLOŠČICA-1	INOX		01-182-05-00-02
2	1	ORODJE PRIJEMALA	ALU		01-182-05-00-01
1	1	ADAPTER ROBOTA HELLA	ALU		01-182-05-01-01
Poz.	Št. kos	Naziv	Material	Dimenzije	Standard

*Tabela 3: Seznam vseh rezervnih delov za prijemalo  
(Lastni vir)*

#### 4.3 NAPRAVA Z GRELNIKI

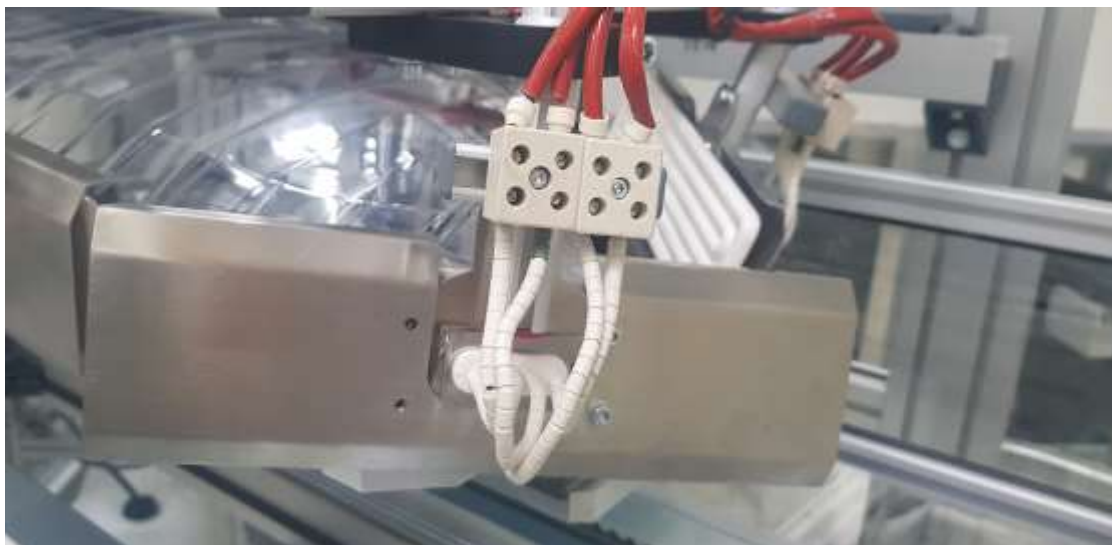
Naprava z grelniki je namenjena za točkovno segrevanje izdelkov med 250 in 300 stopinjami Celzija (slika 23). Ta proces je namenjen odpravi vseh možnih napetosti na lečah, da bo izdelek brez napak in razpok v stiku črne in prozorne plastike. Ker se prelivata dve plastiki na dvokomponentni leči, je pojavitev tovrstnih napak še večja. Z uporabo 11 grelnikov želimo napake odpraviti oziroma njihovo število zmanjšati na minimum. Na sliki 23 je naprava z grelnim ogrodjem, ki je del linearne enote pomične enote, s katero smo dosegli združitev procesnih korakov. V praksi lahko proces, ki ga opravljamo z napravo z grelniki, poimenujemo tudi spot annealing.





*Slika 23: Naprava z grelniki za točkovno segrevanje  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)*

Namen točkovnega segrevanja je dodatno segrevanje izdelka s pomočjo 11 keramičnih grelnikov (slika 24), ki so fiksno pritrjeni na profile skupaj z vpenjalno ploščo. Enota, ki jo lahko poimenujemo grelno orodje, se dviguje in spusti s pomožnim pnevmatičnim cilindrom. Zaradi visokih temperatur je grelnik obložen z zaščitnim profilom, ki ščiti linearno os in pomično paleto pred poškodbami, ki bi lahko nastale zaradi visokih temperatur. Vseh enajst grelnikov ima možnost nastavitve v optimalni položaj.



*Slika 24: Keramični grelniki s senzorji*  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)

Pri samodejnem ciklu se izdelek pripelje do naprave po linearni osi, kjer se orodje spusti za 15 sekund. Ogradje z grelniki se lahko vstavi ročno s hitro vpenjalno ploščo. Napajalni kabli so povezani preko treh harting konektorjev. Po končani operaciji se orodje samodejno dvigne v prvotni položaj in izdelek lahko po linearni osi nadaljuje svojo pot proti lakirni liniji. V času nedelovanja orodje miruje v zgornjem položaju. Postopek se nato samodejno ponavlja. Čas segrevanja in parametre lahko operater spremeni na enoti (slika 25), ki je povezana s PLC-jem. Namen samostojne dodatne enote za napravo z grelniki je nadzor, saj opozarja operaterja na glavnem panelu o morebitnih napakah na napravi oziroma o nedelovanju enega izmed 11 grelnikov. Namen naprave je tudi možnost sprememb ali preverjanja na zaslonu, kar lahko operater naredi izven robotske celice. S tem se izognemo nepotrebnemu ustavljanju avtomatske celice oziroma cikla. Z napravo z grelniki in samostojno enoto za nadzor grelnikov smo dosegli ergonomično, preprosto in funkcionalno uporabo za operaterja, saj smo združili procese, skrajšali procesni cikel in dobili bolj kakovostne izdelke. Parametre za PC XL-lečo smo določili po številnih testih in glede na izkušnje iz predhodnih projektov.

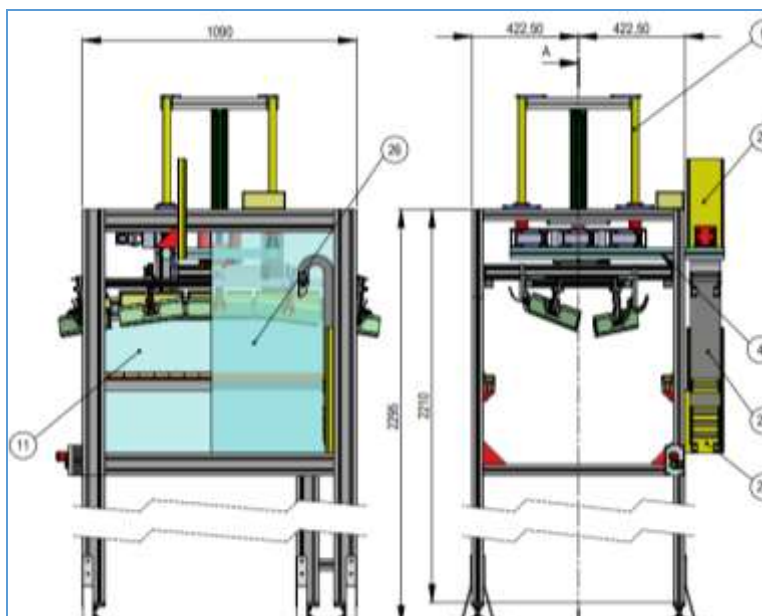
Dobavni rok naprave in namenskega ogradja z grelniki je lahko do 30 tednov. Montažo in zagon celotne naprave smo izvedli v nekaj dneh.



