

UNIVERZA V NOVI GORICI  
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**OPTIMIZACIJA PROIZVODNEGA PROCESA TRUPA  
LETALA "TAURUS"**

DIPLOMSKO DELO

**Dušan Likar**

Mentor: doc. dr. Gregor Veble

Nova Gorica, 2012



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Gregorju Vebletu za pomoč pri izdelavi diplomske naloge in podjetju Pipistrel, ki mi je omogočilo izvedbo tehničnega dela za diplomsko nalogo.

Posebna zahvala gre moji partnerici Mojci ter hčerkama Loreni in Pii, ki so ves čas mojega študija verjeli vame in me podpirali pri mojih odločitvah.



## **NASLOV**

### **Optimizacija proizvodnega procesa trupa letala "Taurus"**

## **IZVLEČEK**

Proizvodnja je proces v katerem se razpoložljivi viri preoblikujejo v izdelke in storitve. Kakšen učinek dosežemo, pa je odvisno od organiziranosti in optimizacije proizvodnih procesov.

V diplomskem delu je opisana optimizacija proizvodnega procesa letala Taurus. Izdelava modernih tehnološko zahtevnih kompozitnih komponent je še vedno ročni proces, ki se tudi v največjih letalskih podjetjih šele počasi avtomatizira, pa še to le za enostavne izdelke. Ker je ročna izdelava podvržena večji variabilnosti kvalitete izdelave, so priprave za namestitev sestavnih delov nepogrešljivo orodje v proizvodnem procesu. Trup letala Taurus je eden najbolj kompleksnih kompozitnih elementov v vsej proizvodnji podjetja Pipistrel. V praksi se je izkazalo, da se pri izdelavi trupa in pokrova kabine pojavljajo geometrijska odstopanja, ki jih je potrebno pred montažo odpraviti, kar je zamuden in drag proces. Predlagal in zasnoval sem priprave, ki omogočajo manjšo variabilnost izdelanih trupov in drugih komponent. Naloga opisuje postopek od osnovne zamisli do idejnega projekta za vsak sklop posebej. Postopki projekta natančno določajo aktivnosti in zaporedje, od začetka do zaključka posameznega sklopa in ne nazadnje celega projekta.

Analiziral sem pomanjkljivosti in s tem povezane dodatne stroške pri trenutnem procesu izdelave trupa ter montaži komponent na trup. Nov proces sem preizkusil v praksi in ga s stališča stroškov in časovne zahtevnosti kritično primerjal z originalnim postopkom.

## **KLJUČNE BESEDE**

kompozitna gradnja, optimizacija procesa, učinkovitost proizvodnje, postopek izdelave

## **TITLE**

### **Optimization of the "Taurus" aircraft fuselage production process**

## **ABSTRACT**

Production is a process in which resources are transformed into products and services. The effect achieved depends on the organization and optimization of production processes.

The thesis describes the optimization of the production process on the Taurus aircraft. The manufacture of modern technologically advanced composite components is still a manual process which is slowly being automated also by the largest aircraft manufacturers and even then only for simple products. Since they are hand made, the quality of construction varies, therefore the apparatus for the installation is an indispensable tool in the production process. The Taurus fuselage is one of the most complex composite components throughout the production of Pipistrel. Practice has shown that during the assembly of the hull and deck lid geometric deviations occur, what must be improved before installation, which is a time consuming and expensive process. I proposed and designed tools for lower variability of fuselages and other components.

In the thesis, the process from the basic idea to the conceptual design is described for each group separately. The procedures specify the project activities as well as their sequence from the beginning to the end of each set, and finally the whole project. I analyzed the defects and the associated additional costs in the current process of producing and assembling components of the hull. I also tested the new process in practice and compared it with the original procedure in terms of cost and complexity of the critical time.

## **KEYWORDS**

composite construction, process optimization, production efficiency, the manufacturing process

## KAZALO

1	UVOD .....	1
1.1	Opredelitev obravnavane teme .....	1
1.2	Namen in cilji diplomskega dela .....	1
1.3	Metode dela .....	2
2	PROIZVODNJA IN NJENI PROCESI .....	3
2.1	Teorija proizvodnje .....	3
2.1.1	Proizvodnja kot proces preoblikovanja virov v izdelke in storitve.....	3
2.1.2	Učinkovitost proizvodnje .....	3
2.1.3	Proizvodna funkcija .....	4
2.2	Organizacija proizvodnje.....	4
2.3	Optimizacija procesov .....	5
2.4	Procesi organizirane proizvodnje .....	5
2.4.1	Proces »zagotavljanja kakovosti« .....	5
2.4.2	Proces »planiranja orodij in naprav«.....	5
2.4.3	Proces planiranja »izdelave«.....	5
2.4.4	Proces »planiranja dela« .....	6
2.4.5	Proces razvoja novih izdelkov .....	6
2.4.6	Informacijski in koordinacijski procesi.....	6
2.4.7	Proces logistike proizvodnje .....	6
2.4.8	Proces planiranja primarnih in materialnih potreb.....	7
2.4.9	Proces planiranja časa in kapacitet.....	7
2.5	Proizvodni sistem in proizvodni proces .....	7
3	OPTIMIZACIJA STROŠKOV PROIZVODNEGA PODJETJA.....	9
3.1	Stroški.....	9
3.2	Povezanost proizvodne in stroškovne funkcije .....	9
3.3	Optimizacija stroškov .....	10

3.4	Vitka proizvodnja .....	12
3.5	Izločitev odvečnih aktivnosti.....	13
4	PODJETJE PIPISTREL .....	15
4.1	Zgodovina podjetja Pipistrel.....	15
4.2	Proizvodni program .....	16
4.2.1	Sinus .....	17
4.2.2	Virus .....	18
4.2.3	Virus SW .....	19
4.2.4	Taurus.....	20
4.2.5	Apis .....	21
4.2.6	Panthera.....	22
4.3	Proizvodnja podjetja Pipistrel.....	23
4.4	Organizacija in proizvodnja podjetja Pipistrel .....	23
4.5	Organizacija priprave proizvodnje .....	27
5	PROIZVODNJA LETALA TAURUS.....	29
6	OKVIR KABINE .....	32
6.1	Gradnja trupa .....	32
6.2	Vgradnja nosilca tečajev.....	32
6.3	Vgradnja sornikov/ čepov.....	33
6.4	Prilagajanje okvirja.....	34
6.5	Vgradnja puš.....	34
6.6	Težava.....	35
6.7	Stroški.....	35
6.8	Predlagana rešitev .....	36
7	POSTOPEK ZA STANDARDNI OKVIR.....	38
7.1	Gradnja trupa .....	39
7.2	Kalup za kabino .....	39



7.3	Vgradnja nosilca tečajev.....	40
7.4	Prilagajanje okvirja.....	41
7.5	Vgradnja zadnjih puš.....	41
7.6	Izdelava priprav za označevanje in vgradnjo .....	42
7.7	Izdelava priprave za vrtanje lukenj.....	44
7.8	Postopek za vgradnjo okvirja kabine.....	45
7.8.1	Zadnje drsne puše.....	45
7.8.2	Vgradnja čepov/sornikov za zaklep .....	48
7.8.3	Prilagajanje okvirja .....	48
7.9	Ugotovitve .....	48
8	ČASOVNA IN STROŠKOVNA OCENA OBRAVNAVANE TEME.....	49
9	ZAKLJUČEK.....	50
10	LITERATURA.....	51

## KAZALO SLIK

Slika 1: Podobnost motornega zmaja in netopirja.....	15
Slika 2: Motorni zmaj.....	16
Slika 3: Sinus 912.....	17
Slika 4: Virus 912.....	18
Slika 5: Virus SW.....	19
Slika 6: Taurus .....	20
Slika 7: Apis.....	21
Slika 8: Panthera .....	22
Slika 9: Organigram .....	24
Slika 10: Sistem medsebojnih odnosov.....	26
Slika 11: Planiranje proizvodnje .....	28
Slika 12: Taurus .....	29
Slika 13: Točke pritrditve okvirja kabine.....	31
Slika 14: Priprava za vgradnjo nosilca tečajev .....	32
Slika 15: Orodje za vgradnjo sornika.....	33
Slika 16: Sornik.....	34
Slika 17: Vgrajen sornik oz. čep .....	34
Slika 18: Točke vpetja okvirja kabine.....	37
Slika 19: Stranski ris trupa Taurus .....	38
Slika 20: Tloris trupa Taurus.....	39
Slika 21: Priprava za določanje oblike roba kabine .....	40
Slika 22: Nadgrajeno orodje za vgradnjo nosilca tečajev .....	41
Slika 23: Izdelava priprave za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsnih puš, 1. del .....	42
Slika 24: Izdelava priprave za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsnih puš, 2. del .....	43
Slika 25: Priprava za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsnih puš .....	44
Slika 26: Izdelava priprave za vrtanje lukenj .....	44

Slika 28: Označevanje lukenj.....	45
Slika 27: Priprava za vrtanje lukenj .....	45
Slika 29: Vrtanje lukenj .....	46
Slika 30: Vgrajena drsna puša v trupu .....	47
Slika 31: Končan postopek vgradnje puše .....	47



# 1 UVOD

## 1.1 Opredelitev obravnavane teme

Organizacija proizvodnje je ključna za doseganje uspehov posameznega podjetja. Proizvodna funkcija pa je del poslovnega procesa v podjetju. Proizvodnja je serija aktivnosti, s katero se viri pretvarjajo v izdelke ali storitve. To se dogaja s pomočjo tehnološkega postopka. Proizvodnja mora biti ustrezno organizirana in optimizirana, saj je le takšna proizvodnja ključ za doseganje uspehov posameznega podjetja.

Izdelava modernih tehnološko zahtevnih kompozitnih kosov je še vedno ročni proces, ki se tudi v največjih letalskih podjetjih šele počasi avtomatizira, pa še to le za enostavne izdelke. Ker je ročna izdelava podvržena večji variabilnosti kvalitete izdelave, so priprave za namestitev nepogrešljivo orodje v proizvodnem procesu.

Trup letala Taurus je eden najbolj kompleksnih kompozitnih kosov v vsej proizvodnji podjetja Pipistrel. V praksi se je izkazalo, da se pri izdelavi trupa in pokrova kabine pojavljajo geometrijska odstopanja, ki jih je potrebno pred montažo odpraviti, kar je zamuden in drag proces.

## 1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen naloge je predstaviti proizvodni proces in njegovo optimizacijo ter se pri tem omejiti tudi na konkretno proizvodnjo trupa letala Taurus.

Cilji diplomskega dela;

- pojasniti organizacijo proizvodnje in njene procese,
- prikazati in opisati optimizacijo procesov proizvodnje,
- pojasniti pomen stroškov za proizvodnjo in njihovo optimizacijo,
- analizirati pomanjkljivosti in s tem povezane dodatne stroške pri trenutnem procesu izdelave trupa letala »Taurus« ter montaži komponent (predvsem pokrova kabine) na trup,
- predlagati in zasnovati priprave, ki omogočajo manjšo variabilnost izdelanih trupov in drugih komponent,
- nov proces prikazati v praksi in ga s stališča stroškov in časovne zahtevnosti kritično primerjati z originalnim postopkom.

### **1.3 Metode dela**

Pri pisanju naloge bomo uporabili;

- deskriptivno oz. opisno metodo dela,
- analitično metodo in
- primerjalno metodo dela.

## **2 PROIZVODNJA IN NJENI PROCESI**

Na začetku naj pojasnim, kdaj govorimo o proizvodjalnem podjetju. Prof. Mihelčič pravi, da je podjetje, katerega naloga je proizvodnja in razpečava gmotnih dobrin, proizvodjalno podjetje z dobrinami (Mihelčič, 2005). Tedaj mislimo na reprodukcijsko ali gospodarsko in potrošniško blago splošne ali končne porabe oz. rabe. Takšna podjetja se morajo razlikovati od trgovskih in storitvenih podjetij.

### **2.1 Teorija proizvodnje**

#### **2.1.1 Proizvodnja kot proces preoblikovanja virov v izdelke in storitve**

Proizvodnja je proces, v katerem se proizvodni viri preoblikujejo v izdelke in storitve. Viri so redki in zato jih je potrebno čim bolj racionalno izkoristiti. Kar pomeni, da jih je potrebno izkoristiti tako, da se bo z čim manj potrošenimi viri ustvarilo čim več izdelkov ali storitev ter ustvarila čim večja vrednost za kupca, s tem pa tudi možnost, da se ustvari zadovoljiva dodana vrednost in dobiček. Proizvodnja je torej serija aktivnosti, s katero se viri pretvarjajo v izdelke ali storitve. To se dogaja s pomočjo tehnološkega postopka. Čas, ki je za to potreben pa je različen in sicer glede na vrsto izdelka ali storitve in glede na tehnološki postopek, ki se pri tem uporabi.