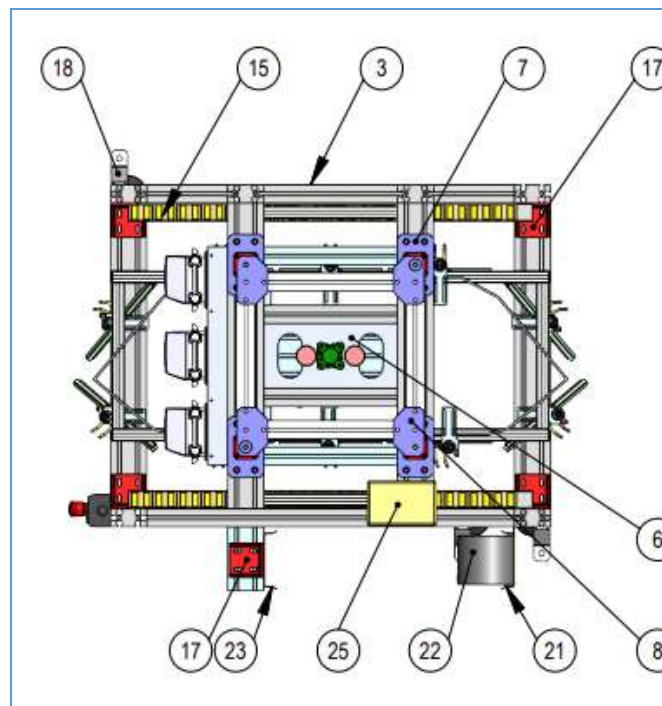
Slika 25: Samostojna enota za nadzor grelnikov  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)

#### 4.3.1 SESTAVNICA NAPRAVE

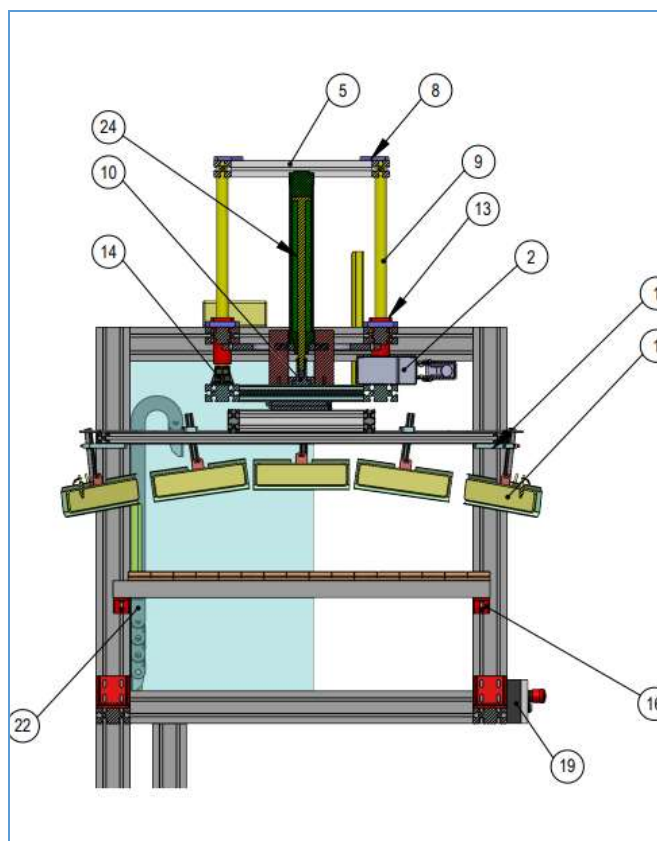
V nadaljevanju so prikazane tri sestavnice. Slika 26 prikazuje samostojno napravo in orodje z grelniki, slika 27 prikazuje ogrodje z grelniki, na sliki 28 pa lahko vidimo prikaz sestavne naprave. V nadaljevanju sta še tabeli s sestavnicama grelnikov (tabela 4) in naprave (tabela 5).



Slika 26: Samostojna naprava in orodje z grelniki  
(Lastni vir)



Slika 27: Ogradje ali fixture z grelniki  
(Lastni vir)



Slika 28: Prikaz sestave naprave  
(Lastni vir)

11	10	ZAŠČITA GRELCA	INOX		01-182-04-01-07
10	4	POKROV 30x60 Z	-		22.1134/1
9	8	POKROV 30x30 SIV	-		22.1146/1
8	6	PROFIL FI-20 EMB-2017_2	ALU		01-182-04-01-06
7	10	NOSILEC GRELCA-1	INOX		01-182-04-01-04
6	4	PROFIL FI-20 EMB-2017_1	ALU		01-182-04-01-05
5	1	VPENJALNA PLOŠČA MFI-A42	ALU		01-182-04-01-03
4	1	VPENJALNA PLOŠČA MFI-A43	ALU		01-182-04-01-02
3	10	NOSILEC CILINDRA	-		MFI-A350
2	10	GRELNIK	-		245 × 60 x 24 300620-650-T
1	1	ORODJE GRELNE KASETE	ALU		01-182-04-01-01
Poz.	Št. kos	Naziv	Material	Dimenzije	Standard

Tabela 4: Sestavnica grelnikov  
(Lastni vir)

27	2	DISTANČNIK	ALU		01-182-04-00-14
26	1	POLIKARBONAT-1	POLIKARBONAT		01-182-04-00-09
25	1	ELEKTRO DOZA	-		150x110x70 GW44-206
24	1	PNEVMATSKI CILINDER	-		CP96SDB50-350C
23	1	VODILO VERIGE-2	ST 37-2		01-182-04-00-12
22	1	ENERGIJSKA VERIGA	-		325LI103050A325LK1
21	1	VODILO VERIGE-1	ST-37		01-182-04-00-11
20	1	SEST. PALETE Z-296	-		01-182-01-06-00
19	1	TIPKA + IZKLOP V SILI	-		-
18	4	KOTNIK ZA PRITRDITEV V TLA – VELIK	ST 12-03	S = 6MM	210015/0
17	5	KOTNIK 90 GD-Z	-		21.0978/0
16	4	KOTNIK 45 GD	-		21.1133/0
15	16	ROLLER CARRIER	-		22.1152_0
14	4	PRITRDITEV VODILA	-		01-182-04-00-13
13	4	LINEARNA PUŠA	-		LMEK-30-L-UU
12	3	NOGA M12x80 S PLOŠČICO 45x90	-		211040/0; 211894/0
11	1	POLIKARBONAT-2	POLIKARBONAT		01-182-04-00-10
10	1	PRITRDITEV BATNICE FI-50	ST 37-2		01-182-04-00-08
9	4	JEKLENO VODILO FI-30	JEKLENO VODILO		01-182-04-00-07
8	4	PRITRDITEV VODILA	ALU		01-182-04-00-06
7	4	NOSILEC VODILA-1	ALU		01-182-04-00-05
6	1	PLOŠČA-1	ALU		01-182-04-00-04
5	1	OGRODJE VODILA	ALU		01-182-04-00-03
4	1	OGRODJE GRELCA	ALU		01-182-04-00-02
3	1	OGRODJE GRELNE KOMORE	ALU		01-182-04-00-01
2	1	SEST. KONEKTORJEV	ST 37-2		01-182-04-02-00
1	1	SEST. GRELNE KASETE	ALU		01-182-04-01-00
Poz.	Št. kos	Naziv	Material	Dimenzije	Standard

Tabela 5: Sestavnica naprave  
(Lastni vir)

#### 4.4 LINEARNA ENOTA IN POMIČNA PALETA

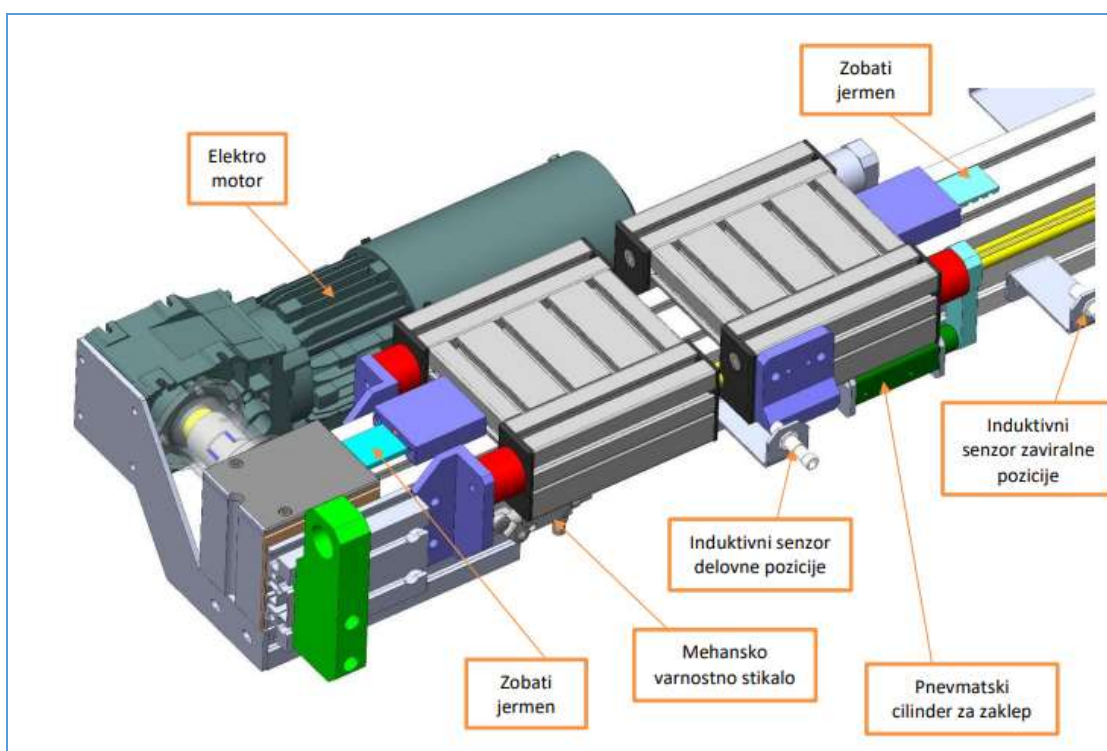
Združitev vseh procesnih korakov smo naredili z linearno enoto (slika 29) in namensko pomično paleto (slike 31, 32 in 33). Linearna enota je namenjena za pomik izdelka od začetnega do končnega položaja. Robot manipulira z izdelkom iz brizgalnega stroja do samostojne linearne enote, nakar linearna enota dobi signal o položaju izdelka. Izdelek se odloži na namensko paleto, ki je narejena posebej za ta izdelek. Paleta je dodatno zavarovana z zaznavo dejanskega izdelka oziroma palete. Ko je izdelek položen na paleto, se robot umakne v varno točko. Nato se paleta samodejno odpelje do postaje z grelniki in se po končanem procesu pomika do lakirne linije. Linearna enota je varovana s končnimi stikali, položaj pomične palete nadzira elektro motor, katerega pogon je varovan s fleksibilno sklopko (slika 30). Paleta je narejena iz aluminija in je nastavljiva po dolžini ter višini. Izdelek je podprt z osmimi ležišči, kjer lahko optimalno nastavljamo položaje natančno po



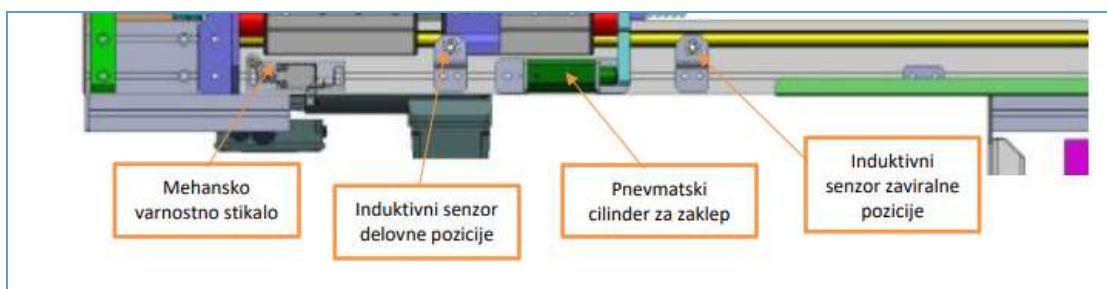
izdelku. Pritrditev palete na linearno enoto izvajamo s šestimi vijaki M8, centrirne puše pa pripomorejo k lažji menjavi in k temu, da se izognemo napačno obrnjeni paleti. Delovno in zaviralno pozicijo palete preverjamo z induktivnim senzorjem. Celotni postopek se ponavlja samodejno. V tabeli 6 so navedeni sestavni deli linearnega modula, medtem ko so v tabeli 7 navedeni sestavni deli pomične palete.

#### 4.4.1 OPIS LINEARNE ENOTE

V nadaljevanju, na slikah 29 in 30, je prikazana sestava linearne enote, v tabeli 6 pa so podani podatki o sestavnih delih linearnega modula.