#### **2.1.2 Učinkovitost proizvodnje**

Učinkovitost proizvodnje je pomemben koncept tudi zaradi redkosti dobrin pravi Rebernik, saj je potrebno vire čim bolj izkoristiti. Kadar je mogoče z njihovo drugačno rabo narediti vsaj eno dobrino bolje, ne da bi drugo naredili slabše, pomeni, da viri niso učinkovito izkoriščeni. Vedno obstaja več načinov za proizvodnjo določene dobrine, več različnih kombinacij produkcijskih vzorcev za doseganje danega outputa, zato koncept učinkovitosti vključuje izbiro med več možnimi alternativami. V zvezi s tem moramo razlikovati dva tipa učinkovitosti in sicer;

- tehnološko (tehnično) učinkovitost, ki meri rabo inputov s fizičnimi izrazi, ter
- ekonomsko učinkovitost, ki meri rabo inputov s stroškovnimi izrazi.

Tehnološka učinkovitost je tako proizvodjanje z najmanjšimi potroški proizvodnih virov in je temelj ekonomske učinkovitosti. Slednja je namreč odvisna od cen proizvodnih virov in od njihovih potrošnikov. Ker podjetje inpute plača, je pomembno kako jih izkoristi, koliko energije zanje porabi, ob kakšni porabi delovnih ur, ob kakšni porabi računalniških ur za obdelavo podatkov itd.

Na drugi strani pa je ekonomska učinkovitost tista, ki predstavlja proizvodjanje z najmanjšimi stroški. Podjetje je namreč vključeno v ekonomsko učinkovito proizvodnjo takrat in le takrat, kadar uporablja proizvodne vire v odmerkih, za katere velja, da so stroški na enoto outputa nižji (Rebernik, 2008).

### **2.1.3 Proizvodna funkcija**

Rebernik podaja oris proizvodne funkcije tako, da pravi, da mora vsako podjetje nenehno odgovarjati na dve ključni vprašanji;

1. kako količina vloženih inputov vpliva na količino želenega outputa in
2. katera je tista optimalna količina inputov, ki jih je treba potrošiti, da bi lahko proizvedli želeni output (Rebernik, 2008).

## **2.2 Organizacija proizvodnje**

Da lahko z nekim delom dosežemo uspeh, mora biti takšno delo organizirano. Organizacija proizvodnje je del organizacije dela in iz tega izhaja, da mora biti tudi proizvodnja, če želimo, da je uspešna, organizirana. Proizvodna funkcija je del poslovnega procesa v podjetju. Pevcin pravi, da proizvodna funkcija pomeni spreminjanje prvin poslovnega procesa v učinke poslovnega procesa (Pevcin, 2010).

Polajnar opredeljuje organizacijo proizvodnje kot znanstveno področje na področju tehniških znanosti, ki zajema naslednje discipline;

- Projektiranje proizvodnega sistema
- Projektiranje tehnološkega in proizvodnega procesa,
- Študij dela in ergonomije
- Načrtovanje in vodenje proizvodnje
- Kontrola in zagotavljanje kakovosti
- Rokovanje z materialom
- Vzdrževanje (Polajnar, 1998).



## **2.3 Optimizacija procesov**

Ko je opravljena analiza obstoječega stanja procesov v organizaciji, je smiselno, da se le-ti optimirajo. Optimizacija poslovnih procesov omogoča izboljšavo pretočnega časa procesov, boljšo razporeditev obremenitve osebja, v splošnem izboljšavo poslovanja in omogoča, da se to naredi bolj pregledno. Posredni rezultati takšne optimizacije so izboljšanje zadovoljstva strank in zmanjšanje stroškov poslovanja. Rezultat optimizacije poslovnih procesov je dvojen;

1. prvi rezultat je ugotovitev, kako preurediti sam proces,
2. drugi rezultat nam pove, kateri so kritični deli procesa, ki jih je potrebno informatizirati in računalniško podpreti (Optimizacija procesov, 2010).

## **2.4 Procesi organizirane proizvodnje**

Meglič pojasnjuje naslednje procese organizacije proizvodnje.

### **2.4.1 Proces »zagotavljanja kakovosti«**

Izhodiščne podatke za izvedbo procesa zagotavljanja kakovosti predstavljajo rezultati konstrukcije in planiranja dela. Osnovni cilj zagotavljanja kakovosti je »manjše število napak« (odkrivanje in odstranjevanje napak). Bistvena metoda za preventivno zagotavljanje kakovosti je metoda FMEA (metoda možnih napak in učinkov).

### **2.4.2 Proces »planiranja orodij in naprav«**

Zahteve po orodjih in napravah se določijo v konstrukciji in pripravi dela. Orodja učinkujejo neposredno na spremembo oblike materiala, naprave pa zagotavljajo pravilno lego materiala na stroju.

### **2.4.3 Proces planiranja »izdelave«**

Planiranje materialnih potreb, časov in kapacitet se nanaša na srednjeročno časovno obdobje in zato pogosto prihaja do motenj kot so;

- storniranje naročil kupcev,
- sprememba potreb po izdelkih,
- sprememba podatkov o kapacitetah.

S sprostitvijo naročila v izdelavo, naročilo preide iz faze planiranja v fazo realizacije. Proces »planiranja izdelave« se zaradi kompleksnosti deli na delne procese. Proces je prikazan z diagramom v poglavju 4.5 (slika 11).

#### **2.4.4 Proces »planiranja dela«**

Plan dela – tehnološki postopek – opisuje pretvorbo obdelovanca iz surovca v končni izdelek. Tehnološki postopek podaja: opis surovca, vrsto in zaporedje operacij, prireditev strojev in pomožnih sredstev operacijam, normirane čase izvedbe operacij ter plačilne grupe.

#### **2.4.5 Proces razvoja novih izdelkov**

Procesi razvoja novih izdelkov dobivajo čedalje večji pomen in to zato, ker je življenjski cikel izdelkov vedno krajši in je potrebno pogosteje dajati na trg nove izdelke. Tisto podjetje, ki da kot prvo nov izdelek na trg, lahko postavi visoko ceno izdelka in s tem visoke stroške razvoja izdelka hitro amortizira. Naslednji ponudniki izdelka lahko ponudijo enak izdelek trgu, vendar po nižji ceni in imajo zato težave pri pokrivanju stroškov razvoja. Proces razvoja novih izdelkov se zaradi kompleksnosti deli na delne procese.

#### **2.4.6 Informacijski in koordinacijski procesi**

Za naravnanje logističnih procesov in procesov razvoja novih izdelkov na cilje podjetja so zahtevani spremljajoči informacijski in koordinacijski procesi, kamor štejemo;

- računovodstvo, kot informacijski proces (finančno knjigovodstvo, računanje stroškov, izračun rentabilnosti, nadzor),
- informacijski menedžment, kot koordinacijski proces (upravljanje z osnovnimi podatki, potek projekta).

#### **2.4.7 Proces logistike proizvodnje**

Gre za planiranje in krmiljenje proizvodnje. Logistika proizvodnje oziroma logistični proces proizvodnje spremlja tok naročila od planiranja primarnih potreb pa do

končanja naročila. Logistični proces proizvodnje se zaradi kompleksnosti deli na delne procese.

#### **2.4.8 Proces planiranja primarnih in materialnih potreb**

Primarna potreba sestoji iz;

- potrebne količine končnih izdelkov,
- potrebne količine sklopov in sestavnih delov namenjenih prodaji,
- potrebne količine nadomestnih delov (servisna služba).

Proces planiranja materialnih potreb zajema;

- določitev potrebe po sklopih in sestavnih delih, ki jih bomo sami izdelali,
- določitev potrebe po sklopih in sestavnih delih, ki jih bomo kupili na trgu,
- upravljanje skladišč in oskrbo s kupljenim.

#### **2.4.9 Proces planiranja časa in kapacitet**

Srednjeročno planiranje časa in kapacitet pomeni, da čas in kapacitete ostanejo nespremenjene, dolgoročno planiranje pa, da se čas in kapacitete še lahko spreminjajo. Srednjeročno planiranje časa in kapacitet zajema;

- določitev časovne točke začetka in konca izvedbe posamezne operacije naročila,
- pregled obremenitve kapacitet,
- izravnavo kapacitet, t.j. ozka grla (Meglič, 2007).

### **2.5 Proizvodni sistem in proizvodni proces**

Kadar govorimo o sistemu, mislimo predvsem na vpliv notranje delujočih elementov, ki so povezani in združujejo naslednje tri funkcije;

1. funkcijo upravljanja,
2. funkcijo delovnega procesa in
3. funkcijo kontrole roka.

Ker nas zanima proizvodnja, se bomo omejili na njen sistem, torej na sistem proizvodnje. Polajnar ga opredeljuje kot zbir tehnološkega, tehničnega sistema;

- sistem priprave dela,
- sistem skladiščenja,

- sistem kontrole,
- sistem vzdrževanja,
- sistem upravljanja,
- sistem nabave

in kot značaj človeškega dela. Delovni proces proizvodnega sistema imenujemo proizvodni proces. Njegova osnovna naloga je pretvorba vhodnih komponent v izhodne s ciljem, da se doseže višek vrednosti. Primer proizvodnega sistema je tako na primer tovarna. Delo proizvodnih sistemov predstavljata dva tokova in sicer;

1. tok materiala (predmet obdelave) in
2. tok informacij.

Oba tokova skupaj predstavljata povezano oz. nerazdružljivo celoto. Učinkovitost proizvodnega sistema se lahko izboljša z izboljšanjem tehnologije osnovnih tokov. S spremembami se skuša izboljšati tehnologija obdelave, obdelava informacij pa z uporabo računalnikov (Polajnar, 1998).

### **3 OPTIMIZACIJA STROŠKOV PROIZVODNEGA PODJETJA**

Žibert meni, da na dolgi rok podjetje ne ugotavlja le optimalnega obsega produkcije pri danih stroških, temveč skuša optimalni obseg produkta producirati z optimalno kombinacijo produkcijskih faktorjev, ker so v tem času vsi faktorji variabilni (Žibert, 2004).

#### **3.1 Stroški**

Mihelčič navaja, da vsi stroški v podjetju nastajajo zaradi ustvarjanja poslovnih učinkov in končnega oz. ciljnega poslovnega izida. Poslovni učinki so tisti, ki morajo prenesti ali nositi nastale stroške. To pomeni, da moramo stroške v združbi porazdeliti na proizvode oz. storitve, ki naj s svojo višjo prodajno ceno od vseh stroškov, razporejenih nanje, pokrijejo vse stroške, povezane z njihovim ustvarjanjem in razpečavo (Mihelčič, 2005).

Rebernik pravi, da so oportunitetni stroški, stroški zavržene priložnosti, to je koristi, ki se ji odrečemo, ker izberemo drugačno alternativo. Ko smo določeno alternativo že izbrali, pa je treba znotraj obstoječe izbrane alternative iskati tiste načine kombiniranja proizvodnih virov, s katerimi bomo dosegli čim večjo učinkovitost podjetja (Rebernik, 2008). Nekaterim stroškom se ni moč izogniti, četudi se nič ne proizvede.

#### **3.2 Povezanost proizvodne in stroškovne funkcije**

Rebernik pravi, da stroški nastajajo zaradi trošenja rednih virov, ki jih je treba plačati. Dražji kot je vir, večje stroške bo povzročil in zato je potrebno z njim ravnati čim bolj racionalno. To pomeni, da si je potrebno prizadevati, da bi za določen izdelek ali storitev potrošili čim manj virov in tudi čim cenejše vire. Iz tega izhaja, povsem logično, da je treba izdelek ali storitev narediti s tistimi viri in v tisti količini, ki nas najmanj stanejo. Gre za tesno povezanost in soodvisnost med proizvodno in stroškovno funkcijo.

Za povezanost med proizvodno in stroškovno funkcijo, ki sta si inverzni, navaja naslednje ugotovitve;

- Gibanje stroškov pri naraščajočih donosih variabilnega inputa - ko donosi variabilnega inputa naraščajo, celotni stroški naraščajo po upadajoči stopnji, povprečni stroški pa se zmanjšujejo.
- Gibanje stroškov pri konstantnih donosih variabilnega inputa - ko so donosi variabilnega inputa konstantni, celotni stroški rastejo proporcionalno, povprečni stroški pa se pod vplivom povprečnih fiksnih stroškov zmanjšujejo.
- Gibanje stroškov pri upadajočih donosih variabilnega inputa - ko donosi variabilnega inputa upadajo, celotni stroški naraščajo po naraščajoči stopnji, povprečni stroški pa se pod vplivom povprečnih fiksnih stroškov nekaj časa zmanjšujejo, zatem pa začnejo rasti.

Vsi trije možni odnosi (naraščajoči, konstantni, upadajoči) se lahko opazujejo kot »ena slika«, saj podjetje vselej uporablja različne vrste fiksnih in variabilnih inputov, ki izkazujejo različne donose. Ko proizvodna funkcija odseva vse vrste donosov variabilnega inputa, celotni stroški naraščajo po različnih stopnjah, med tem ko se povprečni stroški še naprej zmanjšujejo in zatem povečujejo.

### **3.3 Optimizacija stroškov**

Dejstvo je, da trženje povzroča stroške. Stroške povzroča tudi usklajevanje ekonomskih aktivnosti v podjetju. Kot ugotavlja Rebernik se bo podjetje za nekatere transakcije izkazalo za bolj učinkovito kot trg v tem smislu, da so stroški iskanja, informacijski stroški, stroški pogajanja, stroški odločanja, stroški nadziranja in uveljavljanja pogodbenih določil manjši kot pa na trgu. Stroški notranje organizacije rastejo, ko se dodatne transakcije prenašajo s trga in postanejo podvržene administrativnemu nadzoru. Kadar podjetje koordinira več aktivnosti in kadar izvaja več funkcij hkrati, postaneta planiranje in odločanje dražja in bolj zapletena. V primeru, kadar se znotraj podjetja organizira več transakcij, narašča tudi možnost (tveganje), da proizvodni viri niso uporabljeni na najboljši možen način. Do tega prihaja zaradi napake pri delitvi dela, v določanju nagrajevanih mehanizmov, v nadziranju rezultatov dela in podobno. Podjetje bo torej težilo k temu, da se povečuje pod naslednjimi pogoji;

- manjši kot so stroški organiziranja transakcij v podjetju in počasneje ko rastejo ti stroški glede na povečanje števila organiziranih transakcij, manj verjetno je, da bo podjetnik delal napake in
- manjši kot je prirastek v napakah s prirastkom organiziranih transakcij, večje je znižanje (ali manjši kot je porast) v nabavnih cenah proizvodnih dejavnikov za podjetja večje velikosti (Rebernik, 2008).

Pevcin pravi, da nižji stroški na enoto proizvoda za posamezno podjetje pomenijo konkurenčno prednost, saj lahko tako podjetje tudi zaračunava nižjo ceno svojim proizvodom ali pa pri isti ceni dosega večje mejne dobičke (Pevcin, 2010).

Za optimizacijo izdelka v procesu razvoja Kveder navaja naslednje;

- Benchmarking (iskanje razlik pri izvedbah in vključuje učenje od najboljše prakse drugih).
- Izgradnja mreže certificiranih laboratorijev.
- Upoštevanje vidikov trajnostnega razvoja.
- Postavitev tehnologij in prilagoditev proizvodnih linij v skladu z EU zakonodajo in smernicami.
- Različni vidiki optimizacije: funkcionalnost, izdelavnost, montaža, vzdrževanje, stroški proizvodnje.
- Vključevanje institucij znanja v proces optimizacije izdelka.
- Razpisi za spodbujanje uvajanja novih tehnologij (Kvader, 2006).

Podjetje se pri strateškem odločanju sprašuje, kakšno kombinacijo produkcijskih faktorjev naj uporabi za produkcijo danega obsega produkta, da bodo produkcijski stroški za ta obseg najmanjši. Tako išče optimalno kombinacijo faktorjev. Ker v mnogih podjetjih predstavljajo stroški materiala in dela oz. storitev pretežni del prodajne cene proizvoda oz. storitve, je nadzor nad cenami in količinami ključnega pomena za doseganje poslovne uspešnosti podjetja. Za uspešen nadzor je potrebno pregledati in analizirati vse stroške v podjetju in poskrbeti za ustrezno ter učinkovito vodenje materialnega poslovanja. Pri iskanju optimalne ravni stroškov je seveda več možnosti oz. strategij. Slednje so odvisne od stanja dejavnosti poslovanja podjetja.

Na spletni strani [www.bfa.si](http://www.bfa.si) navajajo, da optimizacija stroškov vključuje naslednji pristop;

- pregled obstoječih pogodb,
- iskanje alternativnih ponudb,
- omejitev sredstev za posamezna področja,
- fokus tako na stroškovnih mestih kot tudi na stroških, ki se nanašajo na vsako posamezno entiteto (oba pristopa) in
- outsourcing (Optimizacija stroškov, 2010).

Žibert pravi, da podjetje producira z minimalnimi stroški dani obseg produkta takrat, kadar nabavi toliko enega in drugega faktorja, da je mejna stopnja tehnične nadomestljivosti, npr. kapitala z delom, enaka obratnemu razmerju nujnih cen na trgu (Žibert, 2004).

### **3.4 Vitka proizvodnja**

Vitka proizvodnja pomeni sistematičen in celovit pristop k odkrivanju in odpravljanju izgub s težnjo po stalnih izboljšavah. Glavni namen vitke proizvodnje je izničenje »odpada«, ne glede na to v kakšni obliki se pojavi. Na področju proizvodnje so najbolj pogost oz. očitni primer preobsežne zaloge materiala, nedokončani proizvodi in končani proizvodi, ki čakajo kupce. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili oz. opisali takšne izgube, ki jih je potrebno odstraniti.

Potrebno je pravočasno zaključevati naloge, z minimalnimi zalogami, v najkrajšem možnem času in ob najvišji možni izrabi virov za dodajanje vrednosti.

Vitka proizvodnja je tako skupek metod in tehnik, ki zahteva neprekinjeno delovanje vseh udeležencev delovnega procesa v smeri stalnih izboljšav. Lah navaja, da so osnovni koraki stalnih izboljšav (v angleščini) označeni kot »pet S« oz. »pet S-jev«;

- »simplify« - poenostaviti in odstraniti vse, kar ni potrebno in ne prinaša nove vrednosti,
- »scrub« - čistiti, vzdrževati red in čistočo na vseh področjih,
- »straighten« - urediti organizacijo in označevanje,
- »stabilize« - stabilizirati proizvodni proces, pripravo in vzdrževanje,
- »sustain« - vztrajati, stalno težiti k izvajanju nakazanih s-jev.



Kadar pridemo do problema, se je najprej potrebno vprašati zakaj je, glede na našete S-je do njega sploh prišlo. Šele ko ugotovimo razlog, se lahko problem obravnava oz. optimalno rešuje (Lah, 2006).

Vrčkovnik našteva naslednje značilnosti vitke proizvodnje;

- organizacija ima prednost pred avtomatizacijo,
- učinkovitejša komunikacija,
- učinkovitejše delegiranje odgovornosti,
- timsko delo,
- podjetje kot skupni življenjski prostor,
- sistematično odpravljanje vzrokov za napake,
- stalno izboljševanje izdelkov in procesov,
- zmanjšanje števila dobaviteljev na strateško pomembne,
- tesno sodelovanje z dobavitelji,
- zmanjšanje zalog na minimum,
- kratki življenjski cikli izdelkov in
- tržna usmerjenost vseh področij v podjetju (Vrčkovnik, 2008).

### 3.5 Izločitev odvečnih aktivnosti

Če želi podjetje doseči optimalne rezultate poslovanja, mora poskrbeti za izločitev nepotrebnih procesnih aktivnosti. Gre za t.i. potrat, ki ne ustvarja dodane vrednosti. Potrebno ga je poiskati in odstraniti. Liker navaja naslednje izgube, ki jih je potrebno odstraniti;

- **Nepotreben transport ali prenos**

Gre za prenos dela na večje razdalje, neučinkovit transport, neučinkoviti premiki materiala, delov ali končnih proizvodov v skladišča, iz njih ter premiki med procesi.

- **Presežne zaloge**

Vsi presežki surovin ali končnih proizvodov, ki povzročajo porabo časa, zastarano ali poškodovano blago, stroški transporta, skladiščenja in zamik. Presežki zalog povzročajo tudi druge težave kot so neuravnoteženost procesov, zakasnitev dobav, napake, zastoje opreme in dalj časa trajajoče menjave med serijami.

- **Nepotrebno gibanje**  
Nepotrebno gibanje zaposlenih med svojim delom, kot je iskanje, nepotrebno zlaganje proizvodov, orodij itd., vse to je izguba časa in energije.
  
- **Čakanje**  
Naloga delavcev je da nadzorujejo avtomatizirane stroje ali čakajo na naslednji procesni korak, orodje, dobavo, izdelek ali nimajo dela zaradi prazne zaloge, zastoja opreme, ozkih grl v proizvodnem procesu ali drugega podobnega razloga.
  
- **Pretirana ali nepravilna obdelava**  
Gre za izvajanje korakov, ki so za obdelavo proizvodov nepotrebni. Neuspela obdelava, ki je posledica slabih orodij ali neprimerne konstrukcije proizvoda, kar povzroča nepotrebne gibe in napake na proizvodih. Potrata nastane, ko so izdelki višje kakovosti, kot jo je odjemalec zahteval ali kot je zanjo pripravljen plačati.
  
- **Presežna proizvodnja**  
Gre za proizvodnjo izdelkov za katere ni naročil. To generira potrato kot preveliko število zaposlenih in stroške skladiščenja ter stroške transporta zaradi presežnih zalog.
  
- **Napake**  
Proizvodnja izdelkov z napakami ali njihovo popravilo. Popravila, dodelave, izmet, kontrola, nadomestna proizvodnja pomenijo potrato pri manipulaciji, času in delu.
  
- **Neizkoriščena ustvarjalnost zaposlenih**  
Pomeni izgubljanje časa, idej, veščin, izboljšav in priložnosti za učenje z ne vključevanjem ali neposlušanjem zaposlenih (Liker, 2004).

## 4 PODJETJE PIPISTREL

### 4.1 Zgodovina podjetja Pipistrel

Zgodovina podjetja Pipistrel sega v leto 1987, ko je bilo ustanovljeno kot prvo zasebno podjetje za izdelavo zračnih plovil v takratni Jugoslaviji. Pred letom 1990 je to predstavljalo velik izziv, saj je vojaško letalstvo ponujalo edino možnost letenja, za širšo javnost pa so bila letališča večinoma zaprta. Bilo je podobno, kot da bi se lotili proizvodnje, hkrati pa se zavedamo, da izdelkov zaradi zakonodaje ne bomo mogli prodati.

V Ajdovščini je bilo športno letališče in piloti ultralahkih letal so morali leteti na skrivaj. Potrebno je bilo počakati, da so klubski piloti končali letenje za tisti dan in nato na skrivaj opravljati polete uro ali dve, preden je padel mrak. Najprej je Pipistrel proizvajal motorne zmaje in ko so pozno zvečer leteli z uporabo luči na sprednjem delu zmaja, je ta trikotna oblika dajala podobo netopirja (slika 1), Latinska beseda za netopir je Pipistrellus. Leta 1992 je podjetje spremenilo še status in se preoblikovalo v Pipistrel d.o.o. Ajdovščina, ki se je ohranilo do danes. Z leti svojega obstoja je utrjevalo svoj položaj in z gotovostjo lahko trdimo, da si je ajdovski netopir ustvaril svetovni sloves med izdelovalci ultralahkih letal.

Z rastjo podjetja je naraščalo tudi število zaposlenih. Tako je bilo na dan 1.10.2011, redno zaposlenih 61 oseb, v delovni proces pa vpletenih preko 100 kooperantov in dobaviteljev.



Slika 1: Podobnost motornega zmaja in netopirja (Pipistrel ID, 2011)

## 4.2 Proizvodni program

Osnovni proizvodni program podjetja je izdelava ultralahkih letal. Iz Pipistrelve proizvodnje sta v letu 2011 nova lastnika poletela s 100-tim Taurusom in 400-tim Sinusom. Če prištejemo še preko 500 prodanih motornih zmajev (slika 2) in nekaj letal Apis/Bee, je Ajdovsko podjetje prodalo že več kot 1000 plovil.

Proizvodni program ultralahkih letal torej obsega modele;

- Sinus
- Virus in
- Virus SW
- Taurus
- Apis



Slika 2: Motorni zmaj (Pipistrel ID, 2011)

#### 4.2.1 Sinus

Z novimi idejami in s pravim timom se je začela proizvodnja letal. Najprej so iz delavnice prihajala letala, proizvedena pod licenco tujega lastnika, v letu 1995 pa se je začel razvoj in sčasoma tudi proizvodnja lastnega motorno-jadralnega letala. Rodil se je Sinus (slika 3), prvo dvosedežno motorno-jadralno ultralahko letalo na svetu. Bil je velik prodajni hit, samo v prvem letu je podjetje prejelo preko 100 naročil za to letalo.



Slika 3: Sinus 912 (Pipistrel ID, 2011)

#### 4.2.2 Virus

Virus (slika 4) je letalo z enakim trupom kot Sinus, vendar ga v zraku držijo krajša in hitrejša krila z 12,4-metrskim razponom. Virus združuje visoko potovalno hitrost (230 km/h) z izjemno majhno porabo goriva ter nadpovprečnim drsnim razmerjem (1:24) v primeru odpovedi motorja. S krajšimi krili je tudi okretnejši.



Slika 4: Virus 912 (Pipistrel ID, 2011)

### 4.2.3 Virus SW

Leta 1999 je luč sveta ugledalo letalo Virus SW (slika 5). Ima krajša krila, je hitrejše in bolj ekonomično, idealno za potovanje na dolge razdalje in za šolanje pilotov v letalskih šolah. Izgleda podobno kot navaden Virus, ampak lahko doseže hitrost do 300 km/h, kar pomeni, da je trenutno najhitrejše ultralahko letalo na svetu.



Slika 5: Virus SW (Pipistrel ID, 2011)

#### 4.2.4 Taurus

Leta 2004 je iz proizvodnje zapeljalo prvo letalo Taurus (slika 6), prvo dvosedežno jadralno letalo s pomožnim motorjem na svetu, ki ima sedeže vzporedno in ne enega za drugim. Konfiguracija je idealna za šolanje, saj se pilota lahko enostavno pogovarjata med sabo. To letalo je sedaj dobavljivo tudi z električnim motorjem, kar pomeni, da ne proizvaja nobenih emisij CO<sub>2</sub> in je skoraj popolnoma neslišno.