Slika 29: Opis komponent linearne enote  
(Vir: Lastni, 2022)



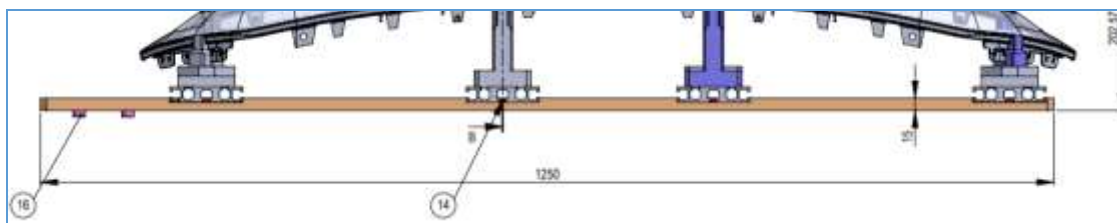
Slika 30: Opis komponent za varnost  
(Lastni vir)



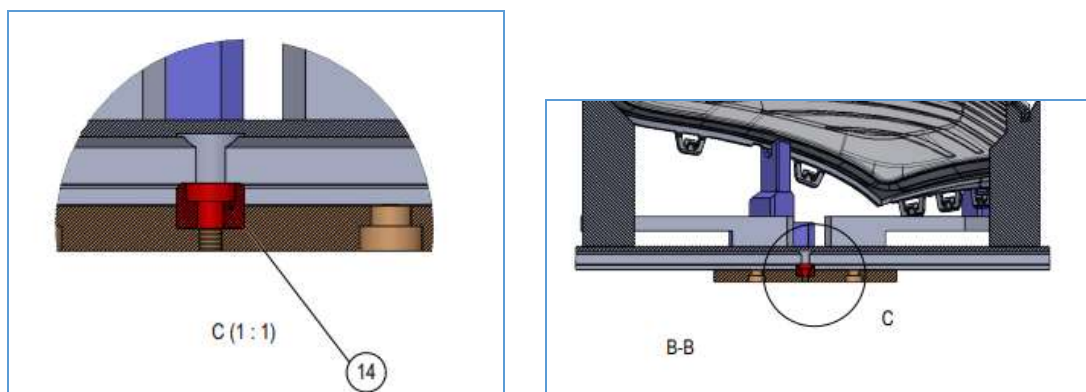


21	1	LEŽIŠČE-5	ALU		01-182-01-06-14
20	1	KOTNI NOSILEC NASLONA-2	ALU		01-182-01-06-13
19	1	NOSILEC GRAVURE-4	ALU		01-182-01-06-12
18	1	NOSILEC GRAVURE-3	ALU		01-182-01-06-11
16	1	NASLON INDUKTIVCA-1	ST 37-2		01-182-01-06-10
15	2	KOTNI NOSILEC NASLONA	ALU		01-182-01-06-09
14	1	DISTANČNIK – PALETE	INOX		01-182-01-06-08
13	4	Z-296 PANEL	-		-
12	1	LEŽIŠČE-3	ALU		01-182-01-06-06
11	1	LEŽIŠČE-4	ALU		01-182-01-06-07
10	1	LEŽIŠČE-2	ALU		01-182-01-06-05
9	1	LEŽIŠČE-1	ALU		01-182-01-06-04
8	1	LEŽIŠČE-4	ALU		01-182-01-06-07
7	1	LEŽIŠČE-3	ALU		01-182-01-06-06
6	1	LEŽIŠČE-2	ALU		01-182-01-06-05
5	1	LEŽIŠČE-1	ALU		01-182-01-06-04
4	1	NOSILEC GRAVURE-2	ALU		01-182-01-06-03
3	1	NOSILEC GRAVURE-1	ALU		01-182-01-06-02
2	3	CENTRIRNA PUŠA	INOX		01-182-01-04-06
1	1	PLOŠČA GRAVURE-2	ALU		01-182-01-06-01
Poz.	Št. kos	Naziv	Material	Dimenzije	Standard

*Tabela 7: Pomična paleta  
(Lastni vir)*



*Slika 32: Dodatni opis palete  
(Lastni vir)*



Slika 33: Prikaz distančnika palete  
(Lastni vir)

#### 4.5 ŠČITENJE ODPRTIN NA XL PC-LEČI

Po nakupu dodatne opreme za izboljšanje procesa smo združili skoraj vse procesne korake. Avtomatizirali smo naslednje korake:

- odvzem izdelka iz brizgalnega orodja s pomočjo robota,
- manipulacija izdelkov s prijemalom na robotu do linearne enote in palete,
- paleta za pomik izdelkov od začetne postaje do vključno lakirne linije,
- med pomikom palete je avtomatiziran proces točkovnega segrevanja.

Imeli smo nalogo, avtomatizirati proces namestitve zaščitnih nalepk. Najprej smo se lotili pisanja tehničnih specifikacij, ki smo jih prilagodili trenutnemu obstoječemu stanju celice. Zaradi prostorske stiske in obstoječega projekta v isti celici smo bili prisiljeni projekt XL PC-leča prilagoditi. Izmerili smo celotno celico in obstoječo opremo obeh projektov. V programu Robot studio smo preverili možnosti. S tem programom lahko preverimo možnosti doseganja z robotom in imamo preprostejši digitalni pregled nad celico. Po končanem preverjanju smo imeli nekaj idej za avtomatizacijo procesnih korakov ščitenja odprtin na leči. Nato smo končali tehnične zahteve in jih posredovali v nabavno službo. Časa je primanjkovalo in bližal se je zagon serijskega procesa, potrebe po proizvodnji izdelka so se znatno povečale. Dobavni rok takšne namenske opreme lahko traja nekaj mesecev, zato je bila naslednja naloga preveriti vse možnosti za preprosto dodajanje nalepk, da bi lahko proizvodnja delovala v seriji. Imeli smo ideji, kako izboljšati in združiti proces namestitve nalepk, in sicer:

- polavtomatski način namestitve nalepk s pomočjo operaterja ali
- samodejni proces z nakupom opreme za podajanje in apliciranje nalepk.

## 4.6 OPIS IZBOLJŠAVE POLAVTOMATSKEGA PROCESA

Prva ideja je bila, da bi dodali polavtomatski način dela za namestitvev zaščitnih nalepk. Postopek je delno samodejni in je začasna rešitev, dokler se ne izdelata namenska oprema za popolnoma samodejni proces. Polavtomatski način pomeni, da je v proces vključen človek oziroma operater. Na najbolj primerni poziciji v robotski celici smo razrezali odprtino v velikosti izdelka. Namen odprtine ali okna je, da lahko operater ročno namesti nalepke. Odprtino smo obložili s profili. V notranjosti celice smo uporabili obstoječo mizo, na katero smo dodali aluminijasto ploščo in nanjo pritrdili magnetno stikalo. Zaradi varnostnih razlogov smo dodali varnostna vrata (slika 34) z varnostnim stikalom, da lahko odpiranje vrat sproži le operater z držanjem tipke. Tipka se nahaja poleg vrat in jo je treba držati nekaj sekund, da se aktivira signal za zapiranje vrat. Proces poteka tako, da ko robot pride z izdelkom do mize, se počasi spušča proti plošči in ustavi v varni točki, ko prideta obe stikali v stik. Drugo magnetno stikalo se nahaja na spodnjem delu prijemala. Ko se obe stikali združita, je robot v mirnem, nedelujočem položaju, kar sproži samodejno odpiranje vrat. Nato operater namesti nalepke na vse tri odprtine in naredi vtisk s pomočjo pomožnega nastavka. Po končanem postopku operater z držanjem tipke sproži zapiranje vrat. Nakup vrat, urejanje vezave in stikal ter nakup dodatne plošče so bili opravljeni naknadno, bila je nenačrtovana naložba, ki je bila financirana iz naslova projekta. S to naložbo je oddelek lahko zagotovil dnevne in tedenske serije XL PC-leče.