Slika 6: Taurus (Pipistrel ID, 2011)



#### 4.2.5 Apis

Najnovejša pridobitev je Taurusov manjši brat, Apis/Bee (slika 7). Je enosedežno jadralno letalo s pomožnim motorjem. Apis si lasti več svetovnih rekordov tako v hitrosti kot v preletenih razdaljah. Dobavljiv je v dveh različicah; z električnim in z bencinskim motornim pogonom.



Slika 7: Apis (Pipistrel ID, 2011)

#### 4.2.6 Panthera

V letu 2012 bo poletelo popolnoma novo štirisedežno poslovno letalo Panthera, zasnovano z uporabo najsodobnejših tehnik za projektiranje in gradnjo, na podlagi 25 letnega znanja, izkušenj in odličnost pri gradnji letal. Slika 8 prikazuje model letala in njegovo dovršenost v dizajnu. Panthera ponuja popoln kompromis med ceno, udobnostjo, varnost in zmogljivost letala.



Slika 8: Panthera (Pipistrel ID, 2011)

### **4.3 Proizvodnja podjetja Pipistrel**

Vsak izdelek je unikat, saj je večinoma plod ročnega dela. Proizvodnja ne dela izdelkov na zalogo, temveč po principu predplačila, kar pomeni izdelava po naročilu. Konkurenčno prednost pred ostalimi proizvajalci predstavljajo predvsem visoka tehnološka raven, fleksibilnost proizvodnje, timsko delo in nenehno prilagajanje potrebam kupcev. V letu 2004 se je podjetje preselilo v nove prostore. Skupno več kot 5000 kvadratnih metrov površin za proizvodnjo in vzdrževanje, ki vključujejo najnovejša spoznanja in tehnologije tako na področju letalstva kot zaščite okolja, je omogočilo povečanje proizvodnih zmogljivosti. Do danes je Pipistrel prodal preko 1000 zračnih plovil širom po svetu in tendenca kaže, da se bo taka rast nadaljevala tudi v prihodnje.

Proizvodnja je eden najpomembnejših členov verige podjetja., kar pa ne pomeni, da za dober rezultat ne potrebujemo sodelovanja ostalih. Obstaja seveda razlog zakaj mora celotna organizacija upoštevati zahteve proizvodnega procesa ter tako vse (celotno zgradbo in organizacijske procese) prilagajati pogojem in možnostim proizvodnje. Nujna pa je tudi obratna relacija- tudi organizacija proizvodnje mora upoštevati možnosti drugih funkcij.

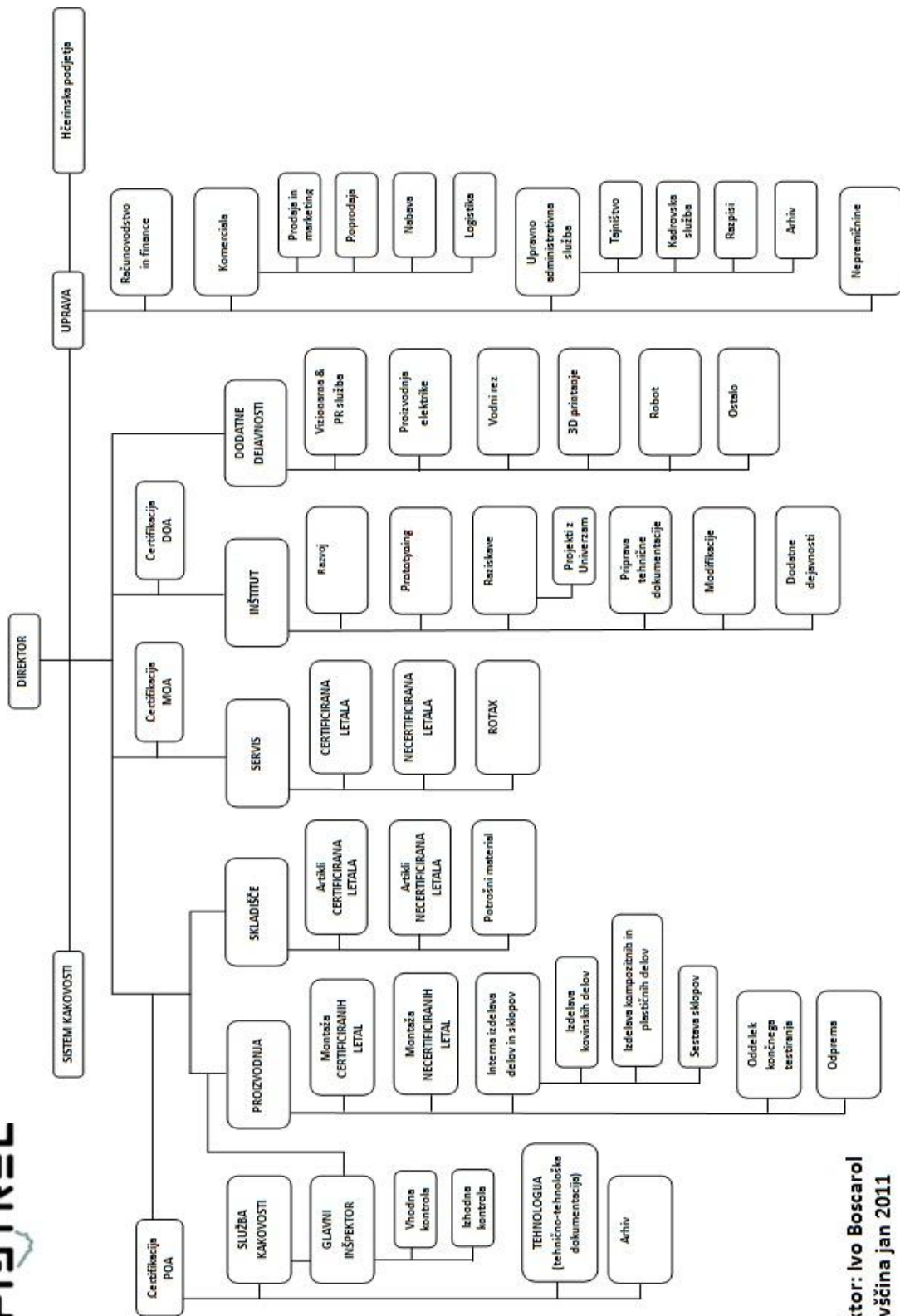
### **4.4 Organizacija in proizvodnja podjetja Pipistrel**

Poslovno funkcijska organizacijska struktura je razdeljena na posamezne poslovne funkcije, ki zajemajo delovne naloge istega področja. Mihelčič omenja, da je ta oblika primernejša, če podjetje želi poudariti načelo strokovne odgovornosti posameznika. Z natančno delitvijo dela so porazdeljene tudi pristojnosti in odgovornosti posameznika (Mihelčič, 1999).

Organigram podjetja Pipistrel prikazuje poslovno funkcijsko organizacijsko strukturo, ki jo uporablja (slika 9). Na vrhu podjetja je direktor in lastnik, kateremu so neposredno odgovorni vodja proizvodnje, skladišča, servisa, inštituta, službe kakovosti in vodje dodatnih dejavnosti. Strateške odločitve sprejema direktor, zaradi relativne majhnosti podjetja in boljše kontrole pa vzdržuje nadzor nad vsakim posameznikom. Podjetje ima v osnovi funkcijsko organizacijsko strukturo, ki pa preide v mešano, saj slednja lahko reši večino problemov, ki se pojavljajo pri osnovni strukturi.



**ORGANIGRAM PODJETJA PIPISTREL D.O.O. AJDOVŠČINA**



**Direktor: Ivo Boscarol**  
Ajdovščina jan 2011

Slika 9: Organigram (Pipistrel ID, 2011)

V podjetju Pipistrel poteka proizvodnja po naročilu, izdelki so namenjeni znanim kupcem. Ob povpraševanju se pripravi ustrezna ponudba. Ko se kupec odloči naročiti izdelek, mora plačati aro in takrat se izvede naročilo in planiranje proizvodnje. Za tako proizvodnjo je značilno, da naročila prihajajo brez nekega zaporedja, zato tudi ni mogoče zagotoviti stabilne proizvodnje. Delovne naloge mora podjetje ustrezno razvrstiti, tako da zadovolji zahteve naročnika glede dobavnega roka in zahteve podjetja po ekonomičnosti, kar se kaže v ustrezni izkoriščenosti kapacitet in resursov, ki so na voljo. Proizvodni procesi so nekakšne celice, ki so tudi prostorsko ločene. Vsaka celica je sestav resursov in dokumentov, ki nam omogoča izdelavo določenega artikla.

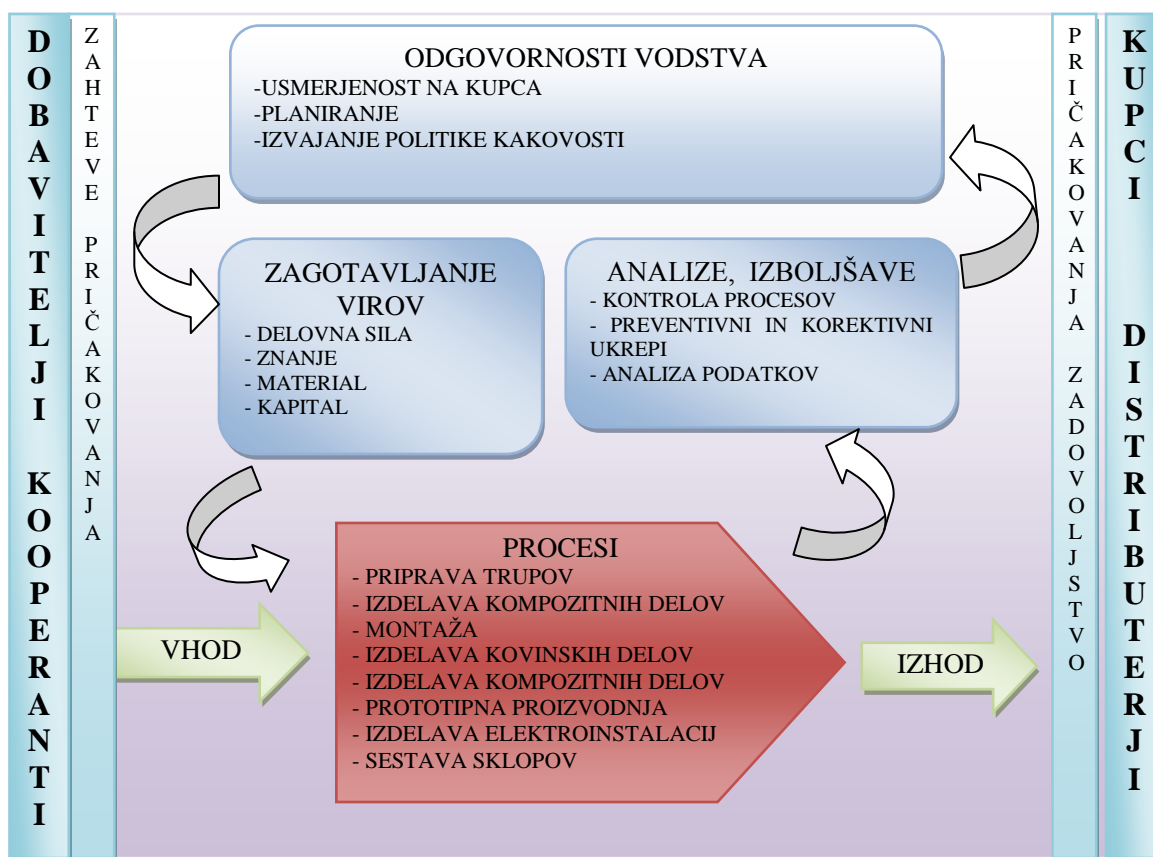
Resursi, ki so na voljo so;

- ljudje
- material
- orodja in
- stroji

Proizvodni procesi oz. celice so;

- priprava trupov Sinus/Virus
- groba montaža Taurus/Apis
- montaža Sinus/Virus
- končna montaža Taurus/Apis
- sestava sklopov
- izdelava kovinskih delov
- izdelava kompozitnih delov
- izdelava elektroinstalacij
- končno testiranje
- odprema

Kot prikazuje slika 10, je vodstvo podjetja tisto, ki je odgovorno za usmerjenost na kupca, za planiranje in izvajanje politike kakovosti. Vodstvo zagotavlja vire in sicer: delovno silo, znanje, material in kapital. Vse naštetu je potrebno, da »stečejo« naslednji procesi: priprava trupov, izdelava kompozitnih in kovinskih delov, montaža, prototipna proizvodnja, izdelava elektroinštalacij in sestava sklopov. Seveda pa so za konstantno kakovost in učinkovitost proizvodnje potrebne analize in izboljšave (kontrola procesov, preventivni in korektivni ukrepi in analiza podatkov). »Krog« se ponovno zaključi pri odgovornosti vodstva.



Slika 10: Sistem medsebojnih odnosov

## 4.5 Organizacija priprave proizvodnje

Za operativno pripravo proizvodnje ter hitro in učinkovito izvedene naloge je potrebno;

- planiranje in uresničevanje planirane proizvodnje,
- terminiranje in izkoriščanje kapacitet,
- dokumentacijsko pripraviti, spremljati in zaključiti proizvodnjo,
- koordinirati vse proizvodne aktivnosti ter povezave s drugimi aktivnostmi v podjetju, za kar je potrebno ustvariti podlage v obliki tehnoloških, ekonomskih in organizacijskih parametrov.

Za pripravo teh parametrov in podatkov podjetje uporablja naslednje procese;

- konstrukcijska,
- tehnološka in
- operativna priprava proizvodnje.

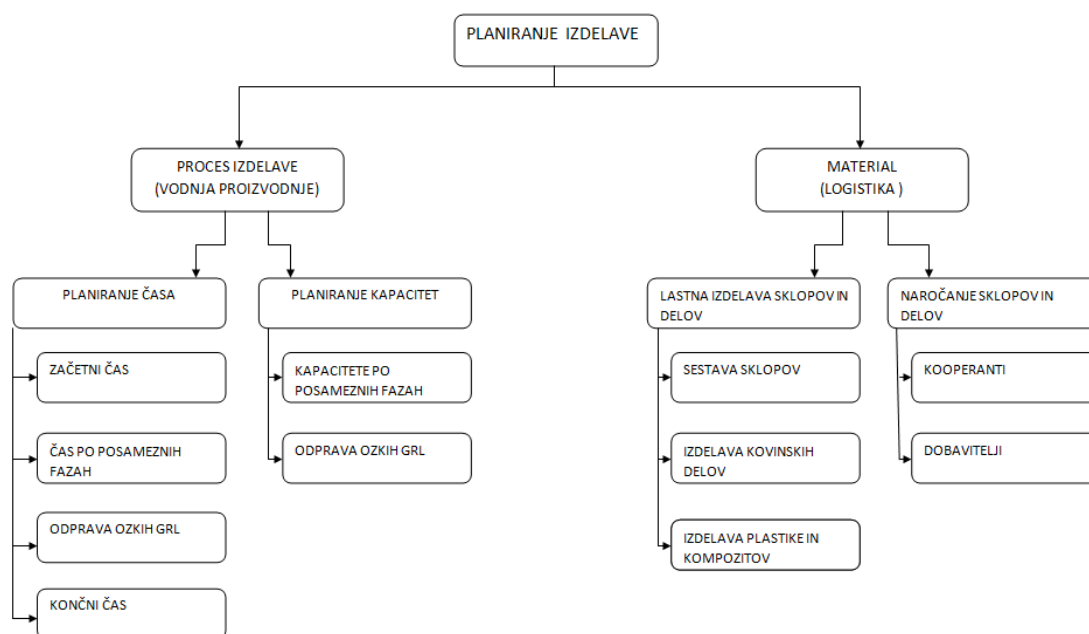
Za učinkovito organizacijo operativne priprave proizvodnje je potrebno predhodno oblikovati in pripraviti osnovno dokumentacijo za izvajanje aktivnosti planiranja. Kvaliteta, način priprave podatkov, način zajemanja in obdelave podatkov je strateškega značaja. Danes, v obdobju informatike, si je praktično nemogoče predstavljati obdelavo podatkov brez njihove predhodne priprave, standardizacije in sistematizacije. Ključnega pomena za proizvodnjo je tudi planiranje in uravnavanje zalog. Postopek planiranja proizvodnje oz. izdelave produkta v podjetju Pipistrel je prikazan v shemi na sliki 11.

Izvajanje proizvodnje in kontrola izvajanja obsega: lansiranje nalogov, vhodno izhodna kontrola, uravnavanje pretokov, spremljanje izvajanja, planiranje in kontrola projektov. Zagotavljanje kakovosti pa obsega: zunanji in notranji vidik kakovosti, celostno obvladovanje kakovosti, krog kakovosti ter orodja za kontrolo kakovosti.

Pri planiranju proizvodnje v podjetju Pipistrel se procesi delijo na dva glavna dela;

- proces izdelave in
- logistika

Proces izdelave se deli na dva podprocesa, ki temeljita na planiranju kapacitet in času izdelave. Proces logistika pa temelji na dobavi sklopov in delov, ki so predvideni za izdelavo.



Slika 11: Planiranje proizvodnje



## 5 PROIZVODNJA LETALA TAURUS

Proizvodnja se prične pri kooperantih, ki izdelajo trup letala in krila. To so le polizdelki, saj je tako na trupu kot na krilih potrebnih še mnogo dodelav in vgradenj, preden je izdelek končan kot na sliki 12.

V proizvodnji podjetja Pipistrel je prvi proces groba montaža. To je večinoma delo s kompoziti, ki jih sestavljajo steklena in karbonska tkanina ter kevlar. Prav tukaj se pojavljajo največja geometrijska odstopanja, saj je ta proces pretežno ročno delo.



Slika 12: Taurus (Pipistrel ID, 2011)

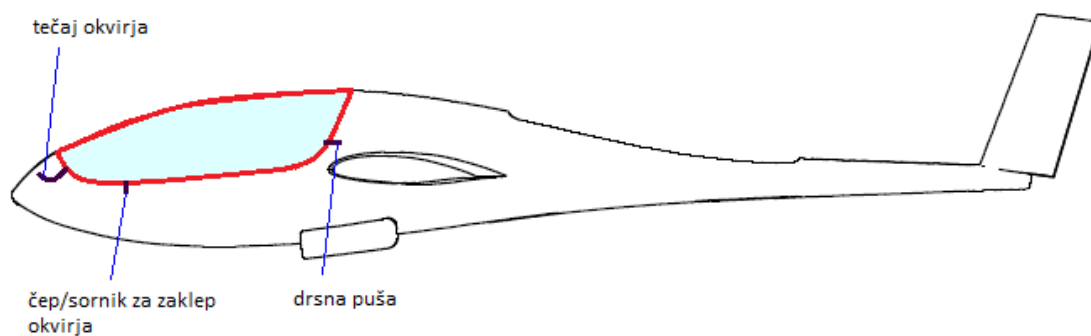
Groba montaža je sklop aktivnosti, ki se deli na;

- **Trup:**
  - Priprava trupa in razna nepredvidena dela.
  - Drenažne luknje in luknje za statiko.
  - Izrez in vgradnja zadnjega kolesa.
  - Izrez za ventilčke goriva, ena stran.
  - Vgradnja vlečnega mehanizma.
  - Prilagajanje in odtisi na vratih podvozja, brušenje in vgradnja vrat, držala elastike in premaz.
- **Kabina:**
  - Brušenje karbonskih površin.
  - Vrtanje lukenj zračnika spredaj.
  - Vrtanje lukenj statike, priprava in vgradnja cev. Vgradnja pokrovčkov odprtih statičnega tlaka.
  - Vgradnja pokrovčkov ventilacije.

- Priprava in pritrditev rezervoarja balasta. Vgradnja ročaja.
  - Vgradnja ježkov, stranskih tapiserij.
  - Vrtanje odprtine za pokrovček ventila goriva.
  - Vrtanje lukenj zračnika na boku pod robom okvirja kabine.
  - Barvanje roba kabine- spredaj.
  - Brušenje sprednjega dela in premaz z mat lakom.
- **Centroplan:**
- Priprava podnožja komand .
  - Vgradnja kontejnerja za baterije, nosilca vzglavnikov, podnožja komand, nosilca cevk goriva.
  - Ojačitev tangencialne palice.
  - Brušenje in premaz s smolo.
- **Motorski prostor:**
- Vgradnja gumijastih blažilcev motorne roke.
  - Brušenje motornega prostora in vgradnja kolesca za dvig motorne roke.
  - Priprava tečajev in vgradnja v motorski prostor.
  - Motorska vrata (prileganje na odprtino na trupu, razrez, vgradnja tečajev, trakov za ojačitev in držala elastike).
  - Izolacija motorskega prostora, vrat in premaz .
- **Okvir kabine:**
- Priprava in vgradnja puš zapiralnega mehanizma.
  - Prilagajanje in vgradnja sornikov zapiral kabine.
  - Priprava tečajev kabine.
  - Priprava okvirja, bokov, lokov in tečajev za vgradnjo.
  - Priprava zapiralnega mehanizma in vgradnja.
  - Priprava in vgradnja bokov in lokov.
  - Priprava in vgradnja tečajev kabine, odpiral in zapiral.
  - Vrtanje lukenj zračenja, ojačitev tečajev s tkanino, dodatna dela na pušah in na robu okvirja.
  - Priprava in vgradnja pleksi stekla.
  - Brušenje, barvanje in poliranje okvirja kabine.

Proces "okvir kabine" je opisan bolj podrobno, saj od tod izvira ideja za izvedbo optimizacije proizvodnega procesa.

Okvir je potrebno prilagoditi vsakemu trupu letala Taurus posebej, kar pomeni, da se celoten postopek vsakič izvede posebej. Ker je takšno prilagajanje okvirja ročno delo, celoten proces pa zahteva več ljudi na različnih lokacijah v več kot desetih aktivnostih, so lahko odstopanja v obliki zelo velika. Poleg tega se del zapiralnega sistema izdelava potem, ko je okvir že prilagojen na posamezen trup letal, kar pomeni še dodatna odstopanja. Na sliki 13 so prikazane točke pritrditve okvirja, na katerih so bile poleg trupa opravljene izboljšave.



Slika 13: Točke pritrditve okvirja kabine

## 6 OKVIR KABINE

### 6.1 Gradnja trupa

Gradnja trupa letala poteka pri kooperantu. Postopek zahteva, da se kalup trupa deli na levo in desno polovico. Pri izdelavi se v vsako polovico vgradi taka tkanina, kot je določena po načrtu laminacije. V eno polovico se vstavi dele, katerih ni mogoče vstaviti potem, ko je trup zaprt. Ko je vse pripravljeno, se kalupe sestavi skupaj in trup se zlepi v celoto. Oba kalupa imata pozicionirne puše, tako da je izdelek iz istega kalupa vedno popolnoma enak. Izdelek je potrebno segreti na minimalno 60 °C vsaj 9 ur. Po končanem postopku se kalupa odstrani. Ker ni mogoče doseči, da bi bil izdelek brez napake, ga je potrebno poravnati z ličarskim kitom in šele potem se ga barva v končno belo akril barvo. Težava nastane, ker pri nanosu ličarskega kita ne obstaja nobena šablona, ki bi določala obliko oz. količino nanosa. Del se ravna po občutku in to lahko pripelje do deformacije oblike odprtine, kamor nalega okvir kabine.



Slika 14: Priprava za vgradnjo nosilca tečajev

### 6.2 Vgradnja nosilca tečajev

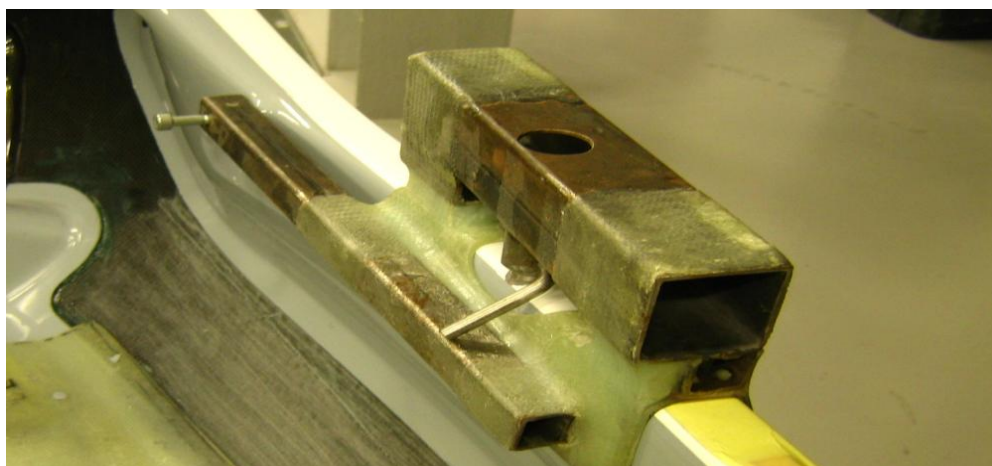
Takoj, ko se odstrani kalup trupa, se s pomočjo posebne priprave (slika 14) vgradi nosilec tečajev (točka K na sliki 20). Vgradnja poteka tako, da se pripravo postavi na sredino sprednjega dela odprtine, sredino se določi po lepilnem spoju, ki je širok približno 2 mm. Centra trupa torej ni mogoče določiti natančno, poleg tega se lahko

priprava ob vgradnji premakne v eno ali drugo stran. Če se napake na trupu in nosilcu tečajev seštejejo, lahko pride do zamika štirih milimetrov.