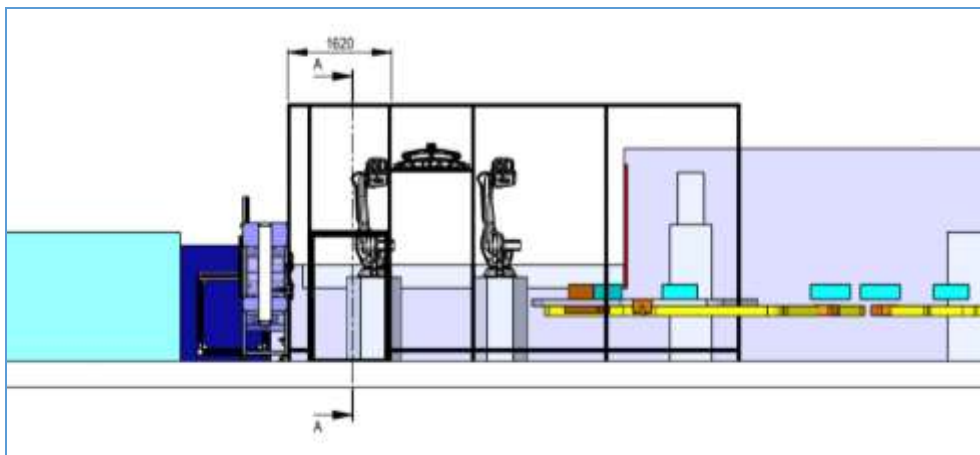
*Slika 34: Varnostna vrata za delno samodejni režim  
(Vir: Hella Saturnus Slovenija, 2021–2022)*

#### **4.7 OPIS SAMODEJNEGA PROCESA IN IDEJE ZANJ**

Da bi zagotovili samodejni proces, potrebujemo dodatno opremo, in sicer:

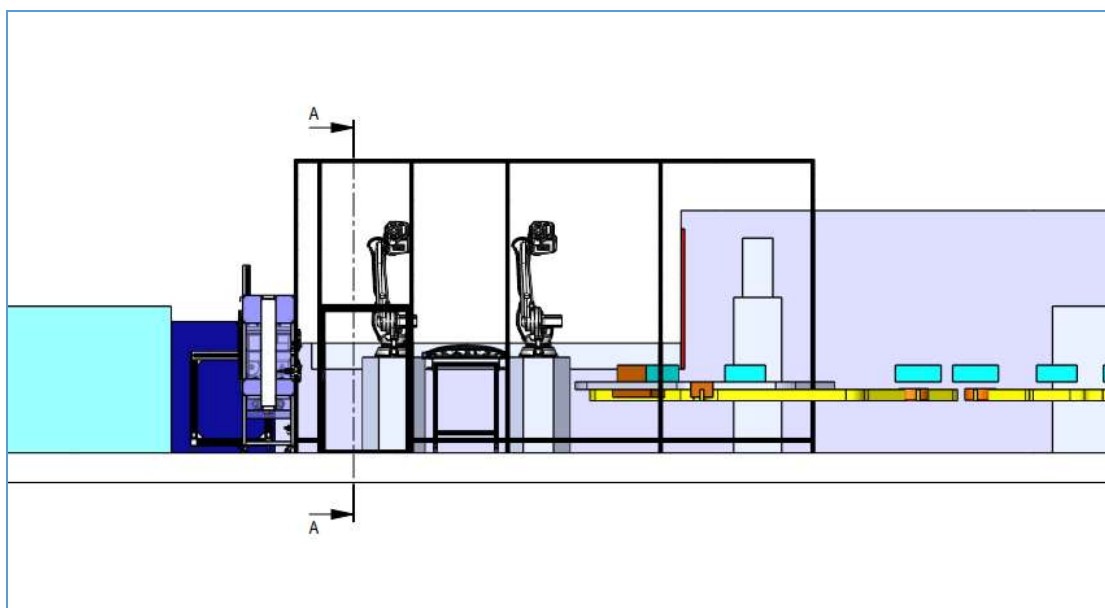
- namenski podajalnik za podajanje nalepk v točno definiranem ciklu,
- prijemalo za manipuliranje izdelka od robota 1 do robota 2,
- namensko ležišče za vtiskovanje nalepk in gretje folije.

Za samodejni način dela podajanja in apliciranja nalepk imamo verziji A (slika 35) in B (slika 36). Pri prvi verziji je koncept konstrukcije zamišljen tako, da namenski podajalnik v nekaj sekundah poda nalepke na vse tri odprtine. Obstoječi robot 2, ki se načeloma uporablja za drugi projekt, je v uporabi z novim prijemalom. Postopek je zamišljen tako, da robot pobere izdelek iz orodja in ga prestavi v ležišče. Namen ležišča je predprijemanje izdelka. Nato robot 2 prestavi izdelek do podajalnika, kjer se aplicirajo nalepke. Po končani aplikaciji se izdelek prestavi do ležišč, ki so namenjena za vtiskovanje in gretje folij. Ležišča so na manjšem podestu, ki se nahaja na višini treh metrov od tal. Na ležiščih je vgrajen industrijski grelnik, ki izpihuje konstanten topli zrak. Ko ležišče zazna prisotnost izdelka, se izdelek samodejno zaklene. Zaradi pomembnosti vtiska nalepke v odprtino so na ležišču pritrjeni cilindri, ki imajo poseben nastavek. Nastavek je narejen iz toplotno odporne pene. Namen vtiskovanja nalepk v odprtino je maksimalno ščitenje površine leče pred zunanjim lakiranjem. Leča se lakirna v postopku notranjega in zunanjega lakiranja, pri obeh postopkih se uporabljajo nalepke, da ščitijo odprtine za senzorne in kamere. Po končanem postopku se izdelek prestavi do linearne enote oziroma pomične palete. Pri pregledu dizajna je iz varnostnih in tehničnih razlogov možnost A zavrnjena. Pri simulaciji v programu Robot studio smo ugotovili, da robot ne dosega takšne višine.



Slika 35: Prikaz ideje za avtomatizacijo verzije A  
(Lastni vir)

Pri verziji B je koncept zamišljen zelo podobno: manipuliranje z izdelkom z robotoma 1 in 2, podajalnik za aplikacijo nalepk je na isti lokaciji. Verziji se razlikujeta v tem, da je pri možnosti B samo eno ležišče, ki se nahaja med dvema robotoma. Ležišče je na ergonomični višini, ki je bolj prijazna za operaterja. Iz varnostnih in tehničnih razlogov je opisan koncept bolj sprejemljiv, kar smo potrdili tudi z uspešno izvedbo simulacij. Princip ležišča deluje na enak način. Poleg vseh omenjenih prednosti velja omeniti še časovni cikel, ki se ujema z našimi zahtevami.