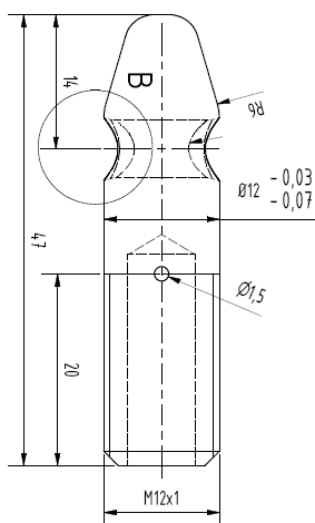
### 6.3 Vgradnja sornikov/ čepov

Pred vgradnjo je potrebno čepe obdelati. Na obeh straneh prečne luknje se robove prehoda iz konusa v luknjo obrusi tako, da nastane radij minimalno 5 mm, obdelovanec mora biti na koncu spoliran (slika 16). Za označevanje lukenj na trupu se uporablja kar priprava za vgradnjo sornika. Na ustrezno pozicijo postavimo pripravo in zarišemo potrebno odprtino. S svedrom premera 7 mm zvrtaemo luknjo globine 22 mm in jo z diamantnim rezkarjem premera 6 mm povečamo na 12,5 mm. Preizkusimo, da ima čep v pritrjeni pripravi še vedno 1 mm zračnosti. Na trup se vstavi okvir, in nato poveča do spodnje velikosti in pozicije že narejeno luknjo premera 4 mm. V okvirju je že napravljena luknja premera 6 mm, katero povečamo na velikost odprtine v trupu. Okvir nato odstranimo. Preko luknje damo rdeč lepilni trak, da smola pri vgradnji ne pride v stik s trupom. Na mestu odprtine izrežemo lepilni trak. Z acetonom očiščen čep vstavimo v pripravo za vgradnjo (slika 15), luknjo na trupu napolnimo z bombažem, nekaj ga z čopičem nanesemo na navoj. Čep s pomočjo priprave vgradimo na ustrezno mesto.

Naslednji dan odstranimo pripravo in lepilni trak. Sledi lepila očistimo s čistilnim lepilom, smolo pa previdno odstranimo z nožem. Ker se sornik vgrajuje s pripravo, edino pri tej fazi dela ne pride do odstopanja. Na sliki 16 je risba sornika, slika 17 pa prikazuje že vgrajen sornik.



Slika 15: Orodje za vgradnjo sornika



Slika 16: Sornik (Pipistrel ID, 2011)



Slika 17: Vgrajen sornik oz. čep

## 6.4 Prilagajanje okvirja

Iz kalupa se na okvir kabine prenese tudi označba lukenj na zadnjem delu, skozi katero na koncu teče zapiralni mehanizem. To luknjo se prevrta in poveča do velikosti in oblike, da lahko skozenj vstavimo pušo zapiralnega sistema. Okvir kabine se nato vstavi na trup ter pritrdi z lepilnim trakom na zunanji strani. Ker je pred vgradnjo lokov in bokov močno fleksibilen, ga je mogoče lepo prilagoditi trupu. V primeru, da pri gradnji trupa pride do večje deformacije, je potrebno po vgradnji pleksi stekla okvir ustrezno obrusiti oz. mu dodati kit, da se enakomerno prilega trupu letala.

## 6.5 Vgradnja puš

Pušo, tisto za vgradnjo v trup in tisto, za vgradnjo v okvir kabine se zacini skupaj. Skozi zadnjo odprtino okvirja pa se na trup označi in zvrta luknja za pušo. S slednjo aktivnostjo je vedno težava saj se luknja vrta skozi okvir. Najprej s svedrom premera 6 mm, nato se razširi z diamantnim rezkarjem premera 6 mm, kar večkrat povzroči poškodbo roba luknje.

Luknjo se napolni z zgoščeno smolo. Nato se vstavi zapiralni mehanizem v obliki dvodelne kovinske palice premera 6 mm., spredaj skozi čep, na sredini se vpne v zato pripravljeno držalo s pločevino, ki kasneje služi za odpiranje in zapiranje, zadaj

pa se vstavi s pušo v pripravljeno odprtino. Slednjo prej natakne na palico za odpiranje. V praksi se je pokazalo, da so zaradi nenatančne pozicije puš odstopanja med posamezni letali enostavno prevelika, da bi bilo mogoče zamenjati okvirje kabine z drugimi letali. Težave nastanejo tudi med vrtnjem luknje, saj ob najmanjši nepazljivosti poškodujemo rob.

## **6.6 Težava**

V primeru, da pride do poškodbe na pleksi steklu ali na okvirju, nastane težava, saj je za popravilo oz. menjavo potreben servis na naslovu, kjer se nahaja letalo ali pa prevoz letala na podjetje v Ajdovščino. V primeru, da pride do hujše poškodbe in je potrebno zamenjati komplet okvir, je verjetno edina možnost transport letala v matično podjetje in po popravilu nazaj do lastnika.

## **6.7 Stroški**

Kadar gre za reklamacijo vsi nastali stroški padejo v breme podjetja Pipistrel. Če upoštevamo, da prihajajo kupci letal iz Amerike, Kanade, Mehike, Brazilije, Argentine, Rusije, Litve, Kitajske, Nove Zelandije, Nizozemske, Belgije, Nemčije, Slovaške, Švice, Francije, Češke, Avstrije, itd., se lahko strošek zaradi oddaljenosti od matične tovarne enormno poveča.

Če gre za reklamacijo iz neke evropske države, se letalo pripelje na servis, podjetje pa zaračuna stroške prevoza, ki so 1,7 € / km računani le za eno smer. Spodaj je prikazan izračun za dostavo na servis in nazaj.

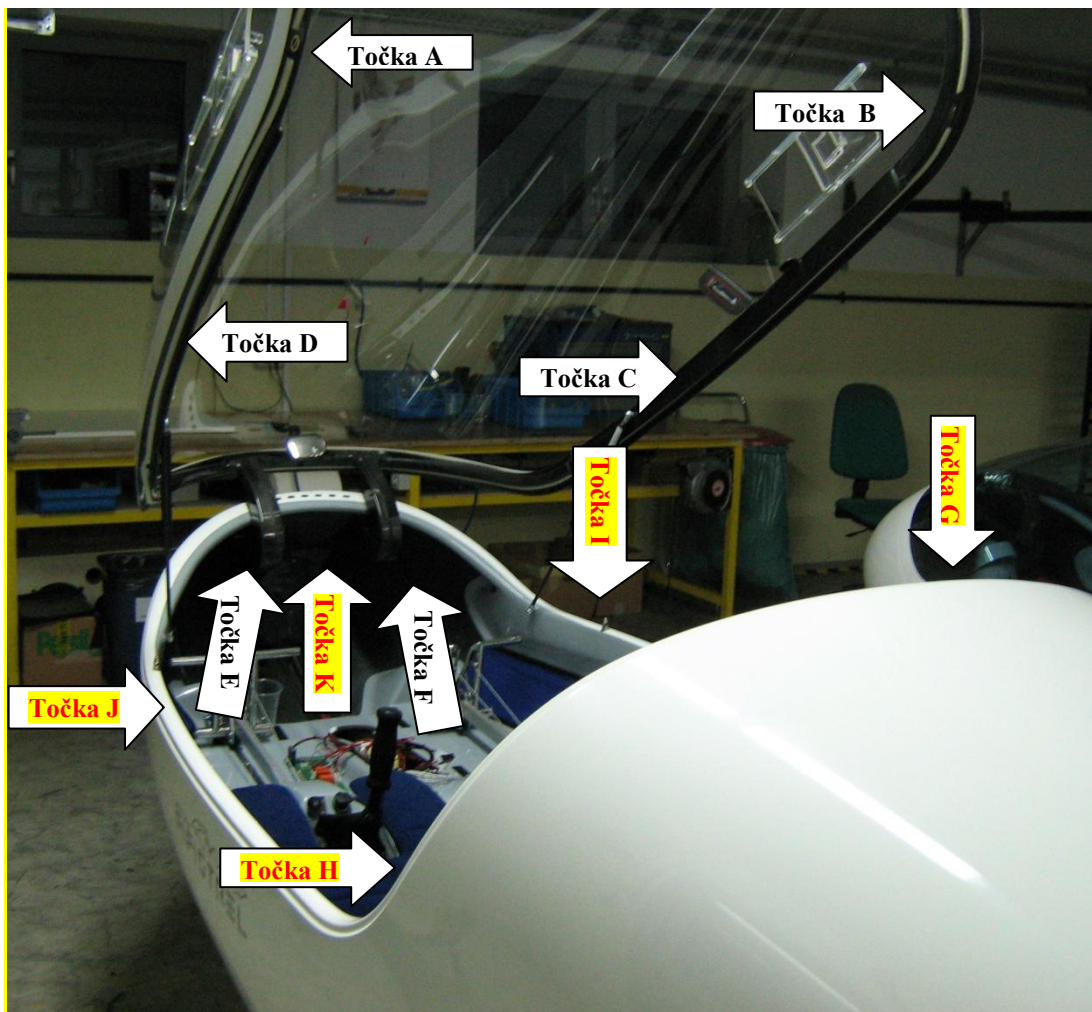
Primer za Litvo:  $1680 \text{ km} \times 1,7 \text{ €} = 2856 \text{ €}$  za prevoz na servis in še enkrat toliko za dostavo stranki, kar skupno znese 5712 €.

Če gre za servis na naslovu lastnika letala, je ta strošek nekoliko nižji, zato pa obstaja tveganje, da bo delo slabše opravljeno saj terensko delo ne dopušča toliko alternativ kot delavnica. Večja težava nastane, če se poškoduje okvir na letalu, ki je izven Evrope.

## 6.8 Predlagana rešitev

Predlagana rešitev je standardni okvir kabine. Zasnovane in izdelane so priprave, ki omogočajo manjšo variabilnost izdelanih trupov in drugih komponent, kar pomeni izdelavo pozicionirnih priprav in tehnologije pri obdelavi trupa, okvirja kabine in z njim povezanih komponent. S tem postopkom bi pridobili trupe z visoko podobnostjo in okvirje, ki bi se prilegali vsakemu trupu letala. V primeru, da bi se poškodoval pokrov kabine na letalu, bi podjetje Pipistrel poslalo po pošti nov rezervni del in lastnik bi sam lahko zamenjal okvir s pomočjo priloženih navodil. Okvir je pritrjen na trup le z dvema vijakoma, nanj sta pritrjena še dva amortizerja za pomoč pri odpiranju, zato je menjava okvirja relativno lahko opravilo, ki ne zahteva niti spretnosti, niti posebno veliko časa.





Slika 18: Točke vpetja okvirja kabine

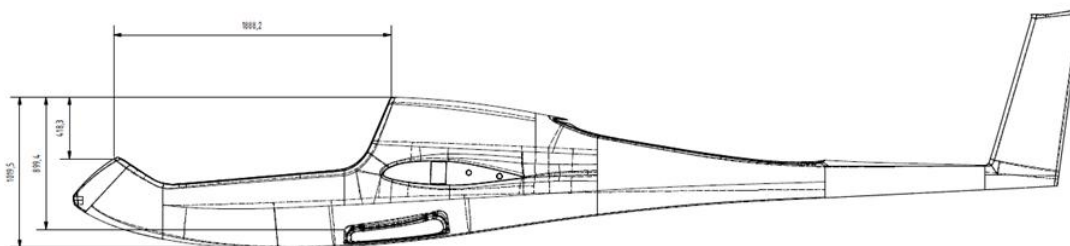
## 7 POSTOPEK ZA STANDARDNI OKVIR

Na sliki 18 so prikazane točke vpetja okvirja kabine;

- točki A in B sta drsni puši 30° v okvirju kabine
- točki C in D sta puši okova kabine
- točki E in F sta tečajja kabine
- točki G in H sta drsni puši 30° v trupu
- točki I in J sta čepa ali sornika
- točka K je nosilec tečajev okvirja kabine

Okvir je s tečajema (točki E in F slika 18) vpet v sprednji del trupa (točka K slika 18). V zaprti poziciji drog zapiralnega mehanizma poteka skozi čepa odprtine trupa (točki I in J slika 18) in skozi puši okvirja kabine (točki C in D slika 18) na sprednjem delu odprtine. V zadnjem delu drog poteka skozi drsne puše (točki A in H ter točki B in G slika 18). Skupno je torej kabina pritrjena v šestih točkah, ki morajo biti na popolnoma enakih pozicijah na vseh letalih. Trupi morajo imeti čim bolj podobne zunanje mere odprtin (slika 19 in 20), da se kabina v zaprtem položaju lepo nalega in tako tvori enakomerno zračnost in poravnano med trupom in okvirjem. Za predlagano rešitev je potrebno spremeniti postopke pri;

- gradnji trupov
- vgradnji nosilca tečajev
- prilagajanju okvirja in
- vgradnji zadnjih puš
- brušenju, barvanju in poliranju okvirja kabine.



Slika 19: Stranski ris trupa Taurus (Pipistrel ID, 2011)

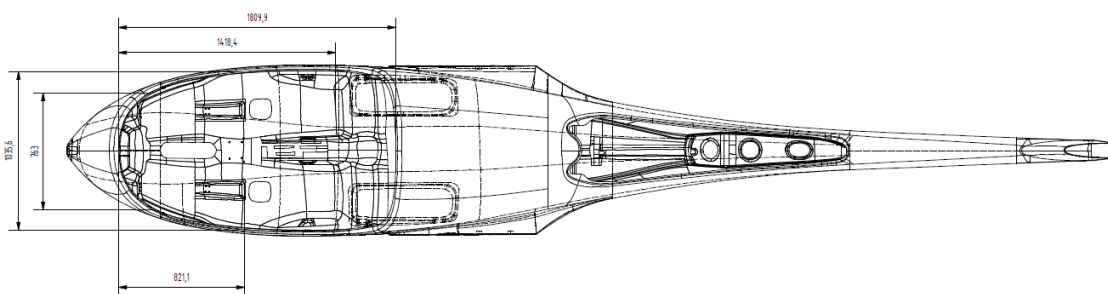
S stališča geometrijskega odstopanja je osnovni problem prilagajanje pokrova kabine na trup letala. To pomeni, da se vsak okvir prilagaja točno enemu trupu. Po podatkih prodajne službe je prodanih preko 100 letal znamke Taurus, kupci pa prihajajo praktično s celega sveta. Izdelek je relativno nov, zato do sedaj ni bilo reklamacij v zvezi z naleganjem pokrova kabine, se pa pričakujejo v prihodnje zaradi staranja in obrabe materiala. Ker tako trup kot okvir nista standardne oblike, je za zamenjavo okvirja potrebno izpeljati celotni proces, natanko tak, kot je pri grobi montaži letala.