Slika 36: Prikaz avtomatizacije verzije B  
(Lastni vir)

## 4.8 NAVODILA ZA UPORABO ZASLONA

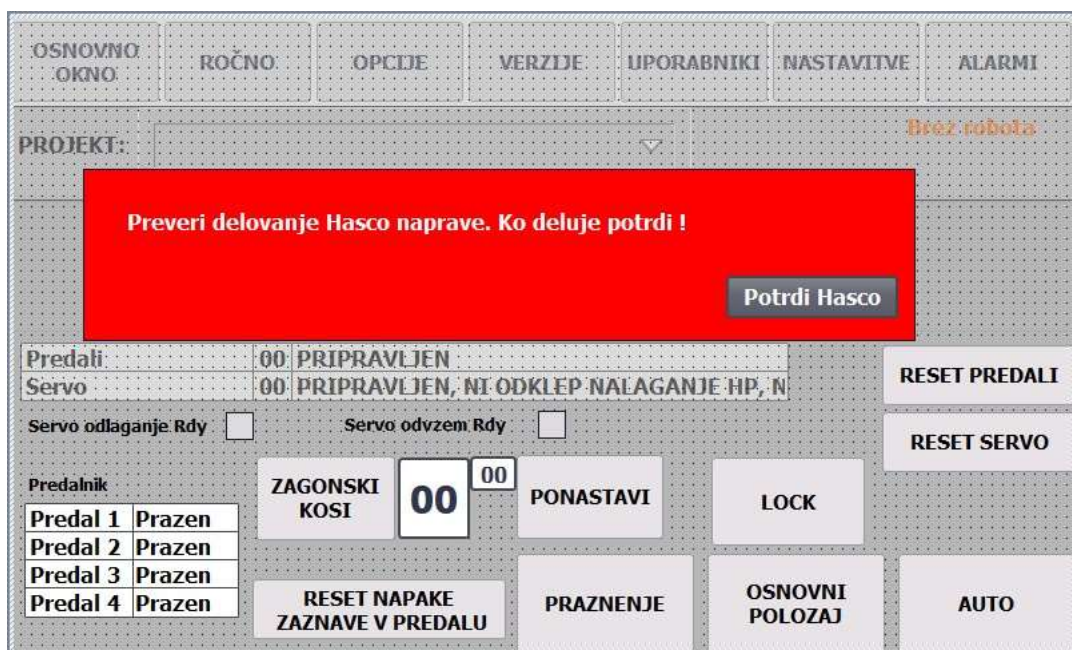
Na začetnem zaslonu lahko izberemo med delovanjem v samodejnem in med delovanjem v ročnem načinu. V primeru uporabe samodejnega načina se na zaslonu pojavi okence (slika 37), ki opozarja operaterja, da je treba preveriti delovanje naprave HASCO. Po pregledu naprave in potrditvi je naprava v samodejnem načinu. V okencu ročnega načina (slika 38) lahko izberemo in spreminjamo nastavitve za različne segmente opreme. Izberemo lahko delo z robotom ali brez robota, izvajamo teste in preverjamo prisotnost izdelkov na linearni enoti. Pri možnosti nastavitvev lahko uporabnik nastavlja nekaj pomembnih zadev na zaslonu:

- izbiro jezika in spremljanje podatkov vhodnih in izhodnih signalov,
- izbiro verzij,
- vpis ali spreminjanje programa,
- alarmi opozarjajo na sistemske in zgodovinske napake,
- nastavitve časa gretja za točkovno segrevanje,
- nastavitve klime,
- simuliranje pogojev.

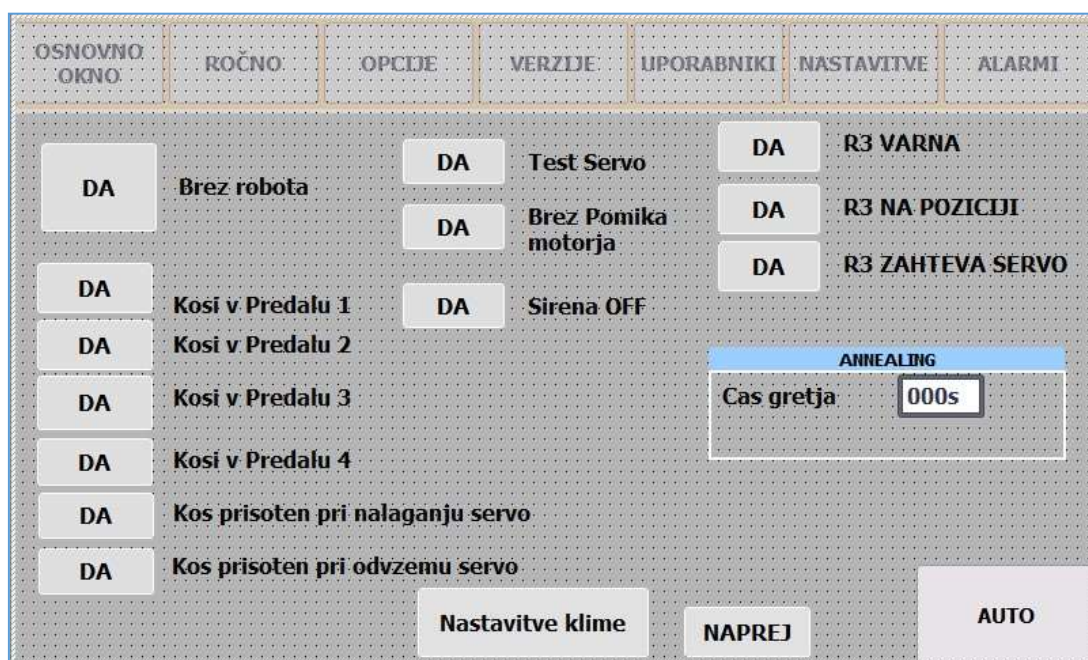
Pogoji za delovanje linearne enote skupaj s paletjo so:

- robot v varnem položaju,
- zaprta varnostna vrata,
- potrjena varnost.





Slika 37: Prikaz pogoja za samodejni način  
(Lastni vir)



Slika 38: Prikaz zaslona ročnega režima  
(Lastni vir)

Na sliki 39 je zaslonski prikaz preverjanja prisotnosti palete, ki je namenjena za premik izdelka, in možnost ročnega premikanja ogrodja z grelci. V primeru, da paleta ni prisotna, se na zaslonu pokaže alarm.