Rešitvi sta dve;

- odhod skupine z vsem potrebnim materialom na mesto, kjer je stacionirano letalo ali
- transport letala na matično podjetje v Ajdovščino.

## 7.1 Gradnja trupa

Predlagal sem šablono v obliki okvirja, ki bi se popolnoma prilegal kabini. To bi sicer bil čisto navaden okvir, temveč močno ojačan, ki bi ga postavil na odprtino kabine. Pri oblikovanju trupa (ravnanju z ličarskim kitom in barvanju) bi predstavljal vodilo za končno obliko. Trup bi moral biti po barvanju poravnan s šablono, tako, kot je poravnan okvir kabine po zadnji fazi v grobi montaži.



Slika 20: Tloris trupa Taurus (Pipistrel ID, 2011)

## 7.2 Kalup za kabino

Najprej smo s v osnovnem kalupu izdelali okvir kabine iz steklene tkanine in ga postavili na trup, katerega mere so se najbolj ujemale s tistimi v načrtih (slika 19 in 20). Okvir smo pritrdili na trup z lepilnim trakom. To je pomenilo, da bodo poslej

vse odprtine kabine take, kot je bila tista izbrana. Namesto bokov in lokov smo vgradili ojačitve tako, da smo preko plastične rebraste cevi položili več plasti steklene tkanine. Na notranjo stran smo z epoksidno smolo, zgoščeno z bombažem prilepili kotnike iz steklene tkanine 5 x 10 x 0.5, dolžine 10 cm. Kotnike smo povezali s pohištvnimi cevmi, zavarjenimi med seboj. S tem postopkom je okvir postal težak in tog, kar je bil tudi osnovni namen. Nastala je priprava za določanje oblike roba kabine (slika 21).

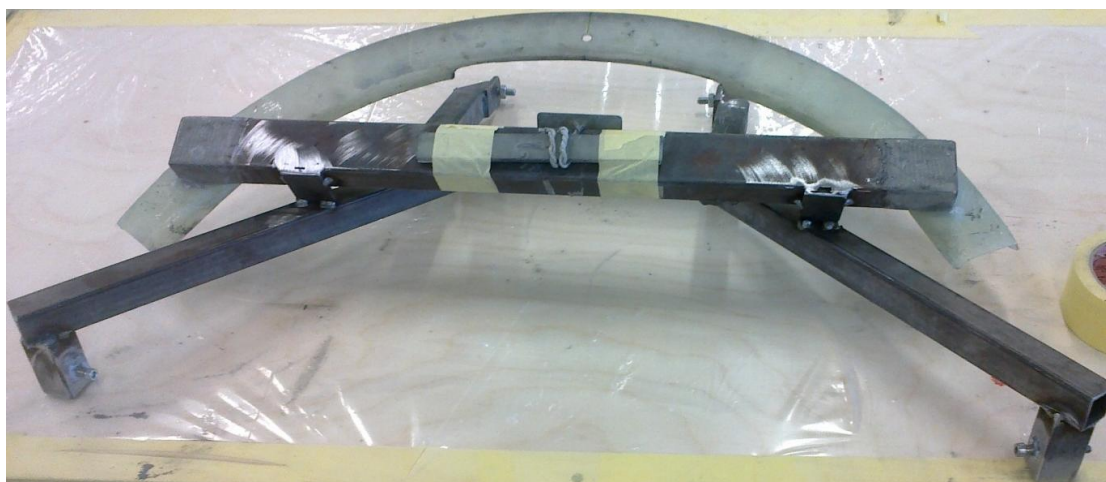


Slika 21: Priprava za določanje oblike roba kabine

### **7.3 Vgradnja nosilca tečajev**

Predlagal sem obstoječi pripomoček za vgradnjo nosilca tečajev kabine. Zamisel je bila ta, da se vgradi dodatne profile, s katerimi se pripomočku ohrani vedno ista pozicija (slika 22). Ker je pri prejšnjih postopkih prihajalo do zamikov v eno ali

drugo stran, je bilo potrebno najprej točno določiti sredino trupa. Postavili smo pripomoček v center in ga pritrdili z lepilnim trakom. Pripravili smo železni cevi, ki potekata od vgrajenih matic na prečko pripomočka. Trup smo dobro toplotno izolirali in na železno prečko zavarili cevi. S tem postopkom smo pridobili pozicijo za pritrditev šablone. Nosilec tečajev bo tako na vseh naslednjih letalih enak.



Slika 22: Nadgrajeno orodje za vgradnjo nosilca tečajev

Ker je gradnja trupa in vgradnja nosilca tečajev delo, ki ga izvaja kooperant, smo omenjeno orodje kooperantu predali z ustreznimi navodili o uporabi.

#### **7.4 Prilagajanje okvirja**

Predlagal sem izdelavo lukenj zadnjih puš (točke A, B, G in H, slika 18) po obratnem vrstnem redu kot v standardnem postopku.

Po novem se najprej vgradi zadnji puši na trupu (točki G in H, slika 18), nato se luknji prenese na okvir kabine. V standardnem postopku so se luknje z okvirja prerisale na trup.

#### **7.5 Vgradnja zadnjih puš**

Za aktivnost, kjer nastane težava pri pozicioniranju puš za zapiranje, sem zasnoval orodje, ki omogoča vrtanje lukenj in orodje za natančno vgradnjo puš. To orodje je bilo po zahtevnosti na prvem mestu, zato mu je bilo posvečenega največ truda in časa, vendar se je na koncu obrestovalo. Ob prvem preizkusu je bila navdušenost

velika, saj je vse delovalo brezhibno.

Najprej je bilo potrebno vgraditi puše na pravo mesto v trup letala. To smo storili tako, da smo postavili trup v vodoravni položaj po dolžini in širini. Zraven smo postavili v enak položaj že končano letalo in z laserskim poravnalnikom prenesli višino za pozicijo puš kot kaže slika 21. V trup smo zvrtili luknji premera 13 mm, da je bilo dovolj manevrskega prostora za vgradnjo. Iz skladišča poškodovanih izdelkov smo vzeli okvir kabine, ker sem za vgradnjo potreboval oporo vrtilišča zapiralnega mehanizma. Nove puše smo vgradili s pomočjo palice zapiralnega mehanizma, saj mora njihov kot ustrezati kotu palice med vrtiliščem in pušo. Po končanem procesu smo puše obdelali tako kot kaže slika 31.

## 7.6 Izdelava priprav za označevanje in vgradnjo

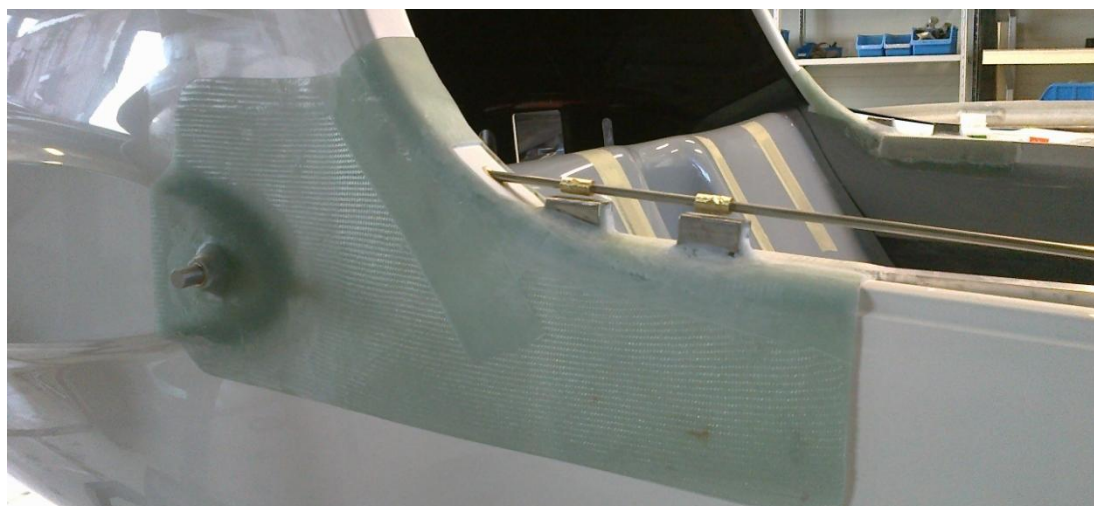


Slika 23: Izdelava priprave za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsnih puš, 1. del

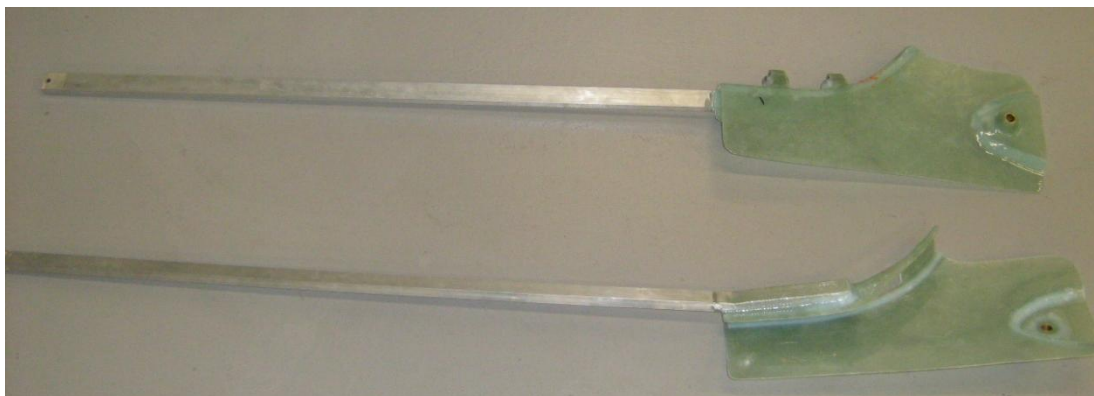
Postopek za izdelavo priprave s slike 25 kaže, da je bilo na začetku z lepilnim trakom natančno, brez gub in mehurčkov prelepljen predel, kjer smo imeli namen polagati

tkanino (slika 23). Enako smo storili na levi in na desni strani. Vse ostalo smo izolirali s PVC folijo. Ostre robove smo obložili z zgoščeno smolo, da pod tkanino ne ostanejo zračni mehurčki. Na predelu, ki je označen z modrim krogom je vgrajena puša za vpetje krila. Zraven, na zunanjo stran, smo postavili pušo 14 x 20 x 30 mm in skozi obe potisnil kovinsko palico debeline 14 mm. To je bila prva pozicijska točka. Pričeli smo z izdelavo laminata (8 plasti 140 gramske steklene tkanine). Ko je bil laminat suh, smo vgradili aluminijsko palico od sredine laminata na notranji strani trupa do matice, ki je namenjena za vpetje amortizerja kabine. To smo izdelali za drugo pozicijsko točko. Naslednji dan smo trup dali v grelno komoro za 8 ur na temperaturo 55 °C. Po končanem pregrevanju smo steklen laminat odstranili s trupa in ga lepo oblikovali. Na mestu, ki je označen z modrim šestkotnikom smo izrezali luknjo za vgraditev puše.

Pripravo smo ponovno postavili na kalup, pritrdili na dve pozicijski točki in jo prilepili z maskirnim trakom. V že vgrajeno pušo v trupu smo vtaknili kovinsko palico, kot kaže slika 24. Nanjo smo nataknili puši, ki pripadata orodju, in ju prilepili s smolo, zgoščeno z bombažem. Preko puš smo prilepili še štiri steklene tkanine prepojene s smolo in orodje je bilo končano (slika 25).