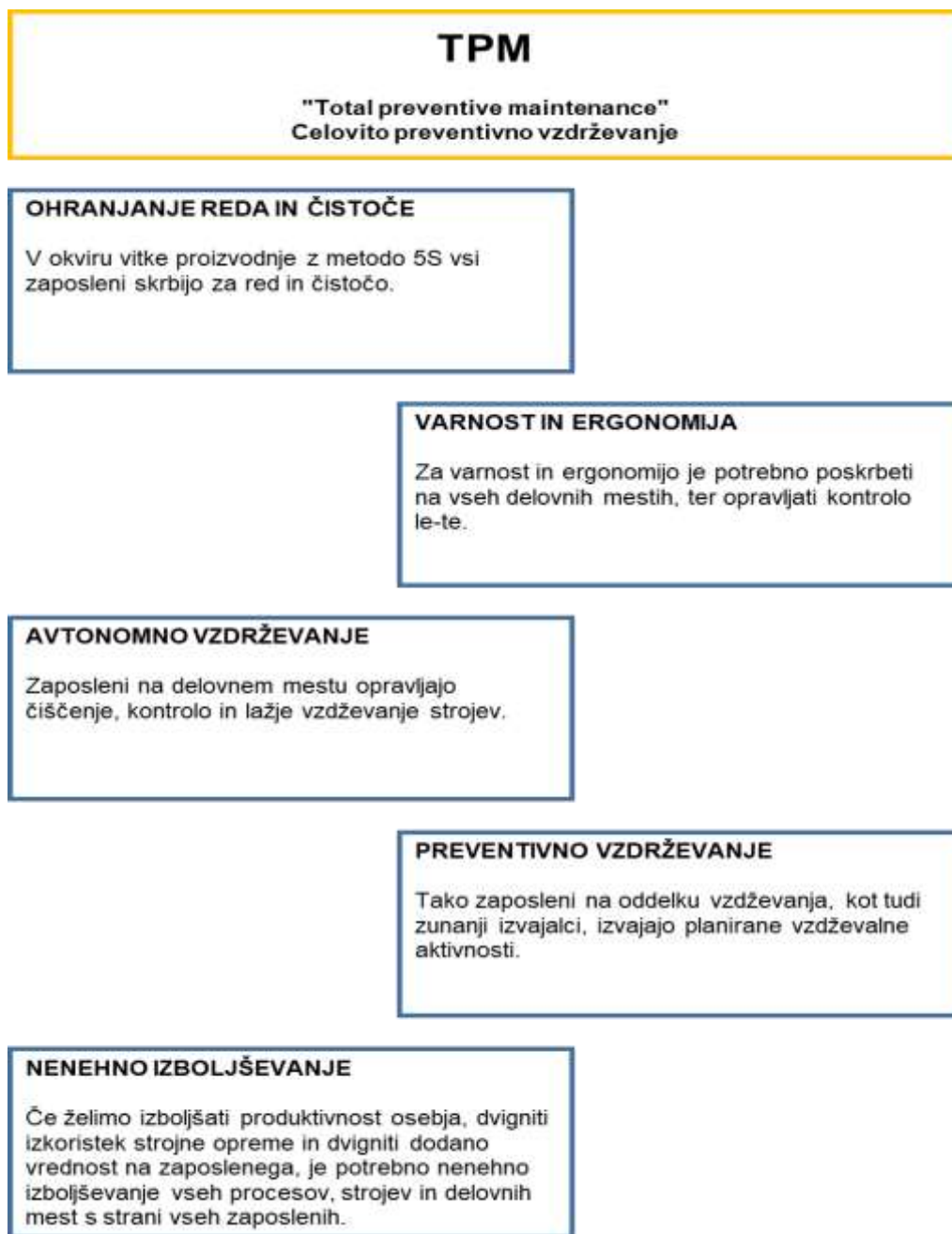
Slika 39: Ročni režim za točkovno segrevanje in prisotnost palete  
(Lastni vir)

#### 4.9 NAVODILA ZA UPORABO IN VZDRŽEVANJE OPREME

Za varno in zanesljivo delo z omenjeno opremo upravljajo samo strokovno usposobljene osebe. Zaradi možnih poškodb ali ureznin je obvezna uporaba varovalne delovne opreme. K varovalni opremi spadajo delovna obleka, zaščitne rokavice in zaščitna obutev. Zagon se izvede, ko operater ugotovi, da je oprema oziroma sistem v brezhibnem delujočem stanju, s čimer ne ogroža varnosti udeležencev v oddelku. Operater po navodilih izvaja pregled okolice, opravlja redne preglede in poroča o stanju opreme. V primeru, da se pri pregledu odkrije napake ali nepravilno delovanje opreme, je treba obvestiti proizvajalca in prekiniti delo. Vzdrževanje opreme se opravlja skladno s predpisanimi navodili za varno uporabo opreme, ki so arhivirani v oddelku. Vsa dela v zvezi z nastavljanjem, vzdrževanjem, čiščenjem ali pregledovanjem opreme se strogo izvaja takrat, ko je linija v nedelujočem stanju in izklopljena. Med obratovanjem linije je prepovedano poseganje v delovno območje. Poleg vseh omenjenih zahtev se podjetje zgleduje po metodi celovitega preventivnega vzdrževanja (Total Preventive Maintenance, TPM) (slika 40). Celovito preventivno vzdrževanje se lahko razlikuje od zahtevnosti projekta in se lahko izvaja na dnevni, tedenski in mesečni ravni. S takšnim



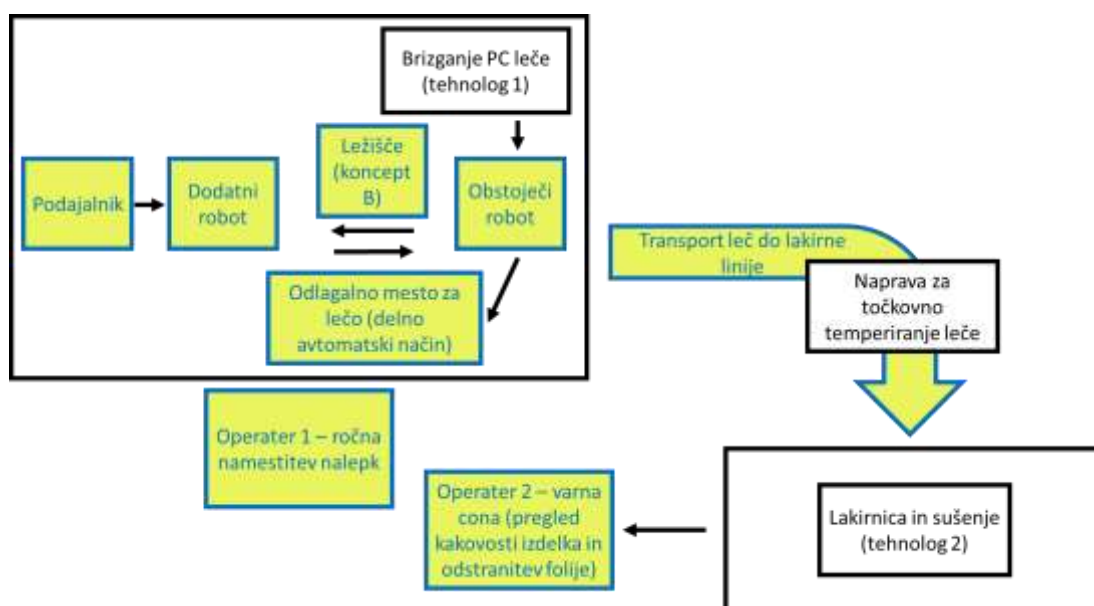
ravnanjem lahko preventivno preprečujemo možne napake in vzdržujemo naprave in stroje (Jemec, 2007). Z metodo TPM podaljšamo življenjsko dobo strojev in opreme in odpravljamo manjše težave, ki lahko prerastejo v večje mehanske napake. Vrste vzdrževanja iz tehničnega stališča lahko razdelimo na kurativno in preventivno vzdrževanje. Kurativno ali klasično vzdrževanje se izvaja, ko je stanje že v okvari, a preventivno vzdrževanje je tehnično boljši vendar dražji sistem vzdrževanja strojev in opreme (Jemec, 2007).



Slika 40: Metoda TPM  
(Vir: Lean rešitve, 2022)

## 5 TABELA S PODATKI IN RISBA TRENUTNEGA STANJA

V primerjavi s prejšnjim stanjem je iz slike 41 in tabele 8 razvidno, da z avtomatiziranim procesom, ki je bil omogočen z naložbo v dodatno opremo, prihranimo dva dodatna operaterja za delo, pohitrimo cikel in ob tem povečamo število proizvedenih kosov na dan ter zmanjšamo delež izmeta. Na sliki 41 je narisani dodatni koncept B, s katerim bomo v prihodnosti zamenjali trenutno stanje delnega samodejnega načina v popolnoma samodejni proces podajanja in apliciranja nalepk.



Slika 41: Končno stanje in koncept B  
(Lastni vir)

<b>Procesni cikel od brizganja do lakirne linije</b>	<b>3 minute</b>
<b>Udeleženci v procesu</b>	2 operaterja in 2 tehnologa
<b>Proizvedenih izdelkov na dan</b>	480 izdelkov
<b>Zahtevana količina izdelkov na dan</b>	600 izdelkov
<b>Izmet na dan</b>	2–3 %

Tabela 8: Analiza procesa  
(Lastni vir)

## 6 ZAKLJUČKI

V diplomskem delu smo predstavili obsežen projekt, poimenovan XL PC-leča, z vsemi njegovimi izzivi. Opisali smo posebnosti dvokomponentne polikarbonatne leče z odprtini in raziskovali in primerjali primerno folijo oziroma zaščito za odprtine. Namen zaključnega dela je bil predstaviti, na kakšen način smo združili in izboljšali vse procesne korake v avtomatizirani proces. Poleg tega smo predstavili idejo o razvoju nove aplikacije za podajanje in apliciranje nalepk.

Za raziskovanje folije smo porabili več mesecev. Projekt je zahteval dodatne stroške za podjetje. Vendar je sčasoma podjetju prinesel dolgoročne rešitve pri ščitenju vseh vrst prozornih komponent. Poleg omenjenega projekta se lahko definirana nalepka uporablja tudi za namen druge vrste ščitenja v ročnem ali samodejnem režimu.

Nakup dodatne opreme je omogočil izboljššan in samodejni proces skoraj vseh procesnih korakov. Zdaj imamo avtomatiziran proces od začetne faze manipuliranja z izdelki do prenosa izdelkov do posameznih postaj in samodejni proces točkovnega segrevanja izdelkov v pomičnem sistemu, ki je z linearno enoto združen do lakirne linije.

Aplikacija nalepk se trenutno izvaja v delno samodejnem načinu delovanja, pri tem je vključen en operater na liniji. Zaključili smo z raziskovanjem podajalnika in trenutno je zastavljen koncept B za popolno avtomatizacijo, da bomo v prihodnosti rešili problem avtomatizacije podajanja in apliciranja nalepk.

Prednost avtomatiziranega procesa je stabilen, časovno enak cikel, zmanjšanje potrebne delovne sile in nenehno izobraževanje v smeri trenda sodobne industrijske inovacije. Po določenem času delovanja opreme so se pokazale tudi slabosti, predvsem, da oprema in vzdrževanje takšne opreme staneta nekoliko več kot standardna, manj zahtevna, oprema.

## 7 LITERATURA IN VIRI

ABB. (2022). *IRB 4600*. Pridobljeno 8. 8. 2022 z naslova <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600>.

Dežman, J. (2017). *Analiza brizganja polipropilena s prototipnim konformno hlajenim polimernim orodjem*. Pridobljeno 5. 6. 2022 z naslova <https://repositorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=107739&lang=slv>.

Hella Saturnus Slovenija. (2021–2022). Slike od opreme so narejene v podjetju.

Dvokomponentno brizganje. Pridobljeno 09. 05. 2022 z naslova <https://gl-plastics.nl/en/injection-molding/2k-injection%20molding/>.

Jemec, V. Tehnologija vzdrževanja: učbenik za predmet tehnologija v 2. in 3. letniku programa Strojni mehanik. 1. izd. Velenje: Modart, 2007. 1 optični disk (CD-ROM), ilustr. Zbirka Učbeniki. Pridobljeno 09. 10. 2022 z naslova [www2.arnes.si/~sspvjeme/vzdrzevanje/kurativnovzdr.htm](http://www2.arnes.si/~sspvjeme/vzdrzevanje/kurativnovzdr.htm).

Kisin, M. (2010). Zapiski predavanj. *Materiali*.

Kisin, M. (2011). *Tehnologija: gradivo za 2. letnik strojništva*. Ljubljana: Zavod ICR, Ljubljana. Pridobljeno 14. 5. 2022 z naslova <https://cupdf.com/document/tehnologija-kisin.html?page=1>.

Laboratorij za preoblikovanje. (b. l.). Pridobljeno 7. 5. 2022 z naslova <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-tehnologije.htm>.

Lean rešitve. (2022). *TPM metoda*. Pridobljeno 10. 9. 2022 z naslova <https://lean-resitve.si/tpm-metoda/>.

Momentive. SilFORT\* Hardcoats for Autonomous and Electric Vehicles. (b. l.). Pridobljeno 30. 6. 2022 z naslova <https://www.momentive.com/docs/default-source/productbycategorydocument/hardcoats/momentive-silfort-hardcoats-for-autonomous-and-electric-vehicles.pdf?sfvrsn=ab38410c>.

Orafol. (b. l.). Pridobljeno 5. 6. 2022 z naslova <https://www.orafol.com/products/europe/en/technical-data-sheet/oracal-970ra-premium-wrapping-cast-id410-technical-data-sheet-europe-en.pdf>.

Resinex. (b. l.). *PC – polikarbonat*. Pridobljeno 5. 6. 2022 z naslova <https://www.resinex.si/polimeri/pc.html>.