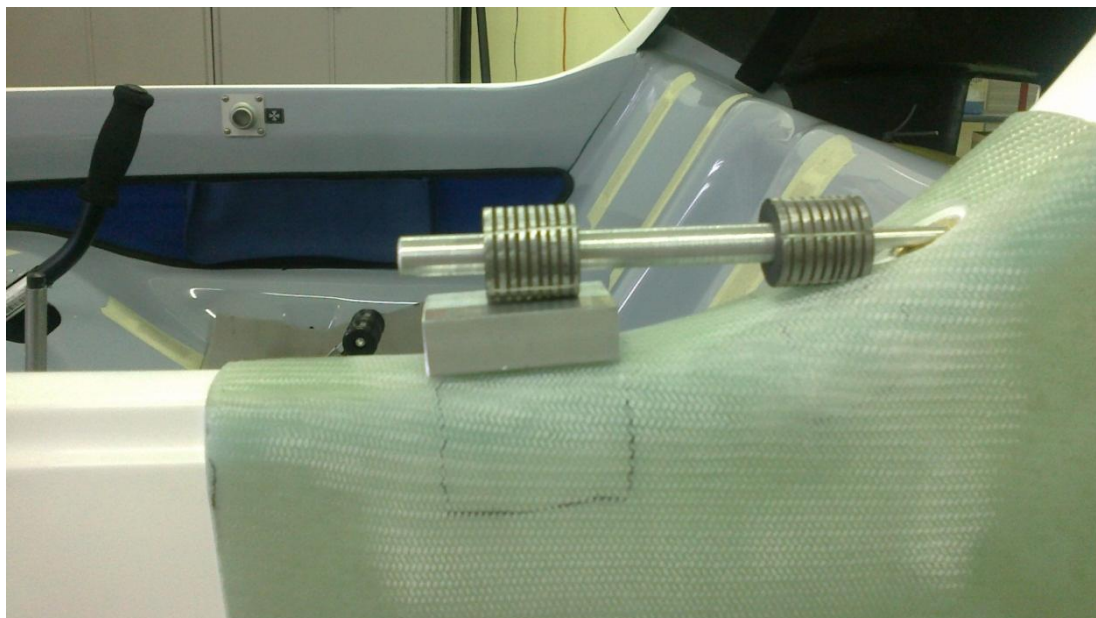
Slika 24: Izdelava priprave za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsni puš, 2. del



Slika 25: Priprava za zarisovanje lukenj in vgradnjo drsni puš

### 7.7 Izdelava priprave za vrtanje lukenj

Na enak način, kot smo izdelali pripravo za zarisovanje in vgradnjo puš, smo izdelali tudi pripravo za vrtanje lukenj (slika 27). Razliki sta bili le v tem, da nismo vgradili aluminijske palice za pritrditev v drugo pozicijsko točko, namesto drsni pa smo vgradili vrtalne puše premera 11 mm (slika 26).



Slika 26: Izdelava priprave za vrtanje lukenj



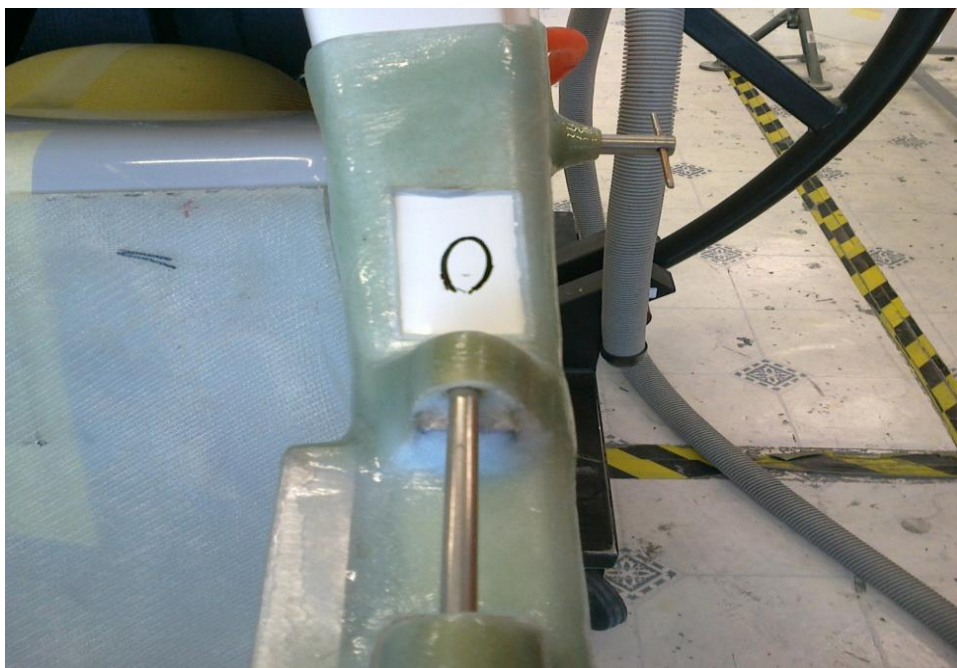


Slika 27: Priprava za vrtanje lukenj

## 7.8 Postopek za vgradnjo okvirja kabine

### 7.8.1 Zadnje drsne puše

Na trup letala postavimo pripravo za označevanje in vgradnjo drsni puš in jo pritrdimo na dve pozicijski točki. Skozi puši vstavimo kovinski drog premera 6 mm, nanj natakemo drsno pušo in jo potisnemo do trupa. S flomastrom označimo obris puše kot kaže slika 28.



Slika 28: Označevanje lukenj

Pripravo odstranimo in namestimo pripomoček za vrtanje lukenj, ga pritrdimo na sprednjo pušo za pritrjevanje kril. Da se med vrtanjem ne bi premikal, ga pritrdimo še z lepilnim trakom. Nato s pnevmatskim rezkarjem premera 6 mm z okroglo glavo izrežemo odprtino, kot je zarisana do globine 2 mm. To je potrebno storiti, da pri vrtanju sveder ne poškoduje barve in laminata. Nato s kotnim vrtnikom in svedrom dolžine 190 mm in premera 11 mm zvrtno luknjo za vgradnjo drsni puš (slika 29). Luknja mora meriti v globino minimalno 45 mm. Za pomoč je na svedru zareza. Ko doseže zadnjo vrtno pušo, to pomeni, da je luknja dovolj globoka.



Slika 29: Vrtanje lukenj

Odstranimo pripravo za vrtanje in ponovno namestimo orodje za vgradnjo drsni puš. Pritrdimo jo na obe pozicijski točki in prelepimo z lepilnim trakom. Preko luknje prilepimo rdeč lepilni trak, da zaščitimo trup letala in orodje pred smolo. Lepilni trak odrežemo tako, da je luknja prosta. Pripravimo smolo, zgoščeno z mletim bombažem, ji dodamo bel pigment in z njo napolnimo  $\frac{3}{4}$  luknje. Skozi puše na pripravi potisnemo kovinski drog in ko je le- ta preko zadnje puše, nanj vstavimo drsno pušo za vgradnjo, skozi že pripravljeno luknjo na drogu pa potisnemo žico, da blokiramo pušo in jo tako potisnemo v luknjo (slika 30). Paziti moramo, da pustimo pušo vsaj 1 mm ven iz luknje. Po končanem postopku vgradnje odstranimo pripravo, rdeč lepilni trak pa pustimo, da nam pri končnem brušenju pomaga, da ne poškodujemo trupa. Postopek je končan (slika 31).



Slika 30: Vgrajena drsna puša v trupu



Slika 31: Končan postopek vgradnje puše

### **7.8.2 Vgradnja čepov/sornikov za zaklep**

Vgradnja čepov je v osnovnem postopku potekala s pripravo, ki je bila pritrjena na pozicijsko točko, zato so bili sorniki vgrajeni vedno na isti poziciji. To je tudi edini proces, ki se ohranja tudi v novem postopku vgradnje popolnoma ohranja.

### **7.8.3 Prilagajanje okvirja**

Okvir položimo na trup in ga pritrdimo z lepilnim trakom. Nanj prenesemo center lukenj s trupa. S pnevmatskim rezkarjem naredimo odprtino v obliki in velikosti vgrajene puše. Pripravimo mehanizem za zapiranje in drsni puši vgradimo v okvir s pomočjo palice zapiralnega mehanizma.

Nadaljnji postopki ostajajo enaki osnovnem načinu.

## **7.9 Ugotovitve**

Ob preizkusu na treh različnih letalih se je pokazalo, da je možno na vsa montirati popolnoma enak okvir kabine. Predlagana rešitev se je torej v praksi pokazala za zelo uspešno.

## 8 ČASOVNA IN STROŠKOVNA OCENA OBRAVNAVANE TEME

Za izdelavo kompletnega orodja in pripomočkov je bilo porabljenih 110 ur dela in za 147 € materiala. Celoten proces vgradnje kabine letala je v osnovnem načinu trajal povprečno 133 ur. Skupna vrednost celotnega projekta je ocenjena na 2.260 €. Zaradi orodij za pomoč pri vrtanju lukenj in vgradnji drsnih puš smo pridobili standardne pozicije točk za vpetje kabine in hkrati skrajšali proces za 8 ur. Po vsakem postopku bo podjetje zaradi krajšega procesa privarčevalo 168 €. Projekt se izplača po štirinajstih izdelanih letalih.

Predvidevamo, da bo pri več kot 100 prodanih letalih Taurus prišlo od 2 do 5 takih primerov, kjer se bo uveljavljala reklamacija za menjavo ali popravilo kabine. To bi pomenilo, da se stroški projekta vrnejo že pri prvi reklamaciji, po predvidenih 5-ih, pa bi podjetje prihranilo od 2.000 do 25.000 €, kar je odvisno od razdalje med matičnim podjetjem in kupcem. Razlika med najnižjim prihrankom in najvišjim je izračunana na podlagi oddaljenosti letala od matičnega podjetja in števila reklamacij. Prihranek 2.000 € bi podjetje imelo pri dveh reklamacijah letal v oddaljenosti do 300 km, prihranek 25.000 € pa bi podjetje Pipistrel imelo pri petih reklamacijah letal v največji oddaljenosti od matičnega podjetja.

## 9 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga obravnava organizacijo proizvodnje in njene procese. Prikaže in opiše optimizacijo procesov proizvodnje in pojasni pomen stroškov za proizvodnjo. Po opravljeni analizi pomanjkljivosti pri procesu izdelave trupa letala Taurus ter montaži komponent na trup, so bile predlagane in zasnovane priprave, ki omogočajo manjšo variabilnost izdelanih trupov in drugih komponent. Nov proces je prikazan v praksi in je s stališča stroškov ter časovne zahtevnosti primerjan z originalnim postopkom.

Ugotovitve so pokazale, da je bila zamisel dobra, saj je ob prvi vgradnji kabine na trup vse delovalo brezhibno. Največji uspeh se je pokazal pri naslednjem trupu letala, ko se je okvir kabine s prejšnjega trupa prilegal enako, kot na matičnem letalu. Enak preizkus je bil narejen tudi na tretjem letalu in potrjen je bil uspeh novega procesa.

S podobno optimizacijo delovnega procesa bi se lahko lotili tudi naslednjih korakov optimizacije izdelave trupa. Po vgradnji pleksi stekla na okvir kabine je potrebnih dodatnih 30 ur dela za ravnanje linije med okvirjem in trupom letala ter barvanjem roba pokrova kabine. Ker je v novem procesu trup letala standardne oblike, bi bilo smiselno zasnovati orodje za pritrditev okvirja kabine. Na okvir bi vgradil pleksi steklo z lepilom, ki mu dodamo črn pigment, kalup okvirja pa bi pred izdelavo laminata pobarval s črno barvo. Tako bi bil rob okvirja črne barve, po vgradnji pleksi stekla pa bi bil proces končan. Po predvidevanjih bi se prihranilo dodatnih 25 do 30 ur dela.

## 10 LITERATURA

**Mihelčič, M.** (2005). *Ekonomika poslovanja za inženirje*. Učbenik za visoke šole. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko.

**Pevcin, P.** (2010). *Ekonomika javnih podjetij in zavodov*. Ljubljana: Fakulteta za upravo.

**Polajnar, A.** (1998). *Organizacija proizvodnje*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

**Rebernik, M.** (2008). *Ekonomika podjetja*. Ljubljana: GV Založba.

**Žibert, F.** (2004). *Gospodarjenje*. Maribor: Fakulteta za policijsko-varnostne vede.

**Meglič, J.** (2007). *Organizacija proizvodnih procesov (prosojnice s predavanj in vaj)*. Pridobljeno 2.9. 2011 s svetovnega spleta:

[http://iposipis7.fov.uni-mb.si/meglic/dokumenti/OPP\\_dve\\_prosojnici.pdf](http://iposipis7.fov.uni-mb.si/meglic/dokumenti/OPP_dve_prosojnici.pdf)

**Optimizacija procesov.** BFA skupina. Pridobljeno 20.9.2011 s svetovnega spleta:

<http://www.bfa.si/sl/optimizacija-procesov-proizvodnje/>

**Optimizacija stroškov.** BFA skupina. Pridobljeno 20.9.2011 s svetovnega spleta:

<http://bfa.si/sl/optimizacija-stroskov/>

**Vrčkovnik, A.** (2008). *Uporaba metodologije šest sigma vitke proizvodnje v oskrbovalni verigi*. Magistrsko delo. (Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani), Ljubljana: [A. Vrčkovnik].

**Lah, T.** (2006). *Uvajanje načel vitke proizvodnje v pakirnici farmacevtskih izdelkov*. Diplomsko delo. (Fakulteta za organizacijske vede, Univerza Maribor), Maribor: [T. Lah].

**Kveder, D.** (2006). *Industrializacija. Strateška konferenca »Tehnološka platforma manufuture.si«*. Pridobljeno 11.10.2011 s svetovnega spleta:

[http://www.manufuture.si/dokumenti/09-10-06/Dusan\\_Kveder\\_Industrializacija.pdf](http://www.manufuture.si/dokumenti/09-10-06/Dusan_Kveder_Industrializacija.pdf)

**Liker, K. J.** (2004). *The Toyota Way*, New York: McGraw-Hill

**Pipistrel ID.** (2011). *Interna dokumentacija podjetja Pipistrel d.o.o. Ajdovščina*

**Vzorec** diplomskega dela z navodili (2009). Interno gradivo. Nova Gorica:  
Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici.