

# **CESSNA 172M -LENTOKONEEN SIPIEN KUNNOSTUS JA MODIFIOINTI**

Martti Järn

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

JÄRN, MARTTI:

Cessna 172M -lentokoneen siipien kunnostus ja modifiointi

Opinnäytetyö 106 sivua, joista liitteitä 20 sivua  
Huhtikuu 2015

---

Tämä opinnäytetyö on osa Cessna 172M experimental -pienlentokoneen kunnostus- ja modifiointiprojektia Tampereen ammattikorkeakoululla. Projektin tavoitteena on kunnostaa vaurioitunut Cessna lentokuntoiseksi ja tehdä siihen merkittäviä modifikaatioita kunnostuksen aikana. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella lentokoneen siipien kunnostus, selvittää mahdollisuudet siipien pidennysmodifikaation toteuttamiseen, sekä jatkaa vasemman siiven kunnostusta. Tavoitteena oli antaa hyvät lähtökohdat siipien kunnostuksen jatkamiseen tämän raportin avulla. Raporttiin on dokumentoitu opinnäytetyön aikana tehty kunnostus, sekä siinä kerrotaan mitä siipien kunnostuksessa pitää ottaa huomioon ja miten siipien kunnostusta jatketaan. Lisäksi raportissa valotetaan koko projektin taustoja ja kunnostushistoriaa.

Työn aikana siipien vauriot kartoitettiin ja tehtiin kunnostussuunnitelma vaurioiden korjaamista varten, mutta siipien viimeistelytoimenpiteisiin ei ehditty paneutua kunnolla aiheen laajuudesta johtuen. Siivenpidennysmodifikaatio todettiin toteutuskelpoiseksi ja se päätettiin tehdä itse valmiin pidennyspaketin tilauksen sijaan. Modifikaation tekeminen myös aloitettiin molempien siipien osalta. Vasemman siiven kunnostusta jatkettiin, mutta sen tekeminen oli odotettua hitaampaa ja haasteellisempaa. Tämä johtui pienestä kunnostusryhmästä sekä kunnostuksessa eteen tulleista odottamattomista haasteista ja yllätyksistä, joita ilmeni huolellisesta suunnittelusta huolimatta. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena ja tuloksiin voidaan olla tyytyväisiä. Sille asetetut tavoitteet saavutettiin. Tämän raportin pohjalta on hyvä jatkaa siipien kunnostusta.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Aeronautical Engineering

JÄRN, MARTTI:

Cessna 172M wings overhaul and modification

Bachelor's thesis 106 pages, appendices 20 pages  
April 2015

---

This final thesis is part of the Cessna 172M experimental class aircraft overhaul and modification project in Tampere University of Applied Sciences. Goal of the project was to repair the Cessna and make it airworthy once more. Plan was also to make major modifications to the plane. Main purpose of this thesis was to plan the wings overhaul and find out if it was possible to install Wing-X stol wing extension modification to Cessna including installation planning if found feasible. Additional aim was to repair left wing as much as possible. This thesis report is intended to provide excellent starting point to continue overhaul of the wings afterward. The repairing process of the wings, already completed works and required steps for continuing wings overhaul have been documented in this report.

Damage analysis and overhaul plan for the wings were successful, but due to the wide-ness of the subject there was no time to concentrate finishing procedures for the over-haul. The wing extension modification was perceived possible thus work started imme- diately for both wings. Instead of ordering an expensive Wing-X stol pack proceeding with a handmade wing extensions was found more reasonable. Repairing the left wing was slower and more challenging than expected because the overhaul team was small and some delays occurred during the repairing even though it was carefully planned. All in all the thesis was completed successfully with a high level result. This report provides significant support to continue the project.

---

Key words: aeronautical engineering, overhaul, modification, Cessna 172

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KUNNOSTUSPROJEKTI .....	7
	2.1 Projektin tausta .....	7
	2.2 Projektikone .....	8
	2.3 Experimental-luokka.....	9
	2.4 Modifikaatiot .....	10
	2.5 Kunnostuksen vaiheet .....	12
3	SIIPIEN KUNNOSTUS .....	16
	3.1 Lähtökohdat .....	16
	3.2 Ennen kunnostusta .....	18
	3.2.1 Siiven rakenne .....	18
	3.2.2 Vauriotarkastelu .....	21
	3.2.3 Muuta huomioon otettavaa.....	23
	3.3 Siipien vauriot.....	25
	3.4 Kunnostussuunnitelma.....	28
4	VASEMMAN SIIVEN KUNNOSTUS .....	32
	4.1 Toteutus .....	32
	4.2 Pääsalko .....	33
	4.2.1 Lastoituksen suunnittelu .....	35
	4.2.2 Niittauksen suunnittelu .....	37
	4.2.3 Lastojen teko .....	41
	4.2.4 Niittaus .....	43
	4.3 Muotokaaret .....	44
	4.4 Apusalko .....	52
	4.5 Muut korjaukset .....	54
5	KUNNOSTUKSEN JATKAMINEN.....	56
	5.1 Suunnitelma .....	56
	5.2 Kunnostusta vaativat rakenteet .....	57
	5.2.1 Pääsalko.....	58
	5.2.2 Apusalot .....	60
	5.2.3 Etureuna .....	61
	5.2.4 Kuorirakenteet.....	64
	5.2.5 Muut rakenteet .....	66
6	SIIVENPIDENNYKSET .....	70
	6.1 Wing-X stol.....	70
	6.2 Suunnittelu .....	74

6.3 Toteutus .....	75
6.3.1 Tehdyt asiat .....	76
6.3.2 Miten jatketaan.....	78
7 POHDINTA.....	83
LÄHTEET.....	84
LIITTEET .....	87
Liite 1. Projektikoneen ja alkuperäisen mallin tekniset tiedot .....	87
Liite 2. Rakenteiden korjausohjeita.....	90
Liite 3. Niittien leikkauslujuudet ja niittejä tuumaa kohden taulukot .....	94
Liite 4. Siiven rakenne ja osaluettelo .....	96
Liite 5. Siiven kuorirakenteet ja osaluettelo .....	99
Liite 6. Siiven etureunan rakenne ja osaluettelo.....	101
Liite 7. Siiven salkojen rakenne ja osaluettelo .....	103
Liite 8. Siivenpidennyksien rakennekuvat .....	105

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Tampereen ammattikorkeakoululla kunnostettavan Cessna 172M experimental -lentokoneen siipien kunnostusprosessia ja mahdollisuuksia siipienpidennysmodifikaation tekoon. Tavoitteena oli suunnitella siipien vaurioiden kunnostus ja laatia ohjeet kunnostuksen jatkamiseen opinnäytetyön jälkeen. Työn käytännön osuudessa keskityttiin vasemman siiven kunnostukseen ja tehty työ oli tarkoitus dokumentoida tähän raporttiin.

Tällä opinnäytetyöraportilla pyritään antamaan hyvät lähtökohdat siipien kunnostuksen jatkamiseen opinnäytetyössä tehdyn kunnostuksen jälkeen. Siipien kunnostusohjeet ovat tarkoitettu ensisijaisesti tämän projektin siipien kunnostukseen, mutta ne soveltuvat myös yleisesti experimental -luokan pienlentokoneiden kunnostamiseen. Raportilla halutaan antaa lisäksi hyvä kokonaiskuva projektista luomalla yleiskatsaus koko kunnostusprojektiin, kertomalla projektin kunnostushistoriasta ja taustoista. Nämä asiat oli koettu epäselviksi ja tiedon välittyminen uusille opiskelijoille puutteelliseksi. Tämän raportin ei ole tarkoitus olla virallinen kunnostuskertomus.

Työn laajuutta pyrittiin rajaamaan keskittymällä enemmän kunnostuksen suunnitteluun, ja tästä syystä kunnostuksen toteutukselle ei haluttu asettaa tiukkoja tavoitteita. Lisäksi työ rajattiin koskemaan ensisijaisesti vasemman puoleisen siiven kunnostusta. Oikean puolen siiven kunnostusta vaativat rakenteet kuitenkin kartoitettiin ja tehtiin vaurioiden kunnostussuunnitelma. Siiven rasituksia mittaavan anturijärjestelmän suunnittelusta myös luovuttiin työn laajuudesta johtuen. Se tullaan mahdollisesti toteuttamaan myöhemmin.

Kunnostus toteutettiin neljän opiskelijan voimin kahdessa kahden hengen ryhmässä. Toinen ryhmä keskittyi vasemman siiven kunnostukseen ja toinen ohjainpintojen korjaamiseen. Tavoitteena oli kunnostaa siipeä niin pitkälle kuin joulukuun 2014 mennessä ehdittäisiin. Pyrittiin saattamaan loppuun aikaisemmin aloitettujen rakenteiden kunnostus sekä saamaan sisärakenteiden kunnostus hyvälle mallille. Lisäksi siipien pidennysmodifikaation teko oli tarkoitus aloittaa, mikäli sen asennus olisi mahdollista.

## 2 KUNNOSTUSPROJEKTI

### 2.1 Projektin tausta

Cessna 172M -lentokoneen kunnostusprojekti alkoi alkuvuodesta 2013. Projektin tavoitteena on lentokoneen perusteellinen kunnostaminen lentokuntoiseksi ja sen modifiointi kunnostuksen yhteydessä. Kunnostus on toteutettu opiskelijoiden voimin, ja he ovat tehneet sen parissa projektiopintoja, työharjoitteluita sekä opinnäytetöitä. Projektin ohjaajana ja valvojana toimii lehtori Jaakko Mattila, joka on myös lentokoneen omistaja. Hänellä on vahva kokemus pienlentokoneiden kunnostamisesta, ja hän on muun muassa kunnostanut samaan 172-sarjaan kuuluvan Cessnan (kuva 1) kuin projektikone (Mattila 2014). Kuvassa 1 näkyy J. Mattilan kunnostama Reims Cessna F172F -mallinen lentokone, joka on rekisteröity experimental-luokkaan (koe- ja harrasteluokka). Projektikoneesta tulee suurin piirtein sen näköinen ja se tullaan rekisteröimään myös experimental-luokkaan kunnostuksen valmistuttua.



KUVA 1. Reims-Cessna F172F Skyhawk (Niko Korpela 2013)

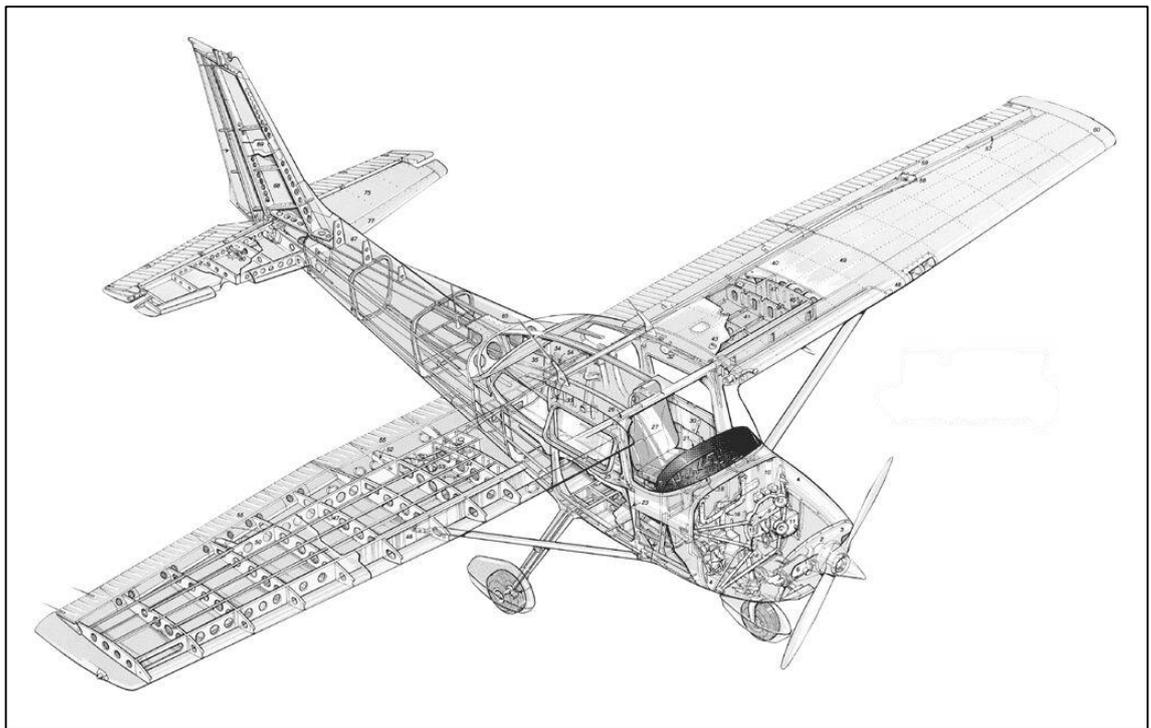
Projektilentokone vaurioitui epäonnistuneen laskun seurauksena Lapissa 1990-luvulla. Myöhemmin J. Mattila osti sen edelliseltä omistajalta kunnostaessaan kuvassa 1 olevaa Cessnaa. Sitten hän keksi tuoda ostamansa Cessnan koululle opiskelijoiden kunnostettavaksi, ja tästä alkoi varsinaisesti Cessnan kunnostusprojekti TAMKilla (Tampereen ammattikorkeakoululla) (Mattila 2014). Projekti on kestänyt tähän mennessä yli kaksi vuotta. Sillä ei kuitenkaan ole varsinaista valmistumisaikataulua, vaan tavoitteena on opettaa opiskelijoille käytännön kautta lentokoneen kunnostuksen suunnittelua ja toteutusta.

Lentokoneelle on tarkoitus tehdä täydellinen kuntotarkastus. Siitä poistetaan kaikki laitteet ja tehdään vauriotarkastukset kaikille rakenteille sekä poistetuille laitteille. Tämän jälkeen rakennevauriot korjataan ja vanhat laitteet entisöidään. Mikäli kunnostus ei ole järkevää tai mahdollista jonkin rakenteen tai osan kohdalla, vaihdetaan se uuteen tai pyritään löytämään vanha toimintakuntoinen tilalle. Osa laitteista halutaan myös päivittää nykyaikaisiin versioihin, kuten lähes kaikki lentokoneen avioniikkalaitteet. Lentokoneeseen on tarkoitus myös tehdä isoja modifikaatioita, joilla pyritään parantamaan merkittävästi sen suorituskykyä. Näistä merkityksellisimpiä ovat seuraavat muutokset: kyky vesilentotoimintaan, siivenpidennykset, uusi moottori ja potkuri, sekä digitalisoitu ohjaamo eli niin sanottu lasiohjaamo. Näistä modifikaatioista kerrotaan tarkemmin luvussa 2.4.

## **2.2 Projektikone**

Projektikone on Cessna 172M Skyhawk II -mallinen yleisilmailukone vuodelta 1976. Lentokone on alumiinirakenteinen yksimoottorinen ylätasokone, johon mahtuu lentäjän lisäksi kolme matkustajaa. Kuvassa 2 on leikkauskuva Cessna 172 -sarjan lentokoneesta, josta saa hyvän kuvan minkä tyyppistä ilma-alusta projektissa kunnostetaan, sekä millainen sen rakenne on. Lentokonetta valmistaa yhdysvaltalainen Cessna Aircraft Company (2014). Cessna 172 -sarja on maailman suosituin lentokonetyyppi ja sitä on valmistettu eniten maailmassa, yli 43 000 yksilöä vuodesta 1956 lähtien. Nykyisin valmistettava malli on 172S Skyhawk. (Cessna Aircraft Company 2014; Aviation Explorer.)

Cessnan historia on pitkä ja 172-sarjan kehityskaareen kuuluu monta eri mallia, joita merkitään kirjaimilla (M) sarjatunnuksen (172) perässä. Kirjain kertoo valmistusvuoden, sekä siitä voi päätellä miten lentokone eroaa aikaisemmasta mallista. Esimerkiksi M-mallia on valmistettu vuosina 1973–1976 ja sen hidaslento-ominaisuuksia on parannettu, sekä tavaratilaa suurennettu. Kuvassa 1 oleva Cessna F172F on sen sijaan aikaisempaa Ranskassa valmistettua F-mallia, sitä valmistettiin vuosina 1965–1971. (Cessna Aircraft Company 2014; Atlanta Flight Inc. 2014.) Liitteestä 1 löytyy Cessna 172M Skyhawk II -lentokoneen tekniset tiedot verrattuna modifioidun Cessnan (projektikone) vastaaviin tietoihin.



KUVA 2. Leikkauskuva 172-sarjan Cessnasta (Flightglobal 2006, muokattu 13.12.2014)

### 2.3 Experimental-luokka

Experimental-luokalla tarkoitetaan harrasterakenteisia ilma-aluksia, jotka eivät ole tyyppihyväksytyjä – tähän luokkaan myös projektikone tulee kuulumaan. Suomen liikenteen turvallisuusviraston Trafín (1996) antaman ilmailumääräyksen mukaan koe- ja harrasteluokka määritellään seuraavasti: ”koe- ja harrasteluokkaan kuuluvat kaikki tyyppihyväksymättömät ilma-alukset” (Trafi 1996, AIR M5-3). Projektikone tullaan rekisteröimään tähän luokkaan, koska kunnostuksen voi toteuttaa siinä ilmailumääräysten puitteissa melko vapaasti, sillä ilma-aluksia ei sido yhtä tiukat säädökset kuin tyypp-

pihyväksytyjä ilma-aluksia. Tästä syystä tyyppihyväksymättömien modifikaatioiden tekeminen projektikoneeseen tulee mahdolliseksi ja omien rakenteellisten muutosten sekä korjausten teko on sallittua. Lisäksi rekisteröinti kyseiseen luokkaan mahdollistaa lentokoneen kunnostamisen ilman mekaanikon pätevyyttä, joten opiskelijoilla on mahdollisuus osallistua kunnostukseen.

Vaikka harrasterakentaminen on suhteellisen vapaata, on se kuitenkin valvottua toimintaa. Onkin syytä tutustua sille asetettuihin määräyksiin ja vaatimuksiin ennen kunnostuksen aloittamista. Suomessa Trafi valvoo harrasterakentamista ja antaa sitä koskevat ilmailumääräykset. ”Harrasterakenteisia ilma-aluksia koskevat – – AIR M1-, AIR M5-, AIR M11-, AIR M14-, AIR M15- ja AIR M16- sarjan ilmailumääräykset sekä tyyppi-kohtaiset lentokelpoisuusmääräykset (M-määräykset), mikäli niistä ei muuta ilmene.” (Trafin 1996, AIR M5-1).

## 2.4 Modifikaatiot

Projektikoneeseen on tarkoitus tehdä merkittäviä modifikaatioita uusien ominaisuuksien ja paremman suorituskyvyn saavuttamiseksi – kuten jo aiemmin mainittiin. Modifikaatioita on helppo tehdä lentokoneeseen kunnostuksen yhteydessä, sillä projektikone oli riisuttu kaikista laitteista ynnä muista rakenteista niin, että vain paljas runko oli jäljellä. Liitteessä 1 on vertailtu miten modifikaatiot vaikuttavat Cessna 172M -lentokoneen teknisiin tietoihin.

### Vesilentotoimintaominaisuus

Lentokoneesta halutaan tehdä vesilentotoimintaan kykenevä ja siihen on suunniteltu mahdollisuutta vaihtaa halutessa kellukkeet pyörien tilalle. Koska projektikonetta ei ole alun perin tarkoitettu vesilentotoimintaan, on runkoon tehtävä kellukevahvistukset. Kellukkeiksi on suunniteltu amfibio-kellukkeita, joilla pystyy laskeutumaan sekä veteen, että maalle. Sen mahdollistavat kellukkeissa olevat sisäänvedettävät pyörät. Tämän tyyppisissä kellukkeissa on myös omat riskinsä. Mikäli kellukkeiden pyörät unohtaa ala-asentoon laskeuduttaessa veteen, lentokone keikkaa katolleen pyörien kosketettua veteen. Kellukkeet tuovat lentokoneeseen myös reilusti lisää painoa, sekä lisäävät profiilivastusta. Näitä kompensoidaan tehokkaammalla moottorilla ja siipien pidennyksillä.

## **Siipien modifikaatiot**

Lentokoneeseen halutaan laittaa siipien pidennykset, koska niistä on etua vesilentotoiminnassa. Pidennyksien ansiosta lentoonlähtö- ja laskeutumismatkat lyhenevät lisääntyneen nosteen ansiosta. Tämän seurauksena pystytään operoimaan turvallisemmin pienemmiltä järviltä. Nosteen kasvun myötä myös lennolle saatava hyötykuorma kasvaa lentoon lähdeettäessä, ja voidaan esimerkiksi ottaa mukaan kolmas matkustaja tai enemmän matkatavaroita. Ilman siipienpidennystä tämä ei olisi mahdollista lähdeettäessä lentoon täysillä pitkänmatkan polttoainesäiliöillä – jollaiset projektikoneeseen tullaan myös asentamaan, sillä lentokoneen suurin sallittu lentoonlähtömassa ylittyy tällöin. Nosteen lisäys myös kompensoi modifikaatioista ja vauriokorjauksista aiheutuvaa massan kasvua. Pitkänmatkan polttoainesäiliöillä saadaan toimintasädetä kasvatettua huomattavasti. Polttoainetta tankkeihin mahtuu 197 litraa. Siipien pidennyksistä kerrotaan tarkemmin luvussa kuusi.

## **Voimanlähde**

Lentokoneen voimanlähde haluttiin päivittää nykyaikaiseksi. Lycoming O-320-E2 -kaasutinmoottori vaihdetaan moderniin 3,6-litraiseen Subarun Eggenfellner E6 -suoraruiskutusmoottoriin (kuva 4), joka on modifioitu Subarun auton moottorista lentokonekäyttöön soveltuvaksi. Moottori valittiin, koska se on nykyaikainen ja monessa suhteessa lentokoneen alkuperäistä moottoria parempi. Se on paljon tehokkaampi ja kuluttaa vähemmän polttoainetta, minkä ansiosta toimintasäde kasvaa ja päästöt pienenevät. Tärkeä seikka oli se, että moottori käyttää tavallista autobensaa, joten kalliin 100LL polttoaineen käytöstä voidaan luopua. Moottoria on myös halvempi huoltaa, se on hiljaisempi ja hankintakustannukset edulliset. Melutasoa pyritään saamaan entistä matalammaksi asentamalla moottorin pakoputkiin äänenvaimentimet. Uuden moottorin asennus teettää tosin paljon työtä moottoreiden järjestelmien eroavaisuuksien vuoksi.

Lentokoneen potkuri haluttiin myös päivittää nykyaikaiseen versioon. Potkuriksi valittiin MT-Propellerssin kolmilapainen MTV-18 vakiokierrospotkuri, jossa on sähköisesti säätävät lapakulmat. Kolmas lapa ja lapakulmien säätö mahdollisuus tuovat lisää työntövoimaa. Mikäli lapakulmat vielä valitaan automaattisesti säätäviksi, saadaan optimoitua työntövoima. Lisäksi polttoaineen kulutus ja päästöt pienenevät entisestään työntövoiman kasvun myötä. Lavat ovat kestäväää ja kevyttä komposiittia, kun taas alkuperäiset lavat olivat alumiinia.

## **Digitalisoitu ohjaamo**

Ohjaamon avioniikka päivitetään nykyaikaiselle tasolle siirtymällä digitaalisoituun ohjaamoon. Tämä tarkoittaa sitä että, lähes kaikki perinteiset mittarit korvataan elektroniikalla. Esimerkiksi LCD-näytöillä korvataan monia yksittäisiä lennonvalvontamittareita. Niistä näkee muun muassa kaikki lennonvalvonnassa tarvittavat tiedot. Tällaista ohjaamoa kutsutaan niin sanotuksi lasiohjaamoksi eli EFIS (Electronic flight instrument system). Tämän tyyppinen ratkaisu vähentää myös painoa, sillä elektroniset näytöt ja mittarit ovat paljon kevyempiä perinteisiin verrattuna.

## **2.5 Kunnostuksen vaiheet**

Kunnostusprojektille saatiin tilat TAMKIn konetekniikan laboratoriosta, ja kunnostus pääsi alkuun tammikuussa 2013. Lentokoneesta oli jäljellä pelkkä runko, kun se saapui koululle (kuva 3). Siitä oli irrotettu siivet, moottori, laskutelineet, pyrstön kaikki ohjainpinnat ja vakaajat. Sisätiloista puolestaan oli poistettu verhoilu, penkit ja suurin osa avioniikkalaitteista. Kuvasta 3 näkyy hyvin missä kunnossa Cessna oli saapuessaan koululle. Lentokoneesta oli alun perin tarkoitus tehdä kannuspyöräkone, mutta projektin alussa se päätettiin kuitenkin palauttaa takaisin nokkapyöräkoneeksi. Päätöstä puolsi se, ettei palautustyö ollut liian työläs toteuttaa, sillä muutostöitä ei ollut ehditty tehdä loppuun asti. Päälaskutelineiden kiinnityspalkit oli jo irrotettu, mutta niitä ei ollut vielä kiinnitetty kannuspyöräasetelmaan kuuluville paikoille. Myöskään kannuspyörän paikkaa ei ollut ehditty tehdä, mutta nokkapyörä oli jo poistettu. Urakka tosin osoittautui luultua työlämmäksi, sillä nokkapyöräteline jouduttiin purkamaan osiin, osat kunnostamaan ja kasaamaan alusta asti uudelleen. Lisäksi päälaskutelineiden kiinnityspalkkien kiinnitys runkoon tuotti päänvaivaa.

Aluksi rungosta poistettiin kaikki loputkin laitteet ja tarkastusta haittaavat rakenteet, kuten ohjauslaitteet ja niiden vaijerit, polttoainelinjat, sähköjohdot, ilmastointiputket sekä jäljellä olleet ikkunat. Purkaminen tehtiin niin perusteellisesti, että jäljelle jäi käytännössä pelkkä runkorakenne. Tämän jälkeen rungon vauriot korjattiin ja tehtiin kellukkeiden vaatimat kellukevahvistukset runkoon, sekä aloitettiin nykyaikaisen lasiohjaamon suunnittelu. Siipien kunnostusta aloitettiin myös hieman tässä vaiheessa.



KUVA 3. Projektikoneen runko ennen kunnostusta

#### **Keväästä 2013 kesään 2014**

Kevään 2013 lopulla Cessnan runko oli saatu siihen kuntoon, että se oli valmis maalattavaksi. Runko maalattiin Hervannan ammattikoululla, missä se sai valkoisen maalipinnan koulun opiskelijoiden toimesta. Syksyllä Cessna saatiin takaisin TAMKiin ja kunnostus pääsi taas joululoman jälkeen todenteolla käyntiin. Ensin alettiin huoltaa poistettuja laitteita, sekä suunnittelemaan niiden takaisin asentamista. Kevään aikana kunnostettiin vaurioituneet sivu- ja korkeusvakaaja sekä niiden ohjainpinnat. Lisäksi laskutelineet huollettiin sekä asennettiin päätelineet nokkapyöräasetelman mukaisille paikoille. Tässä vaiheessa korjattiin myös tämän alaluvun (2.5) alussa mainittu nokkapyörä teline ja asennettiin paikoilleen. Lentokoneen sisälle asennettiin eristepaneeleja, vedettiin polttoainelinjoja ja sähköjohtoja, sekä ohjausvaijereita ja niiden kehräpyöriä. Myöhemmin kehräpyörät ja vaijerit tosin jouduttiin poistamaan, kun luultiin, etteivät ne sovellu vesilentotoimintaan Suomessa. Aiheeseen perehdyttiin tarkemmin ja saatiin selville, että ne soveltuvat Suomenkin olosuhteisiin. Ne siis tullaan asentamaan takaisin. Rikkimenneiden ja puuttuvien vaijerien tilalle tosin tarvitaan uudet vaijerit.

Uusi Yhdysvalloista tilattu Eggenfellner-moottori (kuvassa 4) saatiin myös koululle keväällä, ja sen asennuksen suunnittelu alkoi. Kaasutinmoottorista siirtyminen suoraruiskutusmoottoriin aiheuttaa paljon työtä moottorin asennuksen suunnittelussa ja sen toteuttamisessa, koska niiden toimintaperiaate on aivan eri ja järjestelmät eroavat suuresti toisistaan. Muutostöitä aiheutti lisäksi moottoripukki (kuvassa 4), joka joudutaan

suunnittelemaan ja rakentamaan uudestaan. Se on tarkoitettu toisen tyyppisen lentokoneen nokalle, eikä tästä syystä sovi projektikoneeseen. Projektikoneeseen tarkoitettu moottori siirrettiin J. Mattilan aiemmin kunnostamaan Cessnaan (kuva 1), sen oman moottorin leikattua kiinni öljyputken vaurioituttua. Vaurioitunut moottori yritetään vielä korjata. Jos kunnostus ei kuitenkaan onnistu, joudutaan projektikoneeseen hankkimaan uusi moottori. Moottoriin liittyvät muutos- ja asennustyöt ovat tällä hetkellä vielä työn alla. Kuvassa 4 näkyy mihin kuntoon projektikone oli saatu kevään 2014 lopulla, etualalla telineessä on ehjä 3,6-litrainen Eggenfellner E6 -moottori.



KUVA 4. Projektikone ja Eggenfellner E6 -moottori

### **Kesä ja syksy 2014**

Kesällä 2014 ryhdyttiin kunnostamaan siipien laskusiivekkeitä ja ojainpintoja, sekä kiinnitettiin päänvaivaa tuottaneet päälaskutelineiden kiinnityspalkit suurlujuusniiteillä ja pulteilla runkoon. Alkusyksystä laboratoriotiloista jouduttiin luopumaan ja Cessna laitettiin näytteille TAMKin aulaan. Vanteet oli kunnostettu myös kesän aikana, ja niihin asennettiin uudet kumit. Sitten Cessnaan laitettiin kuvassa 5 näkyvät pyörät alle. Syksyllä tehtiin lopullinen päätös siitä, mitä avioniikkalaitteita ohjaamoon tulisi. Päätöksen jälkeen Mattila teki matkan Yhdysvaltoihin ja toi tarvittavat avioniikkalaitteet mukanaan. Myös etupenkit saatiin entisöityä syksyn aikana. Siiville saatiin onneksi työtila toisesta laboratorion tilasta, jonne ne siirrettiin alkusyksystä. Tästä alkoi siipien kunnostus ja tämän opinnäytetyön teko. Rungolle saatiin loppusyksystä uudet tilat ja sen kunnostusta päästiin taas jatkamaan. Kuvassa 5 näkyy mihin kuntoon projektikone oli saatu ennen joulua 2014. Siihen on sovitettu paikoilleen etupenkit, pyrstön vakaajat ja ohjainpinnat.



KUVA 5. Projektikone ennen joulua 2014

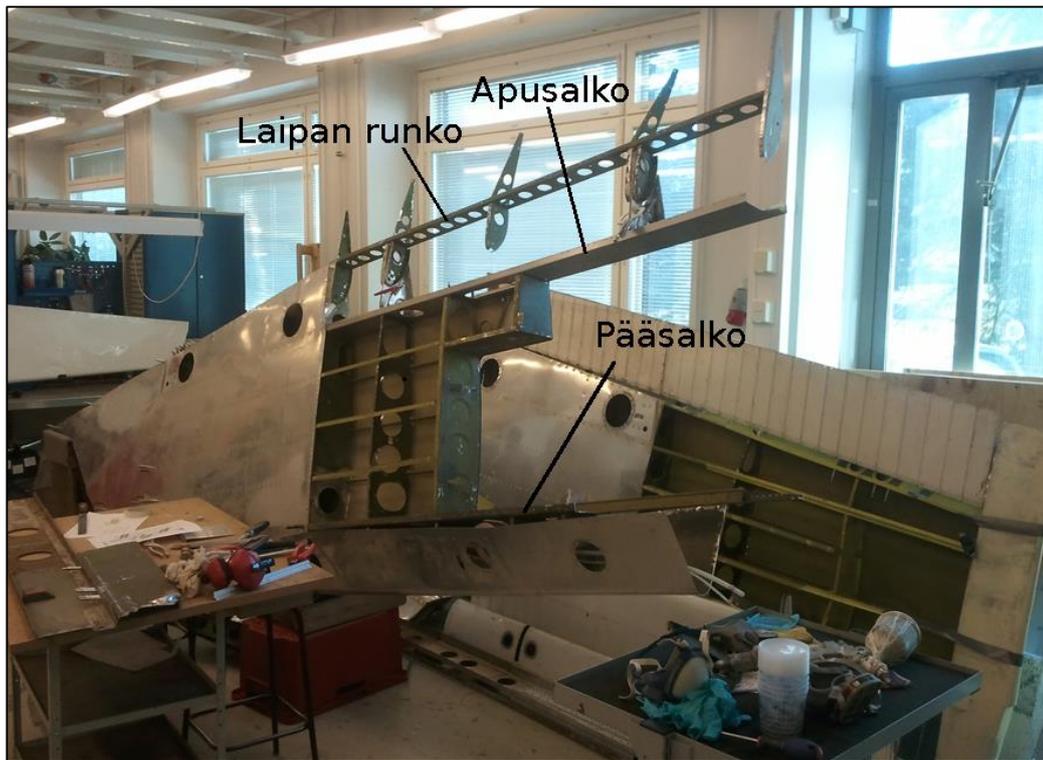
### 3 SIIPIEN KUNNOSTUS

#### 3.1 Lähtökohdat

Kunnostettavat siivet eivät ole alkuperäiset projektikoneen siivet. Jaakko Mattila laittoi alkuperäiset siivet aiemmin kunnostamaansa Cessnaan (kuva 1). Projektikoneeseen tulevat siivet ovat peräisin vaurioituneesta 172N-mallisesta Cessnasta, joka vaurioitui pyörähdettyään katolleen epäonnistuneen laskun seurauksena (Mattila 2014). N-mallin siivet voidaan laittaa projektikoneeseen, sillä ne ovat rakenteeltaan samanlaiset. Niihin ei ole tehty muutoksia M-mallista. Erona alkuperäisiin siipiin on se, että kunnostettavat siivet ovat pitkänmatkan polttoainesäiliöillä varustetut versiot.

Onnettomuuden seurauksena siivet olivat kaikesta päätellen vaurioituneet pahoin, kuten kuvasta 6 on nähtävissä. Päälisin puolin tarkasteltuna siipien kunnosta voitiin päätellä jo paljon. Vaurioiden vakavuudesta ja laajuudesta kertoi se, että rakenteita oli poistettu isolta alueelta siivistä. Lisäksi tallessa olleet siivistä poistetut vääntyneet, repeytyneet tai muulla tavoin vioittuneet rakenteet ja osat, kertoivat tapahtuneesta. Siipien kärjet ja tyvet olivat huonoimmassa kunnossa. Näiltä alueilta oli poistettu eniten rakenteita muun muassa verhouslevyjä ja sisärakenteita. Siipien tyvi ja kärki olivat selvästi joutuneet vääntökuormituksen alaisiksi, sillä pääsalot, kaaret, jäykisteet ja verhouspelti olivat vääntyneet pahoin. Kaikki ohjain pinnat olivat myös huonossa kunnossa. Vasemman siiven laipasta (laskusiiveke) oli jäljellä pelkkä tukiranka. Se näkyy kuvassa 6 apusal-koon kiinnitettynä. Siivistä puuttui myös osia ja rakenteita, joista suurin yksittäinen osa oli vasen siiveke. Muita puuttuvia osia olivat muun muassa polttoainesäiliöt, kärkien muotokaaret ja muotosuojat, sekä verhouslevyjä isolta alueelta.

Kuvassa 6 näkyvät molemmat siivet ja niiden kunto päälisin puolin ennen tämän opin-näytetyön alkua keväällä 2014. Vasen siipi oli pahemmin vaurioitunut kuin oikea, ja juuri vasenta ryhdyttiin kunnostamaan tämän opinäytetyön aikana. Kuvassa etummaisena on vasen siipi, sen kärki on kuvan vasempaan reunaan päin. Oikea siipi on sen takana puoliksi piilossa siiven kärki kuvan oikeaan reunaan päin. Siivet ovat etureuna lattiaan päin asian mukaisessa siipitelineessä siipien alapinnat katsojaan päin.



KUVA 6. Projektikoneen siivet

#### **Aikaisemmin tehdyt korjaukset**

Siipien kunnostusta oli jo aloitettu ennen tämän opinnäytetyön aloittamista, oikeaa siipeä hieman enemmän. Siivistä oli poistettu pintamaali kokonaan lukuun ottamatta oikeaa siivekettä. Apusalot oli tehty kokonaan uusiksi tyvestä laipan pituudelta ja maalattu, mutta niiden kunnostus oli vielä kesken. Oikeaan siipeen salko oli niitattu jo paikoilleen, mutta ei vasempaan. Apusalko näkyy kuvassa 6 pääsalon yläpuolella valkoiseksi maalattuna, se on myös merkattu kuvaan. Vasemman siiven toisen apusalon murtumat oli myös korjattu, mutta oikeassa siivessä sen kunnostus oli vielä kesken. Lisäksi muutamia puuttuvia verhouspeltejä oli jo tehty oikeaan siipeen, sekä pituusjäykisteiden kunnostus aloitettu.

Niitit oli poistettu vasemman siiven alapuolen verhouspellistä kärjestä tyveen päin isolta alueelta, yläpellistä kärjen alueelta, sekä etureunan pellistä siiven alapinnalta koko siiven pituudelta. Tämä oli tehty siiven sisärakenteiden tarkastamisen ja kunnostamisen helpottamiseksi. Siivistä oli myös irrotettu muun muassa ohjainpintojen käyttölaitteet sekä päätykaaret. Cessna 152 -sarjan lentokoneen siipi oli myös purettu varaosiksi. Sen osia voitiin käyttää, sillä se ei eroa 172-sarjan Cessnan siivestä niin merkittävästi. Huomioon otettava eroavaisuus käytettäessä siipeä varaosina oli se, että 152-sarjan siipi on paikoin heikkorakenteisempi. Tästä syystä täytyi olla tarkkana siinä, mitä osia käytti.

## 3.2 Ennen kunnostusta

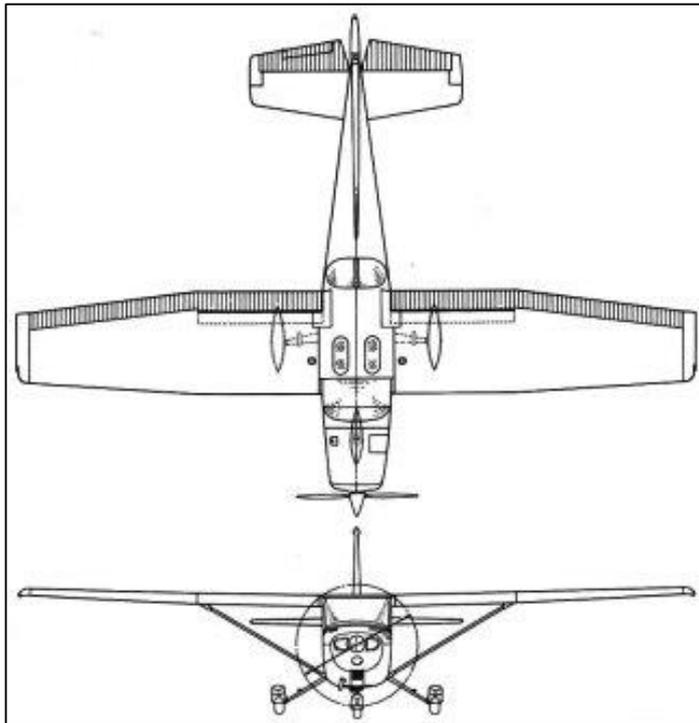
Ennen siipien kunnostukseen ryhtymistä on mietittävä, ovatko siivet kunnostettavissa ja onko niitä järkevää ylipäättään lähteä kunnostamaan. Näiden seikkojen selvittämiseksi pitää tehdä vauriotarkastelu siiville (luku 3.2.2). Tämän jälkeen pitää pohtia, mitkä ovat projektin lähtökohdat ja kuinka paljon resursseja on käytettävissä projektiin. Näihin kysymyksiin on helpompi vastata vauriotarkastelun jälkeen, sillä siipien kunnosta on tällöin parempi kuva. Ennen vauriotarkasteluun ryhtymistä, on kuitenkin syytä tutustua siiven rakenteisiin lentokoneen omista huolto- ja varaosamanuaaleista, jotta pystyttäisiin tekemään vauriotarkastelu riittävän hyvin. Edellä mainitut asiat myös selvitettiin ennen projektikoneen siipien kunnostukseen ryhtymistä.

Kun tuntee siiven rakenteet hyvin, se helpottaa kunnostuksen suunnittelua ja sen toteutusta. On myös tärkeää tunnistaa, mitkä siiven rakenteet ovat primääri-, sekundääri- ja tertiäärirakenteita, jotta osaa suhtautua oikealla vakavuudella eri rakenteisiin ja niissä oleviin vaurioihin kunnostuksen aikana. Primäärirakenteet ovat Torbjörn Bengtström (2008) mukaan sellaiset rakenteet, jotka aiheuttavat välittömän onnettomuuden, jos ne rikkoutuvat lennon aikana. Tällaisia rakenteita ovat muun muassa siipisalot, siipien ja ohjainpintojen kiinnitykset, sekä ohjausjärjestelmien monet osat. Sekundäärirakenteiden hajoaminen ei taas aiheuta välittömästi onnettomuutta. Niitä ovat esimerkiksi muotokaaret ja siiven verhoulevyt. Tertiäärirakenteen hajoaminen ei aiheuta välitöntä lentoturvallisuus riskiä. Tarkastusluukut ja muotosuojat ovat muun muassa tällaisia rakenteita. (Bengtström 2008, kappale 2: 16, 17.)

### 3.2.1 Siiven rakenne

Cessna 172M ja -N -mallin lentokoneet ovat ylätasokoneita, joissa vasen ja oikea siipi sijaitsevat ohjaamon yläpuolella (kuva 7). Siivet ovat muodoltaan suorat aina siipiasemaan 100.00 asti (siipiasemat näkyvät kuvassa 8) eli noin laippojen pituudelta, sen jälkeen siipi kapenee kärkeen asti. Niiden muoto näkyy kuvassa 7. Siipiin on myös tehty kolmen asteen kiertoa siipiasemasta 100.50 kärjen muotokaareen saakka. Se on toteutettu muotokaaria pienentämällä siiven kärkeä kohti. Siipien kärkiväli on 10,97 m ja niiden pinta-ala on 16,17 m<sup>2</sup>. Siivet kiinnittyvät runkoon kuudesta pisteestä. Ohjaamon yläpuolella ne kiinnittyvät runkoon pulteilla pää- ja apusalon korvakkeista. Lisäksi siivet ovat

tuettu streevoilla rungon alaosaan lentokoneen molemmilta puolilta. Streevat kiinnittyvät siipien pääsalkoihin noin siipiaseman 100.00 kohdalla. Vasen ja oikea siipi ovat peilikuvia, eivätkä eroa toisistaan merkittävästi. Suurimmat eroavaisuudet liittyvät niiden laitteistoihin, esimerkiksi vasemmassa siivessä on ainoastaan pitot-putki ja sakkausvaroittimen ilmanotto. Oikeaan siipeen puolestaan tulee laippojen käyttömoottori, joka aiheuttaa siipeen myös pieniä rakenteellisia eroja.



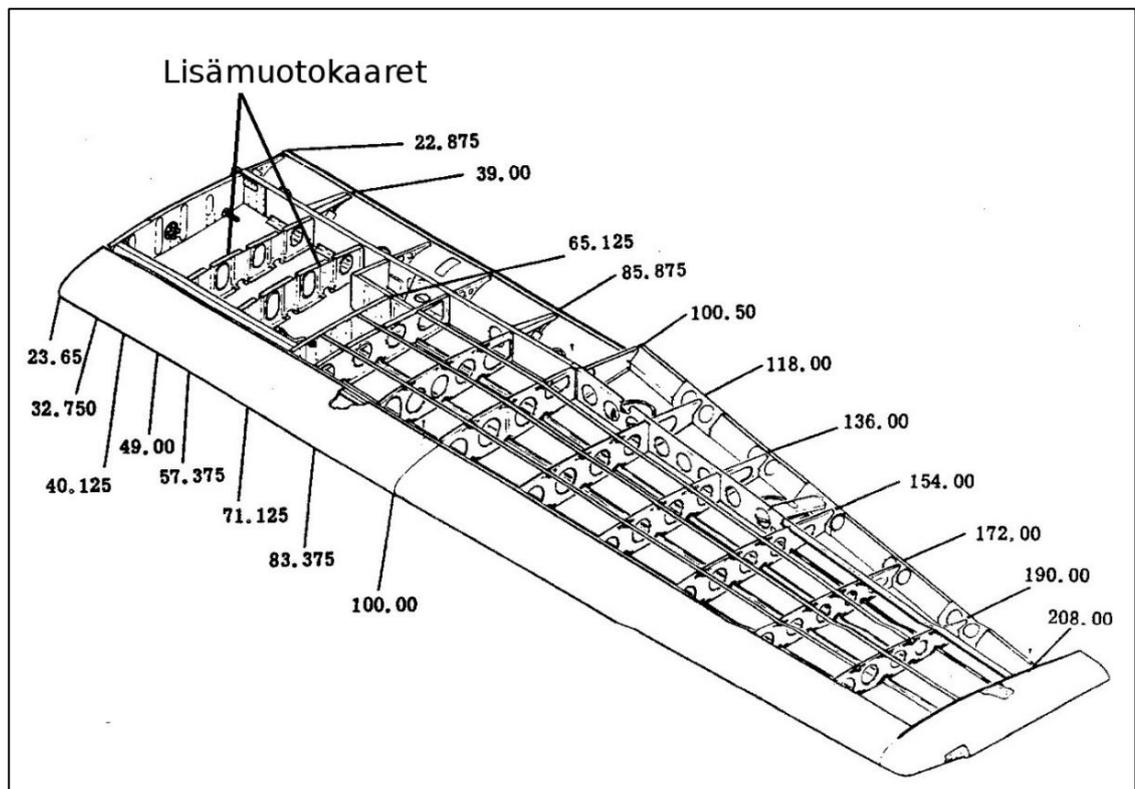
KUVA 7. Cessna 172:n profiilikuva edestä ja ylhäältä päin (Savonlinnan lentokerho 2015, muokattu 24.1.2015)

Siiven rakenne on perinteinen puolikuorirakenne, jossa pääsalko ja apusalot kantavat suurimmat kuormat. Muotokaaret ja pituusjäykisteet antavat siivelle halutun muodon, sekä ottavat osaltaan kuormitusta vastaan. Tällaisessa rakenteessa myös verhouslevyt kantavat osan kuormasta. Rakenteissa on pääosin käytetty kupariseosteista alumiinia eli duralumiinia, 2024-T3, -T4 ja -T42 -laatuja (Cessna Aircraft Company 2005, 27). AL 2024-T3 -alumiinilaadusta on tehty muun muassa ohutlevyt, jotka eivät vaadi materiaalin muotoilua tai vaativat sitä ainoastaan vähän. 2024-T3 -laatu on lujempaa kuin 2024-T4 tai -T42 -laadut, ja siksi huonommin muokattavaa. Sitä voidaan käyttää myös yleisesti rakenteiden kunnostuksessa, mikäli korjattavan rakenteen materiaalia ei ole saatu selville ja mikäli materiaalia ei tarvitse muotoilla. Taivutusta vaativat rakenteet kuten muotokaaret ovat puolestaan tehty 2024-T42 -alumiinilaadusta, kun taas pääsalossa on käytetty -T4 -laatua. (Cessna Aircraft Company 2005, 27, 134, 135, 138.)

N-mallin Cessnan siiven rakenteiden kiinnitykseen käytetään pääasiassa kiinteäpartisia alumiiniseosteisia lentokonekäyttöön tarkoitettuja kupukantaniittejä (MS20470AD). Uppokantaniittejä (MS20426AD) käytetään yleensä vain paikoissa, joissa tarvitaan sileää pinnan viimeistelyä, esimerkiksi siellä missä niittauksen päälle tulee toinen rakenne, kuten siiven kärjen muotosuojan kiinnityskohdassa. Kupukantojen käyttö on uppokantoja paljon yleisempää Cessnassa, koska niiden kannat ovat uppokantoja kestävämmät, eikä sileä ilmavirtaus siiven pinnan yli ole niin merkittävässä asemassa kuin nopeamilla lentokoneilla. Rakenteiden kiinnitykseen voidaan käyttää myös lentokonekäyttöön tarkoitettuja vetoniittejä (Cherry Max rivets). Niiden käyttö on kuitenkin suositeltavaa ainoastaan silloin, kun kiinteitä niittejä ei ole mahdollista laittaa, ja sellaisissa paikoissa, missä on pääsy vain rakenteen toiselle puolelle. Vetoniitit ovat alttiimpia väsymiselle, eivätkä ole niin lujia kuin kiinteät niitit. Lisäksi ne ovat kiinteitä niittejä herkempiä korroosiolle ja niitä on hankalampi poistaa. (Cessna Aircraft Company 2005, luku 51-40-00 s.1–2, 7; Federal Aviation Administration 1998, osa 4 s. 19; Bonacci 1987, 30)

Yleinen kiinteäpartisten niittien merkintätapa on MS20470AD4-5. Tunnus avautuu seuraavalla tavalla. Ensimmäinen osa MS20 (Military standard 20) tarkoittaa armeijan standardia 20. Seuraava osa (470) ilmaisee niitin kannan tyyppiä, jossa 470 on kupukanta ja 426 uppokanta – kuten edellisessä kappaleessa mainituista tunnuksista saattoi jo päätellä. AD-merkintä kertoo mistä materiaalista niitti on tehty. Käytettyjen niittien tulee olla 2117-T4 (AD) -alumiinilaatua (yleisesti käytetty) tai lujempia, kun kiinnitetään primääri- ja sekundäärirakenteita. Seuraava numero (4) kertoo niitin koon, esimerkiksi koon 4 niitin halkaisija on 1/8 tuumaa. Viimeinen numero viivan jälkeen kertoo niitin pituuden (5), pituusluokan 5 niitti on esimerkiksi 5/16 tuumaa pitkä. (Federal Aviation Administration 1998, osa 4 s. 15–16; Bonacci 1987, 27, 29–30, 33)

Kuvassa 8 näkyy vasemman siiven rakenne ja siihen on merkattu siipiasemat tuumina. Ne ovat mitattu koneen pituusakselilta. Niiden avulla voidaan määrittää siiven eri rakenteiden sijainteja, kuten muotokaarien paikat. Kuvan siivessä on siiven sisään integroidut polttoainesäiliöt (wet wing -versio), kun taas projektikoneen siivissä on puolestaan erilliset irrotettavat polttoainesäiliöt (kuva 9 ja Liite 4). Ne eroavat toisistaan siinä, että integroidussa versiossa polttoainetankin sisälle on lisätty kaksi muotokaarta vahvistamaan rakennetta (kuva 8), kun taas irrotettavalla polttoainesäiliöllä varustetussa siivessä säiliö itsessään tukee rakennetta. Luvun 3.3 kuvassa 9 on rakennekuva pitkänmatkan polttoainesäiliöllä varustetusta siivestä.



KUVA 8. Siiven rakenne ja siipiasemat (Cessna Aircraft Company 1992, 10. muokattu 29.11.2014)

### 3.2.2 Vauriotarkastelu

Ensisilmäys kertoo jo paljon siipien kunnosta. Siipien ulkomuodon perusteella voidaan päätellä missä vaurioita on ja kuinka pahoja ne ovat. Mikäli siiven ulkomuodossa ei havaita mitään poikkeavaa, niin todennäköisesti isommilta vaurioilta on säästyty. Jos taas havaitaan esimerkiksi lommoja tai vääntymiä verhouspellissä, niin vauriot ovat todennäköisesti merkittäviä. Mikäli siiven pintaan on tullut vaurioita, niin myös sisärakenteet ovat luultavasti vaurioituneet siltä kohtaa tai laajemmalla alueella. Karkeasti voidaan sanoa, että mitä isompi vaurio siiven pinnassa on, sitä isommat vauriot ovat myös siiven sisärakenteissa. Sisärakenteiden vauriotarkastukseen on kiinnitettävä myös huomiota, sillä jos niihin on tullut vaurioita, eivät ne useinkaan näy ulospäin ennen kuin vauriot ovat vakavia. Esimerkiksi jos pääsalkoon tulee väsymismurtuma, ei se todennäköisesti näy ulospäin ennen kuin rakenne petteä. Vaurioiden ollessa todella huomattavia voidaan jo siipien ulkopuolisen visuaalisen tarkastelun perusteella sanoa, kannattaako siipien kunnostukseen ryhtyä, vai onko siivistä vain varaosiksi. Projektikoneen siipien vauriot eivät olleet kuitenkaan näin mittavat.

Vauriotarkastuksessa on kiinnitettävä erityisesti huomiota primäärirakenteisiin, kuten pää- ja apusalkoihin, sekä siipien kiinnityskorvakkeisiin. Lisäksi alueet ja rakenteet missä on havaittu vaurioita, on tarkastettava hyvin, erityisesti pahoin vaurioituneet alueet. Jos jokin rakenne on pahoin vaurioitunut, on todennäköistä, että sen lähellä olevat muut rakenteet ovat myös vaurioituneet. Visuaalisen tarkastuksen lisäksi kriittisimmät rakennekohtat sekä kovimmalle rasitukselle altistuvat alueet on hyvä käydä läpi tunkeumanestetarkastuksella. Tällaisia rakennekohtia ovat muun muassa siiven kiinnityskorvakkeet sekä streevan kiinnityskohta pääsalossa. Lisäksi tunkeumanesteen avulla kannattaa tarkistaa myös sellaiset alueet, joilla epäilee olevan mahdollisia rakenteen sisäisiä vaurioita. Rakenteen sisäiset vauriot eivät näy välttämättä kappaleen pinnassa paljaalla silmällä katsottuna. Tunkeumanestetarkastusmenetelmä tuo tällaiset vauriot näkyviin.

Projektikoneen siiville tehtiin perusteellinen koko rakenteiden kattava vauriotarkastus, sillä siivet olivat pahoin vaurioituneet, ja tämän tyyppisen tarkastuksen tekeminen kuuluu koko projektin tavoitteisiin. Näin vanhoille siiville on lisäksi perusteltua tehdä kattava tarkastus. Vaurioista ja niiden laajuudesta haluttiin saada mahdollisimman hyvä kokonaiskuva, jotta pystyttäisiin tekemään hyvä kunnostussuunnitelma. Huolellisella vauriotarkastuksella vähennetään kunnostuksen aikana eteen tulevia yllätyksiä, kuten huomaamatta jääneitä vaurioita.

Ensin siiville tehtiin pintapuolinen perusteellinen vauriotarkastus ja tutkittiin mitä korjauksia niille oli jo tehty. Osa siipien sisärakenteista päästiin tarkastamaan suoraan päältä päin, sillä siivistä oli poistettu verhouspeltejä, niittejä, sekä muita rakenteita isolta alueelta. Kaikki ohjainpinnat oli myös poistettu. Siipien sisärakenteet olivat luultavasti vauriotarkastettu jo aiemmin, mutta ne päätettiin tarkastaa uudestaan, koska ei ollut tietoa oliko siipien sisärakenteissa vaurioita vai ei. Myös poistetut rakenteet, muut siiven osat ja käytettävissä olleet varaosat tarkastettiin. Vauriotarkastus tehtiin visuaalisesti käyttämällä apuna kulmapeiliä ja endoskooppia. Lisäksi muutamille rakenteille tehtiin tunkeumanestetarkastus. Kaikki löydetyt vauriot tarkastettiin lopuksi vielä huolellisesti.

### 3.2.3 Muuta huomioon otettavaa

Experimental-rakentamista koskevien ilmailumääräysten lisäksi on syytä tutustua ilma-aluksen omiin mallikohtaisiin huolto- ja kunnostusmanuaaleihin ennen kunnostukseen ryhtymistä. Koneen omasta huoltomanuaalista selviää muun muassa miten sen eri rakenteita ja osia pitää huoltaa sekä korjata. Yleisesti hyväksytyihin kunnostusmenetelmiin on myös hyvä käydä tutustumassa. Niitä ovat muun muassa FAA:n (Federal Aviation Administration) vauriokorjaus ja -tarkastus ohjeet FAA AC 43.13-1B (1998).

#### Lentokelpoisuusmääräykset

Ennen kunnostukseen ryhtymistä on myös hyvä tarkastaa mitä lentokelpoisuusmääräyksiä ja -tiedotteita (service bulletins) on tullut lentokoneeseen. Näitä antavat lentokonevalmistajat, kuten projektikoneen tapauksessa Cessna Aircraft Company. Trafín (2015) verkkosivuilta löytyy myös kattava lista eri lentokonetyypeille tulleista lentokelpoisuusmääräyksistä ja -tiedotteista. Ne sisältävät muun muassa huolto- ja muutosmääräyksiä. Edellä mainittuja määräyksiä ja tiedotteita on syytä noudattaa, sillä ne ovat lentokelpoisuuden ja lentoturvallisuuden kannalta oleellisia asioita.

Cessna 172 -sarjan lentokoneille lentokelpoisuusmääräyksiä oli tullut melko paljon (Trafi 2015, lentokelpoisuusmääräykset). Tässä projektissa oli otettava huomioon, että myös muita Cessnan malleja koskevat määräykset saattoivat koskea projektikonetta. Tämä sen takia, koska sen siivet ovat eri mallia (172N) kuin runko (172M). Lisäksi kunnostuksessa käytettiin varaosia muun mallisista Cessnoista, kuten 150-sarjan Cessnan siivestä. Projektikoneen siipiä koskevat seuraavat määräykset ja tiedotteet:

- siivekesaranoiden tarkastus (M1208/83; SEB87-4; SEB84-22)
- polttoainesäiliöiden huohotuksen parannus (M1532/88)
- sakkausvaroitussjärjestelmän tarkastus (M392/68)
- laskusiivekkeiden kiinnittimien tarkistus ja rullien prikkujen vaihto (SEB95-3)
- laskusiivekkeen matoruuvien tarkastus, voitelu ja muutos (M393/68). (Trafi 2015, M1208/83, M1532/88, M392/68, M393/68; Cessna Aircraft Company 2015, SEB87-4, SEB84-22, SEB95-3.)

Näistä määräyksistä ei koitunut muita toimenpiteitä tämän opinnäytetyön aikana tehtyyn kunnostukseen, kuin siivekesaranoiden tarkastusmääräyksestä SEB87-4. Sen saranat piti tarkastaa määräyksen SEB87-4 mukaan. Mikäli niistä löytyisi murtumia, vaurioituneet saranat tulisi vaihtaa uusiin. Päivityksen SEB84-22 mukaan siivekesaranan voi korvata parannetuilla versiolla. Tarvittavat muutokset on helppo tehdä kunnostuksen yhteydessä. (Cessna Aircraft Company 2015, SEB87-4, SEB84-22.)

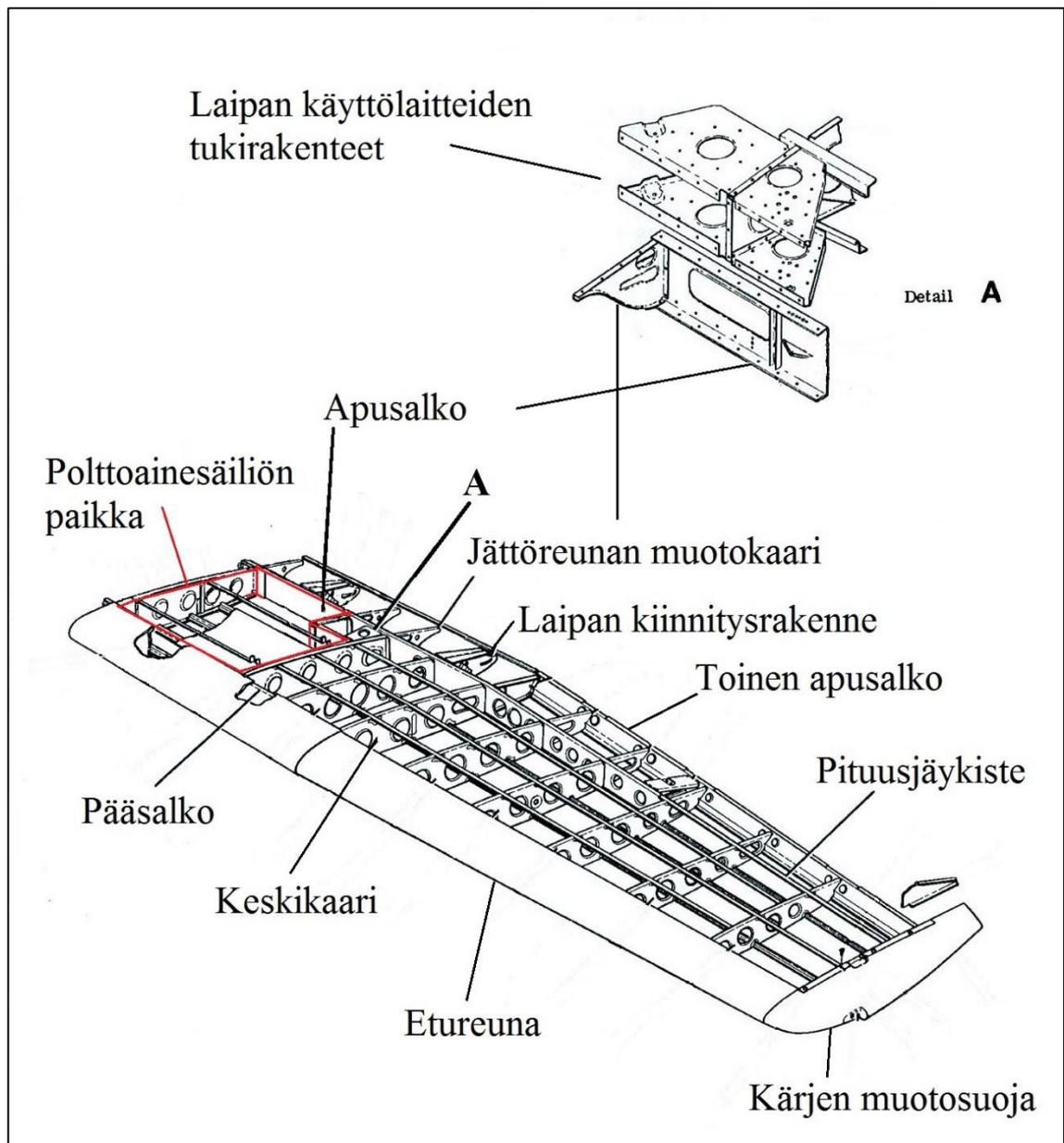
Toimenpiteitä muista määräyksistä aiheutuu vasta myöhemmin siiven ja sen osien asennusvaiheessa, sekä lentokoneen käyttöhuoltotarkastuksissa. Näissä huomioon otettavia asioita olivat seuraavat seikat. Polttoainesäiliöihin pitää määräyksen M1532/88 mukaan asentaa huohotusaukoilla varustetut täyttöaukkojen kannet. Sakkausvaroitinta asennettaessa pitää varmistaa määräyksen M392/68 mukaan, että ilmanottoaukon suulla vasemmassa siivessä ja äänitorven ohjaamonpuoleisessa päässä on verkkosuojaus. Asennuksen jälkeen testataan varoittimen toiminta asettamalla kangas ilmanotto aukon päälle ja imemällä kevyesti sen läpi. Määräyksen M392/68 mukaan varoitin toimii oikein, mikäli siitä kuuluu selvä ääni. Laippoja asennettaessa taas pitää huomioida määräyksen SEB95-3 mukaan, että laippojen etummaisien liukurullien molempiin päihin tulee laittaa ruostumattomasta teräksestä tehdyt aluslevyt. Se ehkäisee laippakiinnityksen kulumista (SEB95-3). Mikäli laipan matoruuvi on vanhaa mallia, niin se kannattaa vaihtaa uuden maalliseen (M 393/68). Vanhanmallista ei kannata asentaa, koska sitä joutuu vaihtelevaan jatkuvasti. (Trafi 2015, M1208/83, M1532/88, M392/68, M393/68; Cessna Aircraft Company 2015, SEB87-4, SEB84-22, SEB95-3.)

### 3.3 Siipien vauriot

Vauriotarkastus vahvisti luvussa 3.1 todettua ensivaikutelmaa siipien kunnosta. Tarkastuksen jälkeen saatiin selkeä kokonaiskuva vaurioista. Siipien kunnostus todettiin mahdolliseksi ja järkeväksi jatkaa. Kunnostus tosin tulisi olemaan haasteellinen ja iso urakka. Tarkastuksen avulla löydettiin muutamia merkittäviä sekä pienempiä vaurioita siipien rakenteista. Pahimmat vauriot löytyivät siiven etureunan muotokaarista. Molempien siipien ohjainpintojen käyttölaitteet olivat lisäksi pahasti ruostuneet, sekä siiven kiinnityskorvakkeiden vahvikkeet vääntyneet. Tämän luvun lopussa olevaan taulukkoon 1 on koottu lista vaurioituneista siipien rakenteista ja osista.

Vasemman siiven kärki ja tyvi, sekä laippa olivat pahiten vaurioituneet. Siiven pääsalko oli vääntynyt pahoin molemmista päistä ja keskiosan muotokaarista kolmannesta (siipiasema 85,875) löytyi lähemmässä tarkastelussa vaurioita. Siipien sisäosien tarkastuksessa kaikki etureunan muotokaaret todettiin vaurioituneiksi lukuun ottamatta 12. muotokaarta tyvestä laskettuna (ks. luvun 4.3 kuva 21). Tyvi- ja kärkipään kaaret olivat eniten vaurioituneet, niiden vauriot olivat kuitenkin korjattavissa. Muita huomioon otettavia vaurioita sisärakenteista ei löytynyt tämän vauriotarkastuksen yhteydessä. Irrotettujen rakenteiden tarkastuksessa siiven tyven ensimmäinen muotokaari ja apusalkoon tulevat jättöreunan muotokaaret todettiin pahoin vaurioituneiksi. Siiven kiinnityskorvakkeiden vahvikkeet olivat myös huonossa kunnossa.

Oikeanpuoleisesta siivestä ei löytynyt kovin montaa vauriopaikkaa, joita ei vielä ollut ryhdytty kunnostamaan. Vaurioituneita rakenteita olivat muun muassa laippa, apusalkoon tulevat jättöreunan muotokaaret, sekä kotelomainen tukirakenne (laipan käyttölaiteatikka) siipiasemien 57.375–71.375 välissä, johon laipan käyttölaitteet kiinnittyvät. Lisäksi etureunan tyvi- ja kärkiosan muotokaaret olivat vaurioituneet. Tyviosan ensimmäinen etureunan kaari oli korjauskelvottomassa kunnossa ja tyviosan ensimmäisestä keskikaaresta löytyi myös murtuma. Oikean ja vasemman siiven vaurioista sekä vaadittavista kunnostustoimenpiteistä on kerrottu yksityiskohtaisemmin luvussa 5. Kuvassa 9 näkyy siiven rakenne ja siihen on merkattu tärkeimpiä rakenteita. Tarkemmat rakennekuvat siivestä ja siiven osien osaluettelot löytyvät liitteistä 4–7.



KUVA 9. Pitkänmatkan polttoainesäiliöllä varustettavan siiven rakennekuva (Cessna Aircraft Company 1975, 18, muokattu 2.2.2015)

Alla olevasta taulukosta 1 käy ilmi missä rakenteissa vaurioita on ja arvio vaurioiden vakavuudesta asteikolla 1–4. Taulukkoon on merkattu X-kirjaimella, mikäli jokin rakenne puuttuu kokonaan ja onko rakenteen kunnostus jo aloitettu aikaisemmin. Vaurioasteikossa on seuraavat laiset merkitykset: 1 merkitsee vähäisiä vaurioita ja korjauksia; 2 tarkoittaa kohtalaisen vakavia vaurioita ja kunnostus vaatii kohtalaisesti töitä; 3 merkitsee vakavia ja/tai laajoja vaurioita ja kunnostus vaatii paljon työtä, mutta rakenne on vielä korjattavissa; 4 taas tarkoittaa niin vakavia vaurioita, että rakenne ei ole enää korjattavissa tai sen korjaaminen ei ole enää järkevää, jolloin tällainen rakenne on joko tehtävä kokonaan uudestaan tai hankittava uusi tilalle.

TAULUKKO 1. Vaurioituneet siipien rakenteet ja osat

Siipi	Vasen			Oikea		
	Vauriot (1–4)	Puuttuu	Kunnostus aloitettu	Vauriot (1–4)	Puuttuu	Kunnostus aloitettu
Pääsalko	3			2		X
Apusalko (siiven tyvestä siipiasemaan 100.50)	-		X	-		X
Toinen apusalko (siipiasema 100.50– 208.00)	1		X	1		X
Siiven korvake- vahvistukset	4			4		
Kärjen muotokaaret		X			X	
Tyven muotokaaret	4			1		X
Keskiosan muoto- kaaret	2			2		X
Etureunan muoto- kaaret	3			4		
Jättöreunan muoto- kaaret	2			3		
Pituusjäykisteet	2		X	2		X
Muotopellit	2	6		2	3	X
Laippa	3	3		3	3	
Laipan kiinnitysra- kenteet	4	1	X	1		X
Käyttölaitelaatikko (laippa)	3			3	1	

Siiveke		X		2		
Ohjainpintojen käyttölaitteet	3			3		
Polttoainesäiliöt		X			X	
Kärjen muotosuoja		X			X	
Pitot-putki		X		-	-	-
Sakkausvaroittimen ilmanotto	1			-	-	-

### 3.4 Kunnostussuunnitelma

Vauriotarkastuksen ja aikaisemmin tehtyjen korjausten pohjalta lähdettiin laatimaan siipien kunnostussuunnitelmaa. Huolella tehty vauriotarkastus oli kunnostussuunnitelman perusta. Molemmille siiville oli tehtävä omat suunnitelmat, sillä vauriot ovat aina yksilöllisiä ja siipikohtaisia. Siipien kunnostuksessa voidaan kuitenkin noudattaa samoja yleisiä periaatteita. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan yleisellä tasolla miten projektikoneen siipien kunnostus toteutetaan, miten se etenee ja mitä pitää ottaa huomioon.

Ensin pitää miettiä missä järjestyksessä rakenteita lähdetään kunnostamaan, jotta rakenteiden asennus takaisin onnistuisi oikeassa järjestyksessä ja välttyttäisiin ylimääräiseltä työltä. Ensiksi tulee kunnostaa sisärakenteet, ja niistä ensimmäisenä primääri- ja sekundäärirakenteet eli siiven tukiranka. Sitten ne kiinnitetään paikoilleen ja kunnostetaan muut siiven sisälle tulevat rakenteet. Siipien kuorirakenteet kunnostetaan viimeisenä, kun kaikki tarvittavat siiven sisälle tulevat rakenteet ja laitteet – joiden asentaminen jälkikäteen olisi hankalaa – on asennettu takaisin paikoilleen. Tämän jälkeen siipi on viimeistelyä vaille kunnostettu.

Aluksi siipeä pitää purkaa niin paljon, että päästään käsiksi siiven sisärakenteiden vauriokohtiin ja saadaan vaurioituneet rakenteet irrotettua. Vaurioituneet rakenteet on helppompaa kunnostaa, kun ne on otettu irti siivestä. Jos rakenteen irrotus siivestä aiheuttaa kohtuuttoman paljon vaivaa, voi rakenteen korjata sen ollessa paikallaan siivessä. Tarvittaessa vaurioitunut osa on poistettava kokonaan ja vaihdettava uuteen, mikäli rakenteen osaa ei voida enää kunnostaa. Kun sisärakenteet on kunnostettu, ne voidaan asentaa takaisin.

Seuraavaksi ennen verhouslevyjen kiinnittämistä, on syytä käydä vielä huolella läpi, että kaikki sisärakenteet ovat paikoillaan. Lisäksi tarvittavat laitteistot ja osat kannattaa asentaa tässä vaiheessa, joiden asentaminen myöhemmin verhouslevyjen asennuksen jälkeen olisi hankalaa. Etureunan sisään kannattaa vetää muun muassa tarvittavat sähköjohdot ja pitot-putken sekä sakkausvaroittimen ilmaletkut. Streevan kiinnityspalkin voi myös kiinnittää pääsalkoon tässä vaiheessa, kun sille ja pääsalon kiinnitysalueelle on ensin tehty tunkeumanestetarkastus.

Sisärakenteiden asennuksen jälkeen voidaan aloittaa siiven verhouslevyjen kunnostus. Kun tarvittavat verhouslevyt on tehty ja pituusjäykisteet kunnostettu, on tärkeää suunnitella verhouslevyjen oikea asettelu. Ne tulee asettaa paikoilleen siten, että levyjen reunat ovat toistensa päällä limittäin porrastettuna alaspäin ja etureunasta jättöreunaan päin. Etureunan pelti tulee olla päällimmäisenä, seuraavan pellin reuna sen alla ja seuraavan reuna tämän alla. Jättöreunan pelti jää alimmaiseksi. Tämä on aerodynaamisin ratkaisu verhouslevyjen asetteluun siiven kannalta. Vanhoista pelleistä näkee, mikä pelti on ollut toisen alla. Peltejä ei saa asettaa siten, että kahden pellin reunat ovat vastakkain, tai ne ovat päällekkäin porrastettuna ylöspäin ilmvirtausta vastaan. Tällaiset ratkaisut olisivat huonot siiven aerodynamiikan kannalta. Kun verhouslevyt on aseteltu oikein paikoilleen, ne kiinnitettävä clecoilla (panelikiinnittimillä) siipeen, jotta nähdään onko siiven muoto oikea. Siipien muodon tarkastamisessa on otettava huomioon siiven kierto, se tulee mitata Cessna Aircraft Companyn (1992, kpl. 18 s.15) huoltomanuaalista löytyvän ohjeen mukaan. Jos siiven muodossa ja kierrossa havaitaan poikkeamia, on sisärakenteissa jotain vikaa, ja niitä joudutaan korjaamaan.

Tämän jälkeen voidaan verhouslevyjien niittaus aloittaa. Niittaus on tärkeää tehdä oikeassa järjestyksessä, jotta joka alue on mahdollista niitata. Niittauksessa kannattaa edetä etureunasta jättöreunaan päin ja siiven keskeltä kärkeä tai tyveä kohti, yksi kaariväli kerrallaan. Jättöreunan niittirivi on helppo niitata viimeisenä, sillä apusalot ovat vielä tässä vaiheessa näkyvissä ja niihin pääsee helposti käsiksi. Verhouspelti siiven alapinnalta polttoainesäiliön kohdalta on myös helppo niitata kiinni, sillä siihen pääsee esteettä käsiksi. Siiven yläpinnan pelti tulee siltä kohdalta ruuveilla kiinni.

Tämän jälkeen siivet ovat muodossaan ja ne ovat valmiit maalattavaksi. Sitten voidaan aloittaa siiven laitteistojen asennus ja viimeistelytyöt. Mikäli kaikkia laitteistoja ei ole vielä kunnostettu, kuten ohjainpintojen käyttölaitteita, niin se on hyvä tehdä tässä vaiheessa. Loppuviimeistely tehdään siipien kiinnityksen jälkeen lentokentällä. Siihen kuuluu muun muassa seuraavia asioita: vaijerien veto ohjainpintojen käyttölaitteille; polttoainetankkien asennus – ellei ole jo tehty; sähköjohtojen, sekä polttoaine- ja ilmaputkien liittäminen runkoon; sekä ohjainpintojen, siiven kärkien muotosuojien, ja huoltoluukkujen asennukset, sekä viimeistelymaalaukset.

### **Yksittäisen rakenteen kunnostus**

Jokaiselle laitteelle, rakenteelle ja osalle täytyy tehdä ennen kunnostusta oma erillinen rakennekohtainen kunnostussuunnitelma vaurioiden pohjalta. Yksittäisen rakenteen kunnostus kulkee yleensä seuraavassa kappaleessa selostetun kunnostusperiaatteen mukaisesti. Tämä periaate soveltuu minkä tahansa rakenteen, osan tai laitteen kunnostukseen sovellettuna tapaus kohtaisesti. Vauriot ovat aina tapauskohtaisia. Periaatteen pääkohdat on vielä koottu yhteen ja listattu selostuskappaleen jälkeen.

Ensin tehdään vauriotarkastus, minkä jälkeen päätetään onko rakenne kunnostettavissa, vai onko rakennettava tai hankittava uusi osa. Mikäli osa päätetään kunnostaa, jatketaan alla olevan kunnostusperiaatelistan seuraavaan kohtaan. Rakennetta puretaan niin paljon, kuin on tarpeellista kunnostuksen kannalta. Kaikkien osien kunto pitää päästä tarkistamaan. Rakenteen purkamisen jälkeen kaikki osat puhdistetaan ja vauriot tarkastetaan. Tämän jälkeen osista poistetaan maalit, mikäli maalikerros on vaurioitunut tai on aiheellista tarkistaa kappaleen pinta maalin alta. Sitten vaurioituneet osat kunnostetaan tai vaihdetaan uusiin. Kun kaikki osat on kunnostettu, ne voidaan maalata. Tämän jälkeen rakenne kootaan. Lopuksi on korjausmaalauksen ja lopputarkastuksen aika. Usein

osia joudutaan korjausmaalaamaan vielä lopuksi kasauksessa aiheutuneiden maalivaurioiden takia, esimerkiksi jos rakenne niitataan kasaan. Lopputarkastuksessa varmistetaan, että rakenteen kunnostustulos on tyydyttävä ja rakenne on oikeanlainen. Mikäli kyseessä on esimerkiksi mekaaninen laite, tulee sen moitteeton toimivuus todeta.

**Kunnostusperiaate:**

- vauriotarkastus
  - onko kunnostettavissa
- rakenteen purku
- osien puhdistus ja vauriotarkastus
  - ovatko osat kunnostettavissa
- maalien poisto
  - pinnan vauriotarkastus
- osien kunnostus
  - huolletaan, korjataan
  - tehdään korjauspalat
- maalaus
- rakenteen kokoaminen
- korjausmaalaus
- lopputarkastus.

## 4 VASEMMAN SIIVEN KUNNOSTUS

### 4.1 Toteutus

Tässä luvussa kerrotaan mitä vasemmasta siivestä kunnostettiin tämän opinnäytetyön aikana, sekä miten kunnostus toteutettiin. Kunnostus suunniteltiin toteutettavaksi luvussa 3.4 esitetyn suunnitelman mukaisesti, sekä toteutettiin luvussa 3.1 kerrottujen lähtökohtien ja luvussa 3.3 kerrottujen vauriotarkastuksessa löydettyjen vaurioiden pohjalta. Yksittäiset rakenteet korjattiin luvussa 3.4 esitetyn kunnostusperiaatteen mukaisesti. Tavoite oli ainoastaan kunnostaa siipeä niin pitkälle kuin ehdittäisiin.

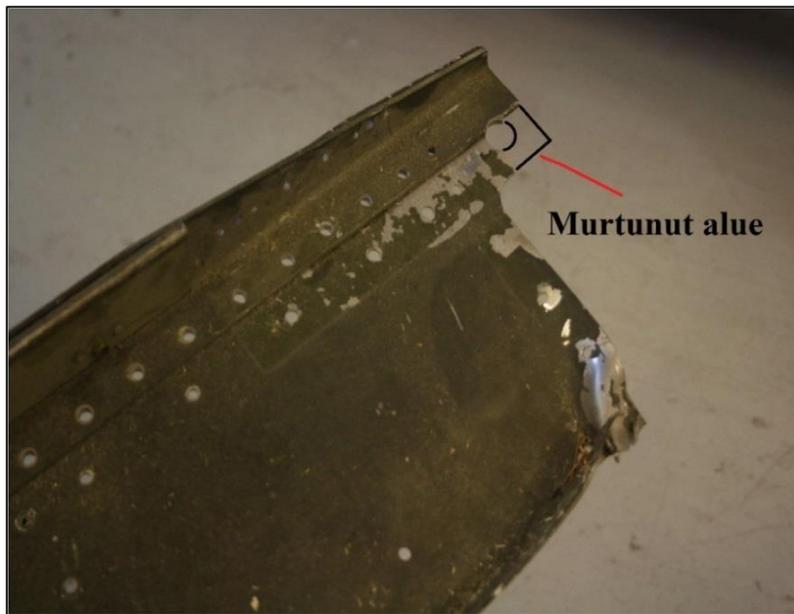
Kunnostus oli aloitettu aikaisemmin, molempien apusalkojen, laipan, pituusjäykisteiden ja verhouseptien osalta, kuten aikaisemmin jo mainittiin. Siipien purkuosuus oli myös tehty lähes kokonaan vaadittavilta alueilta, joten rakenteita päästiin suoraan kunnostamaan vauriotarkastuksen jälkeen. Kunnostukseen ryhdyttiin jatkamalla tyvipuolen rakenteiden kunnostusta, koska siipien pitennysmodifikaatio piti suunnitella ennen siiven kärjen kunnostusta. Ensiksi ryhdyttiin kunnostamaan pääsalon tyviosaa, sekä etureunan ja keskiosan muotokaaria. Apusalon rakenteiden korjausta myös jatkettiin, sekä haluttiin saada loppuun jo kesällä aloitettujen laippojen ja oikean siivekkeen kunnostus.

Periaatteena oli, että ennen maalausta kunnostettaisiin mahdollisimman monta yksittäistä osaa maalausvalmiiksi, jotta ne saataisiin yhtäikaa ruiskumaalaukseen. Tällä tavoin päästäisiin helpommalla. Tästä syystä monta eri rakennetta oli yhtäikaa kunnostuksen alla. Osien maalaus on tehtävä ennen rakenteiden kokoamista, mikäli korjauspalat ja kunnostettava rakenne eivät ole hyvässä maalissa. Usein näin ei ole, vaan rakenteen maali on vaurioitunut lähes poikkeuksetta vauriokohtien alueelta.

Kunnostuksen aikana tuli myös ongelmia, aina ei tiedetty miten jokin rakenne tulee koneeseen kiinni tai mitä osia siihen kuuluu. Tällöin paras tapa oli käydä katsomassa mallia ehjistä samanlaisesta rakenteesta tai osasta. Utta ja kunnostettavaa rakennetta vertailemalla selviää yleensä ongelmasta. Projektissa oli paljon varaosia, joiden vertailu helpotti kunnostusta. Lisäksi oikean puoleisesta siivestä oli hyvä käydä katsomassa mallia tarvittaessa, sillä se oli paremmassa kunnossa. Paras tilanne on silloin, kun on mahdollista päästä vertailemaan ehjien siipien rakenteita.

## 4.2 Pääsalko

Pääsalon kunnostuksen suunnittelu oli ensimmäisiä asioita mitä lähdettiin miettimään siiven kunnostuksen alussa. Sen molemmat päät olivat vääntyneet pahoin, muita vaurioita ei onneksi löydetty vauriotarkastuksessa. Suunnitelmana oli lähteä kunnostamaan tyvipäätä ensin vanhan suunnitelman pohjalta. Tyvipuolen salon kunnostusta oli mietitty aikaisemmin jo sen verran, että salko oli suunniteltu katkaistavaksi ja uusi pala lastoitettaisiin katkaistun tilalle. Tämä korjaus suunnitelma todettiin ainoaksi toteutuskelpoiseksi ratkaisuksi tyvipään kunnostamiseen. Siiven kiinnityskorvake salon päässä oli repeytynyt ja pääty oli vääntynyt, kuten kuvassa 10 on nähtävissä. Kuvaan on merkattu myös murtunut alue. Ainoa vaihtoehto oli siis vaurioiden poistaminen kokonaan. Kunnostus oli sen verran haastava urakka, ettei pääsalon kärkipään kunnostusta ehditty tehdä opinnäytetyön aikana.



KUVA 10. Pääsalon tyven vauriot

Kunnostuksessa ja sen suunnittelussa käytettiin apuna liitteen 2 kuvassa 3 olevaa pääsalon kunnostusohjetta. Kunnostus aloitettiin suunnitelman mukaisesti poistamalla vaurioitunut osa pääsalosta. Pääsalosta katkaistiin melko pitkä pätkä, koska haluttiin varmistua, että korjauksesta tulisi tarpeeksi kestävä. Aivan tyveen tehty korjaus ei olisi ollut tarpeeksi kestävä. Katkaisu tehtiin neljännen etureunan kaaren vierestä siiven tyvipuolelta ennen siipiasemaa 49.00. Pääsalon katkaisukohta näkyy kuvassa 11 ja siipiasemat näkyvät luvun 3.2.1 kuvassa 8. Kuvaan 11 merkattua salon kulmajäykistettä ei tarvinnut katkaista, sillä se oli täysin ehjä salon päätyyn saakka.



KUVA 11. Katkaistu pääsalko

Uusi pääsalon tyvikappale saatiin vaurioituneen tilalle varaosana olevasta pääsalosta, jossa salon tyvipuoli oli kunnossa. Kuvassa 12 korjauspalaa ollaan leikkaamassa varaosasalosta, siinä vaurioituneella katkaistulla salolla mitataan oikean pituinen kappale varaosasalosta. Kuvassa vauriosalon kappale (oikealla puolella) on kiinnitetty clecoilla kourupuoli alaspäin varaosasalokoon kiinni, jotta siitä saataisiin leikattua oikean pituinen kappale.



KUVA 12. Uuden pääsalon teko

#### 4.2.1 Lastoituksen suunnittelu

Salon katkaisun ja uuden teon jälkeen ryhdyttiin suunnittelemaan lastoitusta liitteen 2 kuvassa 3 olevan ohjeen pohjalta. Lähtökohdat olivat erilaiset kuin ohjeessa, mutta sitä voitiin silti soveltaa tässä tapauksessa, koska se soveltui myös tyvipään salon korjaukseen. Ohjetta sovellettiin melko paljon, mutta pääperiaatteiltaan kunnostus voitiin tehdä sen mukaisesti. Periaatteena oli kiinnittää pääsalon palaset yhdeksi saloksi lastoituksen avulla. Se tuli tehdä kiinnittämällä salon alapintaan<sup>1</sup> saumakohdan päälle koko salon levyinen alumiinilevy eli lasta. Salon toinen puoli on kourumainen ja se tuli myös lastoitaa. Tämä tuli tehdä kahdella kourun sisälaitoihin tulevilla kulmajäykisteillä, sekä niiden päälle tulevalla kantatulla kourun levyisellä alumiinilevyllä. (Liite 2, kuva 3)

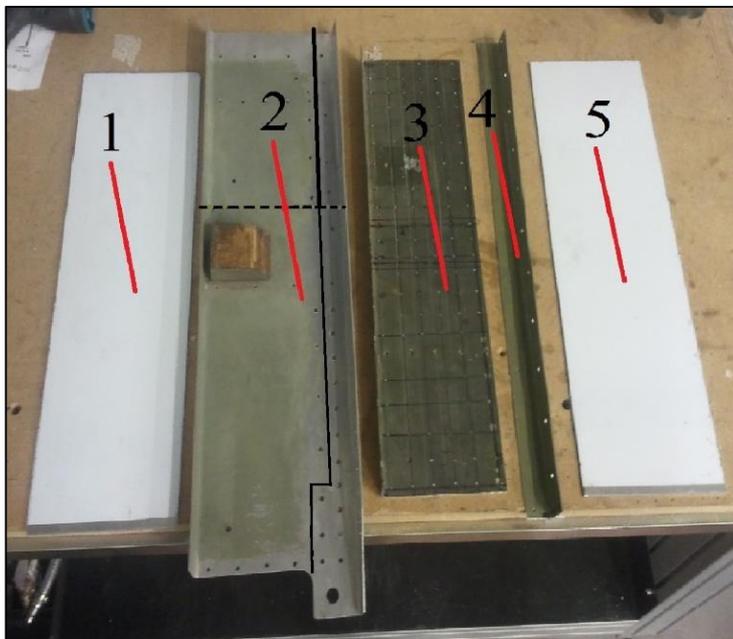
Lähtökohdat erosivat siinä, että kunnostuspaikka oli eri kuin salon kunnostusohjeessa (Liite 2, kuva 3). Kourun puolen lastoitusta ei ollut mahdollista tehdä aivan ohjeen mukaisesti yhdellä laidasta laitaan ulottuvalla lastalla, jossa kanttaukset tulevat kulmatukien päälle. Käytössä olleilla resursseilla ei olisi kannattanut lähteä tekemään kanttauksia paksuun alumiinilevyyn, sillä kappaleen laadusta ei olisi tullut tyydyttävää. Lisäksi kunnostuspaikan kohdalla pääsalossa kulkee katkaisukohdan yli kulmajäykisteet kiinnityskorvakkeen puoleisessa kourun laidassa (kuva 11), mikä aiheutti myös muutoksia lastoituksen tekoon. Suunnittelua helpotti kuitenkin se, ettei salossa ollut tällä kohtaa kevennysreikiä.

Lastoitus suunniteltiin kuvissa 13 ja 14 näkyvällä tavalla. Kuvassa 13 näkyy millaisia osia lastoituksessa käytettiin ja kuvassa 14 näkyy missä järjestyksessä lastat aseteltiin paikoilleen. Kuviin on merkattu lastoituksen osat 1–5. Uusi tyvisalon kappale on numero 2 ja sen alapintaan tuleva lasta on numero 1. Loput lastat 3–5 tulevat kourun puolelle ja ne ovat merkattu seuraavasti: numero 3 on lasta, joka on alimmaisena kourun pohjalta, on samalla toinen kulmalasta ja osittain pohjalastana; numero 5 on koko kourun levyinen lasta, joka tulee lastan 3 päälle; numero 4 on päällimmäinen kulmalasta kourun toisella laidalla. Samaa osien numerointia käytetään myös tämän luvun 4.2 muissa kuvissa ja kappaleissa.

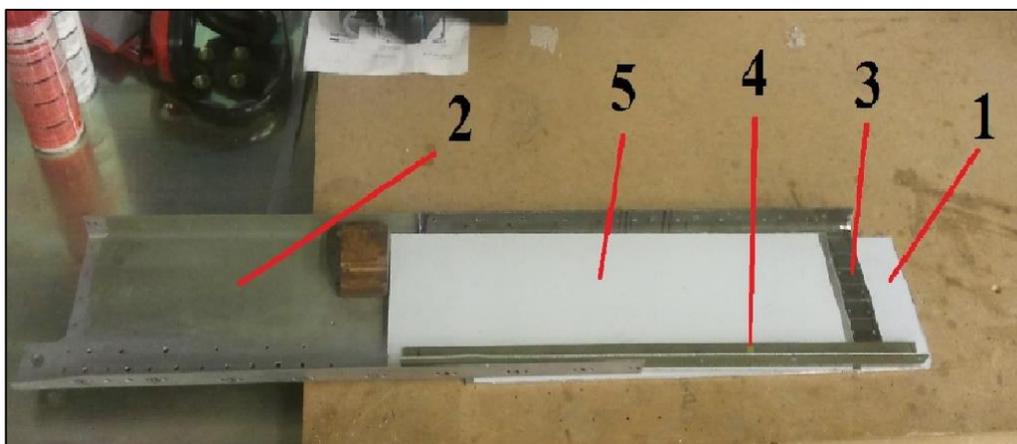
---

<sup>1</sup> Salon alapinnalla tarkoitetaan siiven etureunan puolta, sillä siipeä kunnostetaan etureuna lattiaan päin

Kaikkien lastojen tuli olla yhtä pitkiä ja ne tuli asettaa kuvan 13 uuteen pääsalon kappaleeseen (2) merkatun poikittaisen mustan katkoviivan tasalle tyvipäästä. Kuvaan merkattua pitkittäistä mustaa viivaa pitkin kulkevat pääsalon kulmajäykisteet. Lastoitus toteutettiin kourun puolella siten, että alimmainen lasta 3 tuli kourun pohjalle sen kulmapuoli kourun vasenta laitaa vasten ja oikea reuna kuvassa 13 näkyvän pitkittäisen mustan viivan mukaisesti salon kulmajäykisteen viereen. Lasta tuli olla yhtä paksu kuin salon kulmajäykiste, jotta sen ja salon kulmajäykisteen päälle saataisiin asennettua koko kourun pohjan levyinen yhtenäinen lasta (5). Lisäksi lastan 5 päälle asennettiin vielä kulmalasta 4 kourun oikeaa reunaa vasten. Lastaa 4 ei ole kuvissa vielä leikattu samaan mittaan muiden lastojen kanssa, sillä siihen oli jätetty sovitussvara reikien sovituseroien takia.



KUVA 13. Lastoituksen osat



KUVA 14. Lastoituksen toteutustapa

### 4.2.2 Niittauksen suunnittelu

Ennen lastojen tekoa piti vielä suunnitella niittauksen toteutus. Niittaus jouduttiin myös suunnittelemaan hieman erilailla kuin liitteen 2 kuvan 3 ohjeessa. Tämä johtui pääasias-  
sa erilaisesta lastoituksen suunnittelusta ja vanhojen osien käytöstä. Vanhojen osien  
käyttö aiheuttaa aina omat hankaluutensa niittauksen suunnittelussa, sillä niissä olevat  
vanhat niittien reiät on otettava huomioon. Lastoissa olevien vanhojen reikien sovitta-  
minen kunnostettavan kappaleen reikien kanssa oli tälläkin kertaa haastava tehtävä.  
Varsinkin kulmalastan 4 reikien sovitus tuotti hankaluuksia. Yleensä reiät eivät satu  
yksiin korjattavan kohdan reikien kanssa, vaikka varaosa olisi samanmallisesta koneesta  
ja otettu täsmälleen samasta kohdasta. Tämä johtuu siitä, että joka lentokone on oma  
yksilönsä ja niiden niittausreikien paikat voivat erota suuresti toisistaan. Suunnittelua  
helpotti se, että pääsalossa ei ollut kevennysreikiä korjauskohdassa, sekä lastat 1 ja 5  
olivat uudesta materiaalista, jossa ei ollut valmiita reikiä.

#### Tarvittavat niitit

Ensiksi piti selvittää, montako niittiä tarvitaan kourun pohjan lastoitukseen, Käytettävät  
niitit tuli olla AD-laatuista kokoluokan 4 kupukantaniittejä (MS20470AD4). Tarvitta-  
vien niittien lukumäärä ( $NL$ ) saatiin laskettua kaavalla 1 (Bonacci 1987, 78).  $NL$  on las-  
toitukseen tarvittavien niittien vähimmäismäärä. Laskennassa tuli ottaa huomioon, että  
korjattava pääsalko on paksumpi (0,064 tuumaa) ja vauriokohta leveämpi (6,9 tuumaa),  
kuin Aircraft sheet metal kirjan pääsalon korjaus ohjeen esimerkissä (Bonacci 1987, 81,  
84). Kaava 1 on seuraavan lainen:

$$NL = (L \cdot RPI \cdot p)^2 \quad (1)$$

$L$  = Vaurion pituus (pääsalon leveys)

$p$  = Levyliitokseen tarvittavien niittien prosentti osuus

$RPI$  = Niittien lukumäärä tuumaa kohti (Rivets per inch)

*RPI* saadaan selville liitteen 3 taulukosta 1 tai kaavalla 2 (Bonacci 1987, 78, 111). Helppommalla pääsee, kun katsoo *RPI*-arvon taulukosta. Taulukkoon *RPI*-arvot on laskettu valmiiksi erikokoisille 2117-AD -alumiinilaadun niiteille käytettäessä eri standardipaksuuksista levyä (Bonacci 1987, 111). Kaava 2 on seuraavan lainen:

$$RPI = \frac{T \cdot 75000}{DSS} \quad (2)$$

$T$  = Materiaalin paksuus (pääsalko)

75000 = Materiaalin vetolujuus, varmuuskerroin mukaan luettuna

$DSS$  = Yhden niitin leikkauslujuus

Kaavassa 2 tarvittavien suureiden arvot ovat seuraavat. Pääsalon paksuus  $T$  on 0,064 tuumaa (1,6 mm) ja liitteen 3 taulukosta 2 löytyvä  $DSS$ -arvo on 389 paunaa, sekä materiaalin vetolujuus on 75000 psi. Sijoittamalla suureet kaavaan (2) saadaan niittien lukumäärä tuumaa kohti (*RPI*):

$$RPI = \frac{0,064 \cdot 75000}{389} = 12,3$$

Niittien lukumääräksi tuumaa kohti saadaan 12,3. Muut kaavassa 1 tarvittavat suureet ovat seuraavan laiset. Vaurion pituus  $L$  on 6,9 tumaa (17,5 cm) eli tässä tapauksessa sama kuin salon leveys. Levyliitokseen tarvittavien niittien prosentti osuus  $p$  on taas 0,75 %, joka löytyy liitteen 3 taulukon 1 C-kohdan huomautuksesta. Lisäksi kaavassa 1 olevat suureet ( $L \cdot RPI \cdot p$ ) kerrotaan vielä kahdella, jotta saadaan niittien kokonaismäärä molemmilla puolilla vauriokohtaa. Sijoittamalla nämä arvot kaavaan 1 saadaan tarvittavien niittien vähimmäismäärä  $NL$ :

$$NL = (6,9 \cdot 12,3 \cdot 0,75)2 = 127,305 \dots$$

$$NL \approx 128 \text{ niittiä}$$

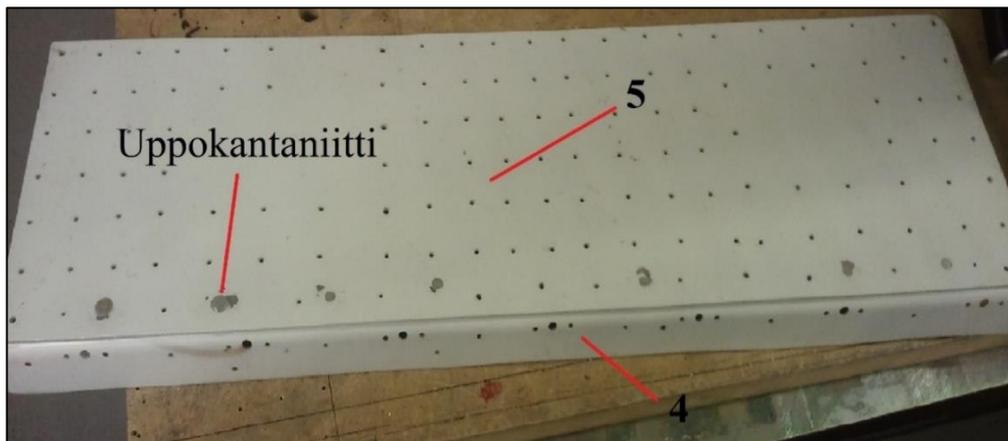
Pääsalon pohjan lastoituksen tekoon tarvittiin siis vähintään 128 niittiä. Tulos pyöristetään aina ylöspäin seuraavaan kokonaiseen niittiin. Käytännössä niittien lukumäärästä tuli isompi pyrittäessä jaottelemaan niitit tasaisesti vanhat niittien reiät huomioon ottaen. Kaiken kaikkiaan kourun pohjalastoitukseen tuli 133 kupukantaniittiä (MS20470AD4). Tähän lukuun ei ole otettu mukaan uppokantaniittejä, joita jouduttiin laittamaan kulmalastan muutamiin vanhoihin reikiin. Lisäksi salon kourun reunoihin käytettiin 17 uppokantaniittiä (MS20426AD4), 10 niistä kourun siiven alapinnan puoleiseen reunaan ja 7 yläpinnan puoleiseen reunaan. Jälkimmäiseen käytettiin vain 7 niittiä, sillä tähän reunaan tuli vielä 7 mutterilevyä, jotka kiinnitettiin yhteensä 14 pienemmän koon (3) uppokantaniitillä (MS20426AD3). Muotopeltien niittauksen yhteydessä lastoituskohtaan siiven alapinnan puoleiseen reunaan tulee vielä 10 kupukantaniittiä ja siiven yläreunan puolelle 7 polttoainesäiliön kannen ruuvia.

### Niittien jaottelu

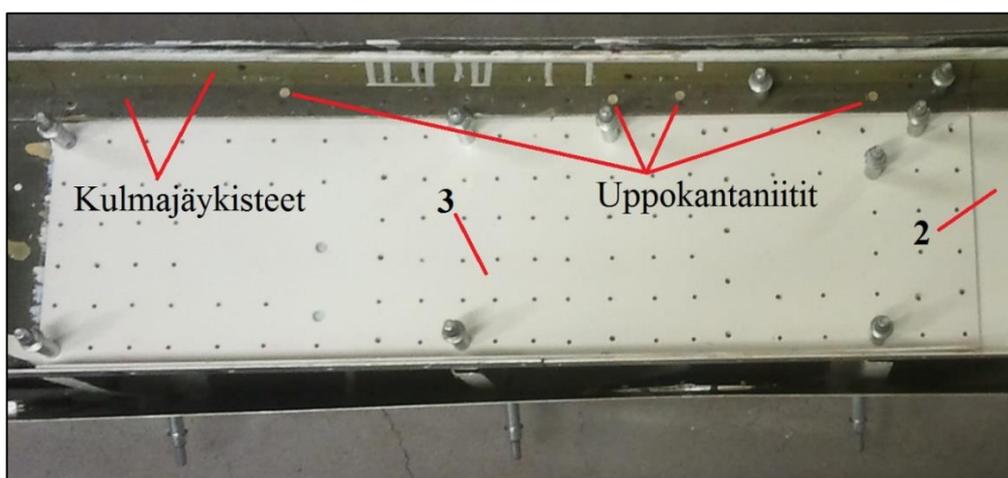
Vähintään 128 niittiä piti siis saada jaoteltua tasaisesti molemmille puolille katkaisukohtaa pitkittäis- ja poikittaisriveihin, eli 64 niittiä kummallekin puolelle. Tämä toteutettiin liitteen 2 kuvan 3 ohjeen pohjalta. Siinä lastan pitkittäisrivuille tulee yhdet rivit niittejä ja katkaisukohdan molemmille puolille kolme pitkittäisriviä siten, että kaksi riviä on päädyssä ja yksi salon katkaisukohdan vieressä. Katkaisukohtaan ei tarvittu täyttöpälastä tässä tapauksessa. Käytännössä rivejä jouduttiin lisäämään, sillä korjausalue oli suurempi ja lastoitukseen tuli paljon enemmän niittejä kuin ohjeessa. Rivien jaottelussa piti ottaa huomioon vanhat niittien reiät, etureunojen muotokaarien niittien paikat, sekä lastassa 3 olevat muutamat isommat reiät.

Niittien jaottelussa tuli ottaa myös huomioon Bonaccin (1987, 27) kirjassa mainitsemat niittien etäisyysrajoitukset. Niiden etäisyys toisistaan tuli olla 3D–12D (D on käytetyn niitin halkaisija) ja reunimmaisten niittien etäisyys kappaleen reunoihin tuli olla 2D–4D (Bonacci 1978, 27). Tässä korjauksessa käytettyjen kokoluokan 4 niittien (MS20470AD4) halkaisija oli 1/8 tumaa (3,18 mm). Niittien välityksessä käytettiin yleistä välitystä, jota myös liitteen 2 kuvan 3 ohjeessa on käytettyä. Siinä niittien välinen etäisyys on 0,75 tumaa ( $\approx 1,9$  cm) ja reunimmaisten niittien etäisyys niitattavan kappaleen reunoista on 0,25 tumaa ( $\approx 0,6$  cm) (Bonacci 1987, 84). Niittien jaottelu näkyy hyvin kuvissa 15 ja 16, sekä kuvassa 18, jossa lastoituksen niittäminen on tehty valmiiksi.

Niittien jaottelu saatiin tehtyä vanhoista rei'istä huolimatta hyvin, vain yksi rivi ja muutama niitti poikkeavat riveistä. Kulmalastan 4 niittirivi tosin toteutettiin itsenäisenä muista niittiriveistä poikkeavana rivinä, sillä sen vanhat reiät eivät menneet kohdakkain pääsalon vanhojen reikien kanssa. Ratkaisuna tähän kulmalastan ja salon rei'istä suurin osa aseteltiin lomittain siten, että reikien etäisyys toisistaan ei ollut pienempi kuin 0,75 tumaa. Lopuille rei'ille jotka olivat liian lähellä toisiaan, piti keksiä jokin toinen ratkaisu. Tämä ongelma ratkaistiin niittaamalla kulmalasta 4 ja lasta 5 kiinni toisiinsa uppokantaniiteillä tällaisissa paikoissa. Se toteutettiin siten, että niitin uppokanta jäi alemmaa levyä vasten (kuva 15). Pääsalolle (2), sen kulmajäykisteelle ja alimmalle lastalle 1 puolestaan tehtiin tällaisien reikien osalta samoin (kuva 16). Erona oli se, että niitit tuli laittaa toisin päin, eli niitin uppokannat tulivat lastaa 5 vasten. Tässä ratkaisussa niittien uppokantapäät jäävät siis lastoitukseen sisälle lastojen väliin ja niittien toinen puoli jää näkyviin lastoituksen pinnalle. Tämä uppokantaniittiratkaisu on nähtävissä kuvissa 15 ja 16. Kuvassa 15 lasta 5 on pohja ylöspäin.



KUVA 15. Lastan 4 ja 5 uppokantaniittaukset



KUVA 16. Salon kulmajäykisteen uppokantaniittaukset

Uppokantaniiteillä jouduttiin myös niittaamaan kulmalastat pääsalon kourun reunoihin vanhoista rei'istä, sillä vanhat reiät eivät käyneet yksin alkuperäisten etureunan muotolevyn ja pääsalon reikien kanssa. Lisäksi uusia reikiä lisättiin, jotta saatiin uppokantaniittirivistä tasavälinen. Uuteen salon osaan jouduttiin tekemään uudet reiät verhousohjeiden kiinnitystä varten. Polttoaine tankin ruuvikiinnitystä varten piti lisäksi tehdä ruuveille reiät, sekä ruuvien mutterilevyn kiinnitysreiät kulmalastaan 4. Mutterilevyjen reiät näkyvät kuvassa 15 ja kuvassa 18 mutterilevyt on kiinnitetty paikoilleen.

### 4.2.3 Lastojen teko

Lastoituksen ja niittauksen suunnittelun jälkeen voitiin aloittaa lastojen teko. Lastojen pituus saatiin selville, kun tiedettiin tarvittavien niittien lukumäärä. Ne oli jaoteltu tasaisesti vauriokohdan molemmille puolille pitkittäisiin ja poikittäisiin riveihin. Lastojen pituus voitiin laskea, kun niittien välinen etäisyys muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta oli 0,75 tuumaa ( $\approx 1,9$  cm) ja päädyissä olevien niittien etäisyys päädyn reunasta oli 0,25 tuumaa ( $\approx 0,6$  cm). Yhteen täyteen poikittaiseen niittiriviin tuli 22 niittiä. Niittirivin niittien lukumäärällä (22) kerrottiin niittien välinen etäisyys (0,75) ja lisättiin molempien päätyjen reunimmaisten niittien etäisyys ( $2 \cdot 0,25$ ) tuloon, niin saatiin lastojen pituudeksi ( $22 \cdot 0,75 + 0,50 = 17$ ) 17 tuumaa ( $\approx 43$  cm). Tähän jouduttiin lisäämään vielä 2,75 tuumaa ( $\approx 7$  cm), koska niittien välitys muutamassa kohdassa oli suurempi kuin 0,75 tuumaa. Lastoista tehtiin siis 19,75 tuuman (50 cm) pituiset.

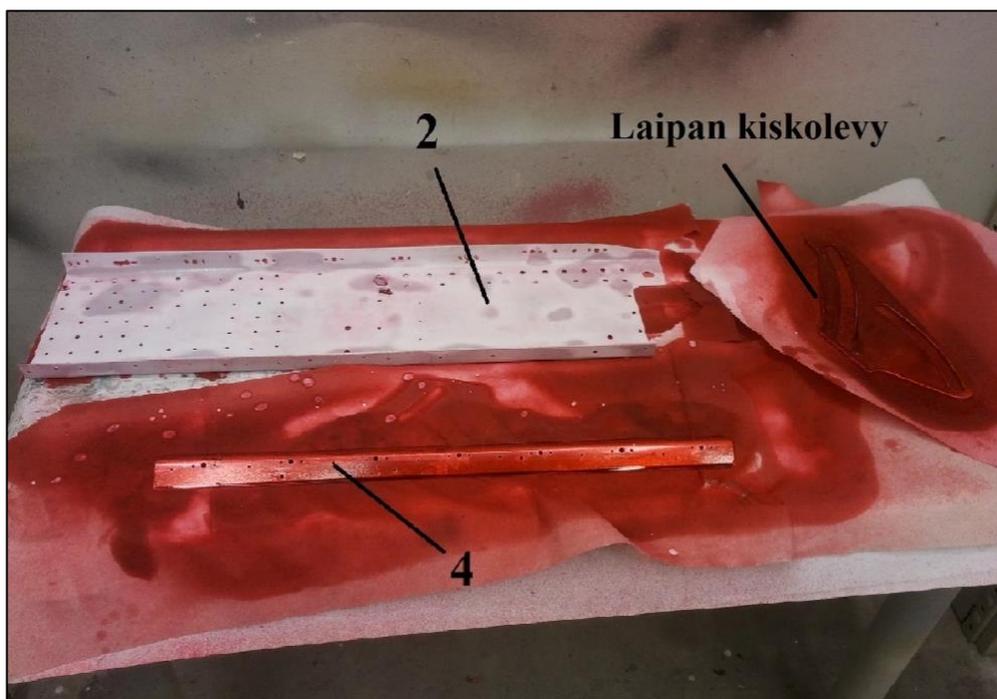
Lastojen teossa haluttiin käyttää mahdollisimman paljon vanhoja osia. Tämä oli myös luontevaa, sillä olemassa olevista varaosista löytyi käyttökelpoista materiaalia pääsalon lastoitukseen. Kuten uusi pääsalon kappale, myös lastat 3 ja 4 tehtiin vanhoista osista. Vanhaa pääsalon palasta ei heitetty pois, vaan sen ehjästä osasta tehtiin lasta 3 leikkamalla toinen kourulaita pois. Myös lastoitukseen tuleva kulmajäykiste 4 saatiin vanhasta salon pätkästä. Lastat 1 ja 5 tehtiin uudesta hieman paksummasta 0,78 tuumaisesta (2 mm) alumiinilevystä. Hieman paksumman levyn käyttö on Cessna Aircraft Company -korjausohjeen mukaan sallittua (2005, luku 51-30-00, s. 1).

### **Tunkeumanestetarkastus**

Lastojen teon jälkeen niittien paikat merkattiin ja reiät porattiin. Tämän jälkeen vanhoista osista poistettiin maalit ja niiden pinnat tarkastettiin visuaalisesti, sekä pinnassa olleet naarmut hiottiin tasaisiksi. Sitten pääsalon tyvikappaleelle (2), kulmalastalle (4) ja lastalle 5 tehtiin vauriotarkastus tunkeumanesteen avulla. Haluttiin varmistua näiden vanhojen osien sisärakenteiden kunnosta ja erityisesti siitä, ettei kriittisissä paikoissa kuten pääsalon kiinnityskorvakkeen alueella ollut murtumia. Samalla tarkastettiin myös muita kunnostettavia osia, kuten pääsalon siiven vahvistamiseen tarvittavat lisäkulmajäykistykset ja laipan kiskolevy (kuva 17).

Tunkeumanestetarkastuksen ideana on tuoda kappaleen rakenteessa olevat silmälle näkymättömät säröt ja murtumat näkyviin tunkeumanesteen ja kehitinaineen avulla. Tarkastus tehdään siten, että kappaleen pintaan ruiskutetaan tunkeumanestettä, joka tunkeutuu kappaleessa mahdollisesti oleviin säröihin ja murtumiin. Tämän jälkeen neste pyyhitään pois märällä rätillä ja ruiskutetaan sen jälkeen kehitinaine kappaleen pintaan alueelle, jolle tunkeumanestettä ruiskutettiin. Kehitinaine tuo kuivuessaan selvästi esiin kappaleessa olevat murtumat. Tunkeumanesteen värinä käytetään yleensä punaista väriä, joka erottuu hyvin valkoisen kehitinaineen alta, mikäli kappaleessa on murtumia.

Kuvassa 17 näkyy kappaleille tehty tunkeumaneste tarkastus ja siitä käy ilmi tarkastuksen vaiheet. Kuvassa kulmalasta (4) ja laipan kiskolevy ovat maalattu punaiseksi tunkeumanesteellä. Pääsalon korjauspalaan (2) on ruiskutettu valkoinen kehitinaine, joka on juuri kuivumassa. Tummemmat valkoiset kohdat ovat vielä märkiä kehitinainealueita. Tarkistuksessa ei löydetty murtumia, joten kappaleet olivat ehjät ja valmiina maalattavaksi.



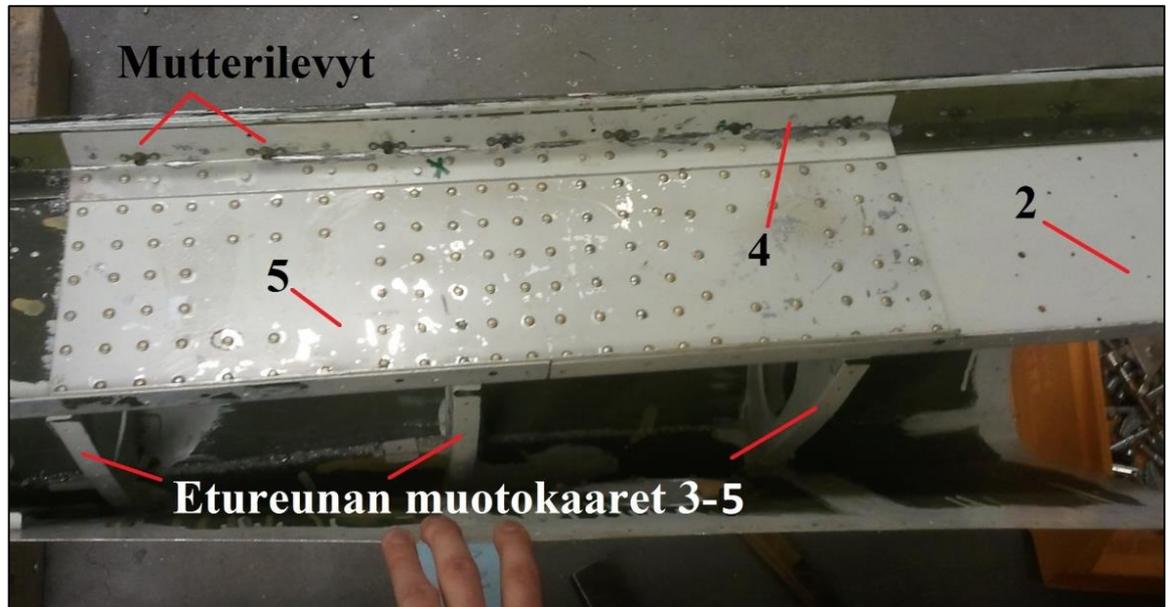
KUVA 17. Tunkeumanestetarkastus

#### 4.2.4 Niittaus

Niittaus oli tärkeää tehdä oikeassa järjestyksessä. Se tapahtui siten, että ensin niitattiin kulmalasta 4 lastaan 5 kiinni uppokantaniiteillä (kuvan 15). Sitten asetettiin lastojen alle tulevat etukaaret paikoilleen, niiden päälle lasta 1, sen päälle tyvisalon palanen 2 ja lasta 3 tämän päälle. Tämän jälkeen kiinnitettiin uppokantaniiteillä pääsalon kulmajäykiste pääsalkoon ja lastaan 1, kuvan 16 mukaisesti. Sitten laitettiin lasta 5 ja siihen niitattu kulmajäykiste 4 päällimmäiseksi (kuva 18). Pääsalon lastoitus oli tämän jälkeen kasassa ja valmis niitattavaksi. Ensin koko lastoitus kiinnitettiin clecoilla yhteen ja sitten niitattiin. Huomioitavaa oli se, ettei etureunan verhouspeltiä saanut niitata etukaariin eikä pääsalkoon kiinni tässä vaiheessa.

Niittaus toteutettiin siten, että edettiin kuvan 18 mukaan katsottuna vasemmalta oikealle, eli siiven kärjenpuolelta tyveen päin niin, että niittien kupukannat jäivät kourun puolelle. Neljäs etukaari lastoituksen keskeltä poistettiin väliaikaisesti niittauksen helpottamiseksi. Se laitettiin takaisin kun päästiin niittauksessa sen kohdalle. Sitten pääsalon kourun loppuosa niitattiin paikoilleen, sekä kiinnitettiin kourun laidat uppokantaniiteillä. Tämän jälkeen kiinnitettiin mutterilevyt paikoilleen kuvan 18 mukaan katsottuna kourun sisäylälaitaan. Lastoitus oli saatu valmiiksi tämän jälkeen ja etureunan muoto-

kaaret voitiin kiinnittää lastoituksen kohdalta siiven yläpinnan verhouspeltiin. Siiven alapintaan niitä ei voitu vielä tässä vaiheessa kiinnittää, sillä muuten etureunan sisään olisi tämän jälkeen ollut hankala asentaa tarvittavia osia. Kuvassa 18 on nähtävissä niittauksesta aiheutuneet maalivauriot. Ne ja niittien kannat pitääkin vielä korjausmaalata.



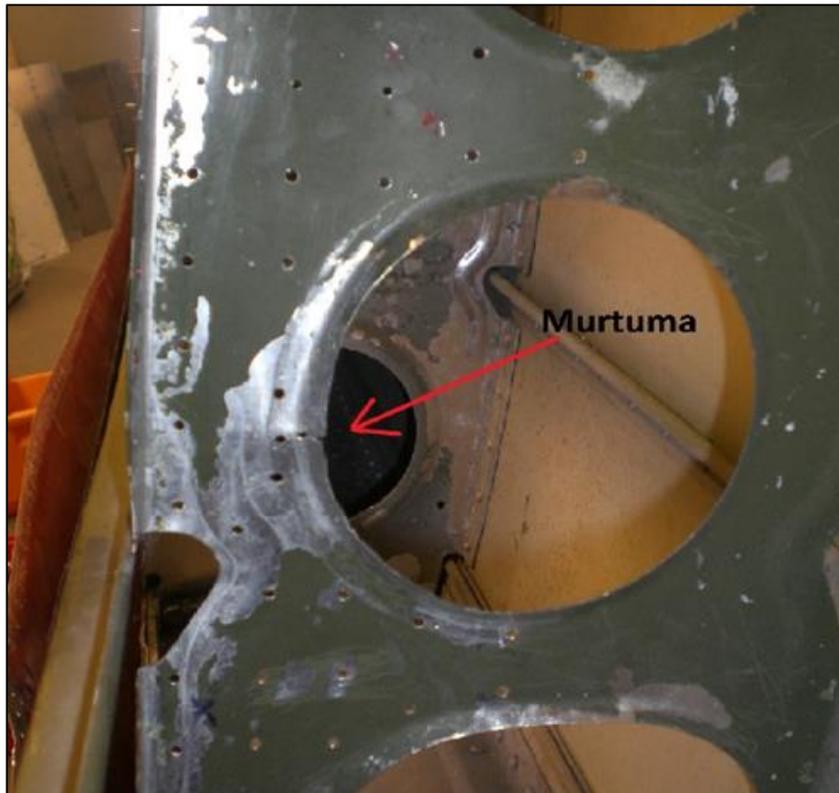
KUVA 18. Valmis pääsalon lastoitus

### 4.3 Muotokaaret

#### Keskikaari

Muotokaarista ensin kunnostettiin keskiosan kaari (kuvat 19 ja 20), joka sijaitsee siipiaseman 85,875 kohdalla. Se oli hieman vääntynyt ja toisesta kevennysreiästä lähti noin 2 cm pituinen murtuma (kuva 19). Se voitiin korjata liitteen 2 kuvassa 1 olevaa tyypillistä kaaren korjausmenetelmää käyttäen, sillä murtuma ei ollut edennyt reunasta reunaan. Ensin murtuma piti päättää poraamalla sen päähän reikä 0,094 tuuman poranterällä. Reikä oli tärkeää päättää ensimmäisenä, koska kaarta suoristettaessa ja muita toimenpiteitä sille tehtäessä murtuma olisi kasvanut helposti pitemmäksi. Päätereian poraamisen jälkeen muotokaari suoristettiin kevennysreiän kanttausta taivuttamalla, siihen tarkoitukseen suunniteltua erikoistyökalua käyttäen. Sitten tehtiin murtuman päälle korjauspala liitteen 2 kuvassa 1 olevaa ohjetta soveltaen. Kuvassa 19 näkyy kaaren murtuma ja siihen on porattu niitinreiät korjauspalan asennusta varten.

Korjauspalasta tehtiin melkein kaksi kertaa murtuman korjaamiseen tarvittua kappaletta pitempi, jotta kaari saataisiin jäykistettyä vauriokohdasta tarpeeksi. Korjauspala näkyy kuvassa 20. Korjauspalan tuli olla samaa alumiiniseosta (2024-T42) ja saman paksuinen kuin kunnostettava kaari, sekä liitteen 2 kuvassa 1 esitetyn muotoinen. Korjauspalana käytettiin 152-sarjan Cessnan siivestä puretusta kaaresta leikattua palaa. Se niitattiin paikoilleen MS20470AD3-mallisilla niiteillä. Niitit sijoiteltiin liitteen 2 kuvan 1 asetelmaa soveltaen ja käyttäen yleisesti käytettyjä niittien etäisyyksiä, jotka ovat 0,75 tuumaa ( $\approx 1,9$  cm) niittien välillä ja 0,25 tuumaa ( $\approx 0,6$  cm) reunasta (Cessna Aircraft Company 2005, luku 57-20-00 s. 802). Lisäksi tuli ottaa huomioon, että murtuman molemmille puolille oli laitettava niitit. Tällä pyrittiin sitomaan murtumakohdan molemmat puolet korjauspeltiin kiinni, jotta murtuman puoliskojen liikkuminen voitaisiin minimoida.



KUVA 19. Muotokaaren murtuma

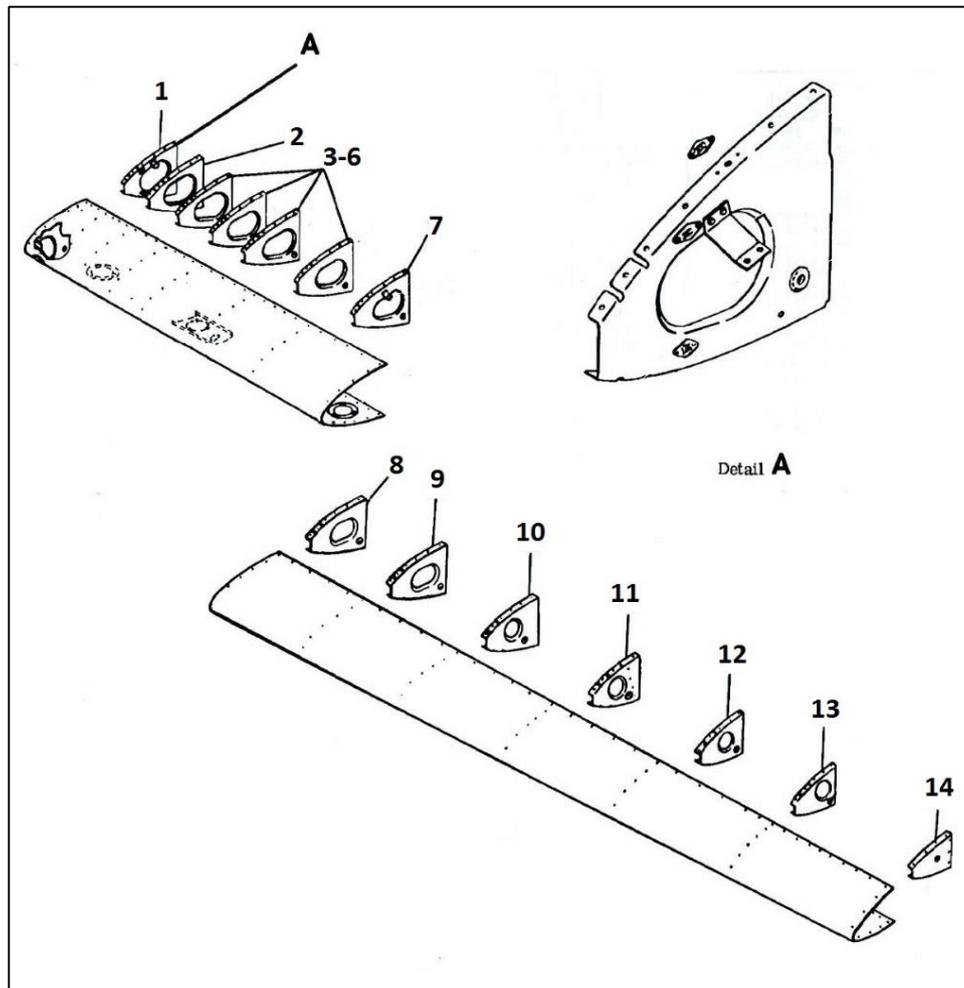
Ennen maalausta siistittiin puulastalla hioen hilseilleet maalit kaaresta ja porattiin niitien reiät valmiiksi (kuva 19). Tämän kaltainen maalipinnan poisto oli riittävä tässä tapauksessa. Yleisesti ottaen ainoastaan vaurioitunut maalikerros kannattaa poistaa, sillä on turhaa työtä lähteä poistamaan hyvää maalipintaa. Lisäksi oli kyseessä sisärakenne, joten maalipinnan tasaisuudella ja ulkonäöllä ei ollut niin suurta merkitystä. Maalauksen jälkeen voitiin niitata korjauspala paikoilleen (kuvassa 20). Tämän jälkeen kaaren kunnostus oli melkein valmis. Se jäi ainoastaan odottamaan korjausmaalausta, joka pitää tehdä ennen verhouseptien asennusta. Kuvassa 20 keskikaaren kunnostus on saatu korjausmaalausta vaille valmiiksi.



KUVA 20. Kunnostettu muotokaari

### **Etureunan muotokaaret**

Siiven etureuna koostuu 14:sta muotokaaresta etureunan rakennekuvan 21 mukaisesti. Kaaret on merkattu kuvaan numerojärjestykseen 1–14 siten, että tyvikaari on numero 1 ja kärkikaari numero 14. Kaaret 1–8 ovat samankokoisia, sillä siivessä ei ole kiertoa tällä kohdalla. Näistä kaarista 3–6 ovat identtisiä keskenään, ja muissa kaarissa 2, 7 ja 8 on vain pieniä eroavaisuuksia. Näihin kolmeen kaareen tulee muun muassa ilmaletkujen kiinnitysosia. Päätykaari 1 eroaa kaikista eniten näistä. Se on ainoa kaikista etureunan kaarista, joka on tehty paksummasta alumiinista. Kaaret 9–14 taas ovat erikokoisia ja pienenevät kaaresta 9 aina siiven kärkikaareen 14 asti, sillä siivessä on tällä matkalla kiertoa.



KUVA 21. Siiven etureunan rakenne (Cessna Aircraft Company 1975, 22. muokattu 8.2.2015)

Vauriotarkastuksen jälkeen kaikki etureunan muotokaaret osoittautuivat vaurioituneiksi paitsi kaari 12, joka oli täysin kunnossa. Kaikki kaaret lukuun ottamatta 9, 10 ja 12 päätettiin poistaa etureunasta, jotta ne olisi helpompi kunnostaa. Kaaret 9 ja 10 suunniteltiin aluksi poistettavan myöhemmin, sen jälkeen kun niiden väliin siivenpidennystä varten tuleva huoltoluukku olisi tehty. Verhouspeltiä ei ole tältä kohdalta otettu auki, joten kyseisten kaarien pois ottaminen olisi ollut erittäin hankalaa, eikä verhouspeltiä haluttu avata enempää. Huoltoluukun ajateltiin helpottavan myös kaarien poistamista ja takaisin asennusta. Tehty huoltoluukku näkyy kuvassa 26. Huoltoluukku ei kuitenkaan helpottanut kaarien poistamista, joten niiden poistamisesta luovuttiin. Nämä kaaret eivät kuitenkaan olleet onneksi kovin pahasti vaurioituneet, joten ne kunnostettiin niiden ollessa paikoillaan. Niissä molemmissa oli murtuman alut ja muutama ylisuuri niitin reikä, jotka korjattiin korjauspalojen avulla. Kaaret 2–8 ja 11 siis poistettiin etureunasta ja kunnostettiin irrallisina. Niihin merkattiin tussilla numerot jotta tiedettäisiin, mikä kaari on mistäkin kohdasta. Kaaret 13 ja 14 oli poistettu jo aiemmin.

Kaaria 3–5 jouduttiin modifioimaan, sillä ne eivät olisi mahtuneet paikoilleen pääsaloon tehdyn korjauksen jälkeen. Pääsalosta tuli näiden kaarien kohdalta paksumpi siihen tehdyn lastoituksen takia, joten kaaria piti lyhentää. Tämä toteutettiin leikkaamalla kaarien pääsalkoon kiinni tuleva kulma pois, ja niittaamalla lyhempi kulmapala takaisin. Niihin tehdyt modifioinnit näkyvät kuvassa 22. Kuvan kaaret ovat kunnostettu ja valmiina asennettavaksi paikoilleen. Niiden asennus piti tehdä yhtäaikaan pääsalon korjauksen kanssa, sillä kaaret ja pääsalon lastoitus oli niitattava samaan aikaan toisiinsa kiinni. Näissä kaarissa ei ollut isompia vaurioita ja niiden vääntymät ja ylisuuret nitin reiät oli helppo kunnostaa.



KUVA 22. Modifioidut etukaaret 3, 4 ja 5

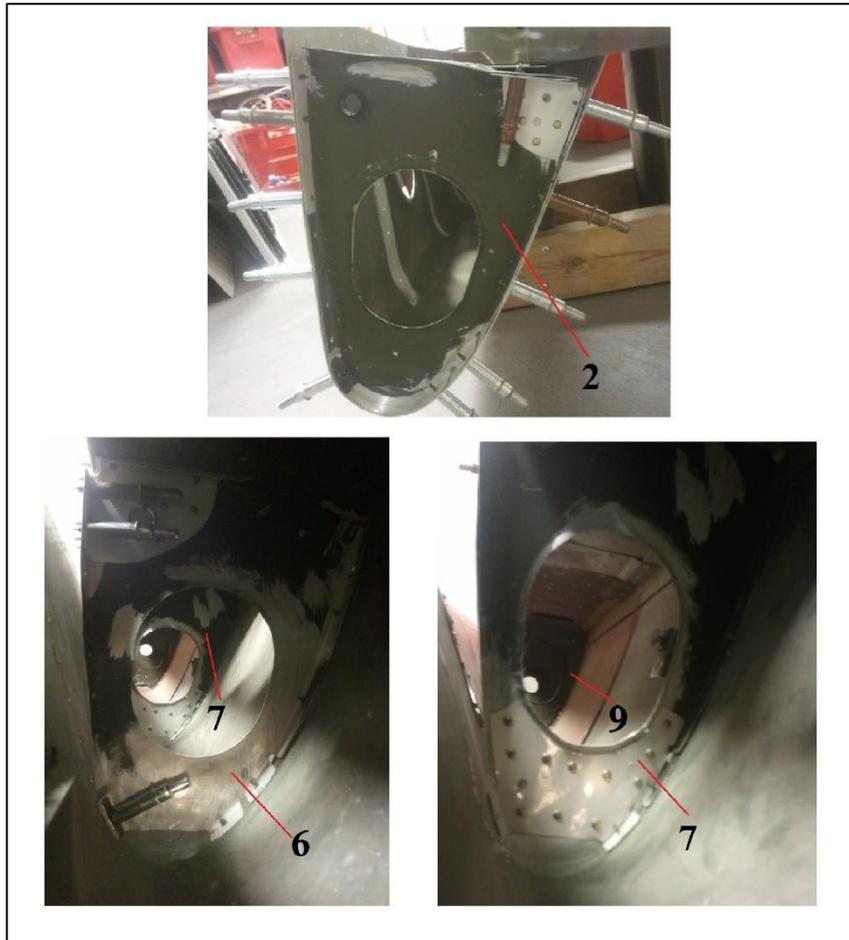
Kuvassa 23 kaaret 3–5 on sovitettu paikoilleen pääsalon korjauslastan alle. Siipi on kuvassa etureuna lattiaan päin. Kuvasta näkee, että pääsalon lastoitus ulottuu juuri kaikkien kolmen kaaren päälle, valkoiseksi maalattu alue. Kuvaan on merkattu pääsalon katkaisukohta ja alempi lasta näkyy puoliksi pääsalon alta. Pääsalon tyviosan ja katkaisukohdan päälle tulevien korjauslastojen paikalleen sovituksen jälkeen kuvan rakenne on valmis niitattavaksi.



KUVA 23. Etureunan kaaret 3, 4 ja 5 sovitettuna paikoilleen

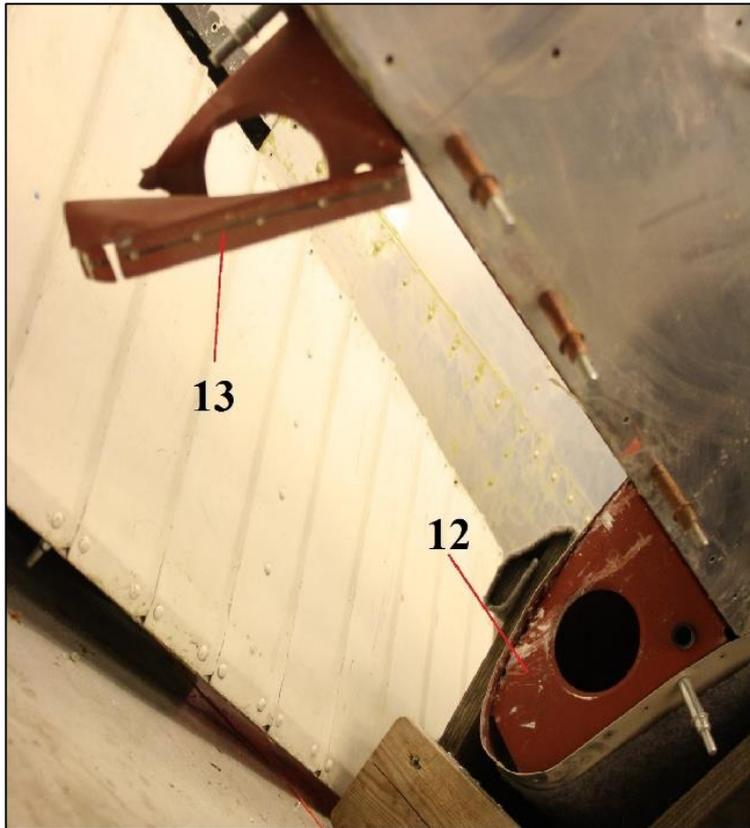
Kaaret 2 sekä 6–8 teettivät eniten töitä, sillä niissä oli melko pahoja vääntymiä. Vääntymät saatiin oikeneamaan puupalikan, lusikan ja kumivasaran avulla, sekä kevennysreikiä oikomalla rullavääntimen avulla. Kaarissa 2, 6 ja 7 oli pahimmat vääntymät. Ne saatiin suoristettua, mutta varovaisesta pellin oikomisesta huolimatta niihin syntyi murtumia. Murtumat olivat onneksi melko pieniä. Kaariin 2 ja 6 syntyi yksi murtuma kumpaankin ja kaareen 7 kaksi murtumaa. Murtumat pääteporattiin ja korjattiin niittaamalla korjauspalaset murtumien päälle liitteen 2 kuvan 1 ohjetta soveltaen. Korjauspalat leikattiin varaosina olevan 152-sarjan Cessnan siiven muotokaarista. Kaarissa oli myös liian suuria niitin reikiä. Kaaren 8 melko pahat vääntymät saatiin kunnostettua ongelmitta.

Kuvassa 24 on kuvakooste kunnostetuista ja paikalleen sovitetuista kaarista 2, 6 ja 7, taustalla näkyy myös kaari 9. Alemmat kuvat on otettu etureunan sisältä ja ylempi sen päädystä. Ylemmässä kuvassa on nimenomaan kaari 2 eikä kaari 1, sillä etureunan tyvestä puuttuu pala etureunaa, johon kaari 1 tulee. Kaarissa murtumat sijaitsevat kuvissa näkyvien korjauspalojen kohdalla. Kaarta 8 ei ole vielä asennettu paikoilleen (oikean puoleinen alakuva).

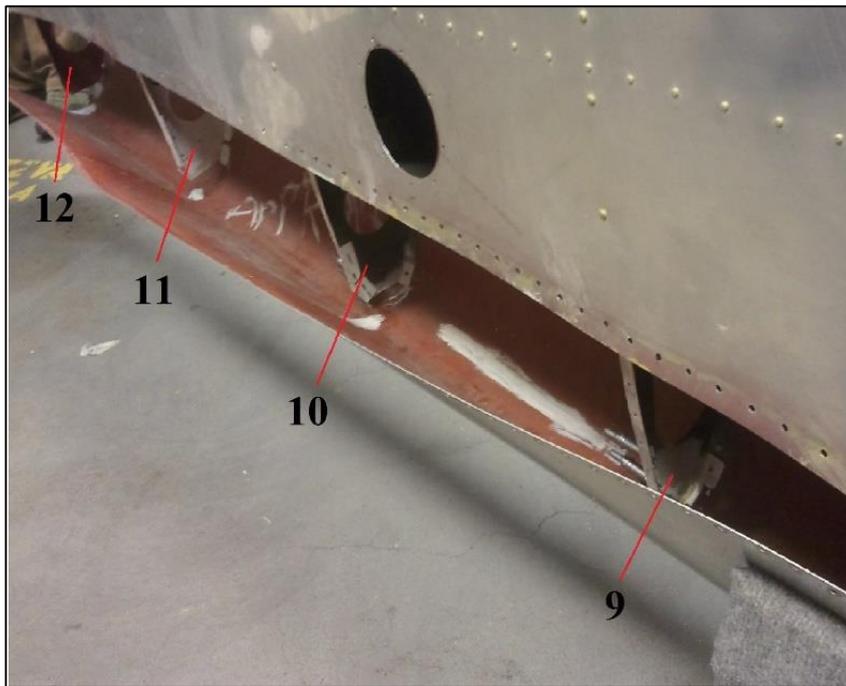


KUVA 24. Etureunan muotokaaret 2, 6, 7 ja 9

Kärjen kaaret 13 ja 14 päätettiin valmistaa itse. Kaari 13 oli vaurioitunut korjauskelvottomaan kuntoon, kuten kuvasta 25 on nähtävissä, ja päätykaari 14 puuttui kokonaan. Näiden kaarien teko jäi kuitenkin myöhemmäksi, sillä niitä ei ehditty tehdä tämän opinäytetyön aikana. Positiivisena yllätyksenä taas oli tyven kaari 1, joka oli yllättävän hyvässä kunnossa verrattuna sen yläpuolella olevaan pääsalkoon. Paksuutensa takia se oli vaikeasti kunnostettava, mutta onneksi se oli vain vähän vääntynyt. Sen vääntymät saatiin korjattua, toisin kuin oikean siiven vastaavassa kaaressa. Myöskään kaari 11 ei ollut pahoin vaurioitunut ja sen kunnostus ei tuottanut ongelmia. Kuvassa 26 näkyvät kaaret 9–12 ovat kunnostettu ja asennettu omille paikoilleen.



KUVA 25. Etureunan muotokaaret 12 ja 13



KUVA 26. Etureunan muotokaaret 9–12 ja tehty huoltoluukku

#### 4.4 Apusalko

Apusalon korjaus oli jo aloitettu aikaisemmin. Sen tyvipää oli tehty kokonaan uusiksi tyvestä siipiasemaan 100.50 asti eli noin laipan pituudelta, kuten aiemmin jo mainittiin. Apusalko kulkee siiven jättöreunan puolella samansuuntaisesti kuin pääsalko siiven tyvestä aina siipiasemaan 154.00 saakka. Kuvassa 27 näkyy apusalko siihen tulevine rakenteineen kiinnitettynä clecoilla paikoilleen. Pieni salkoon tuleva poikittaisjäykiste oli myös tehty uudestaan. Salkoon oli suunniteltu asennettavaksi kuvassa 27 näkyvät laipan kiinnikerakenteet (flap track assembly), jotka olivat ilmeisesti peräisin Cessna 152-sarjan lentokoneen puretusta siivestä. Myöhemmin kunnostuksen aikana todettiin kuitenkin niiden olevan vääränlaiset. Jättöreunan kolme tyvipuolen muotokaarta olivat lisäksi vielä kunnostamatta.

Apusalon ja siihen tulevien rakenteiden kunnostusta ei ehditty tehdä loppuun asti eteen tulleiden yllätysten vuoksi. Kunnostus saatiin kuitenkin siihen vaiheeseen, että enää tarvitsee tehdä lähinnä rakenteiden kasaamista ja asennus töitä. Jättöreunan kaaret saatiin kunnostettua kiinnitystä vaille valmiiksi. Laipan kiinnitysrakenteiden sovittamisen yhteydessä huomattiin, että salon kourun reunoja ei ole taivutettu tarpeeksi sisäänpäin. Sen taivutus on vielä tekemättä. Muita kesken jääneitä kunnostus kohteita olivat salon suoruuden varmistus, apusalon kiinnityskorvakkeiden kunnostus, laipan kiinnitysrakenteiden kasaaminen ja salon sekä muiden siihen tulevien rakenteiden kiinnitys. Lisäksi salkoon pitää porata loput tarvittavat reiät.



KUVA 27. Apusalon rakenteet

### Laipan kiinnitysrakenteet (flap track assembly)

Apusalkoon suunnitellut Cessna 152 -laipan kiinnitysrakenteet (kuvassa 27) jouduttiin hylkäämään ja tilalle koottiin varaosista uudet. Laipan uudet kiinnitysrakenteiden osat saatiin kokoamista vaille valmiiksi. Vanhat osat jouduttiin hylkäämään, koska huomattiin, että laipan kiinnitysrakenteet ovat vääränlaiset. Asiaa ei huomattu heti, sillä rakenteet näyttivät täysin samanlaisilta, kuin oikean puoleisessa siivessä ja varaosina olevat. Rakenteissa oli kuitenkin pieni rakenteellinen ero, joka oli todella vaikeasti havaittavissa. Näistä rakenteista ei lisäksi jostain syystä ole lähempää rakennekuvaa Cessnan varaosamanuaalissa, eikä huolto ja korjausmanuaalissa, mikä vaikeutti asian huomaamista. Näistä syistä asiaa ei ollut varmaankaan huomattu aikaisemmin.

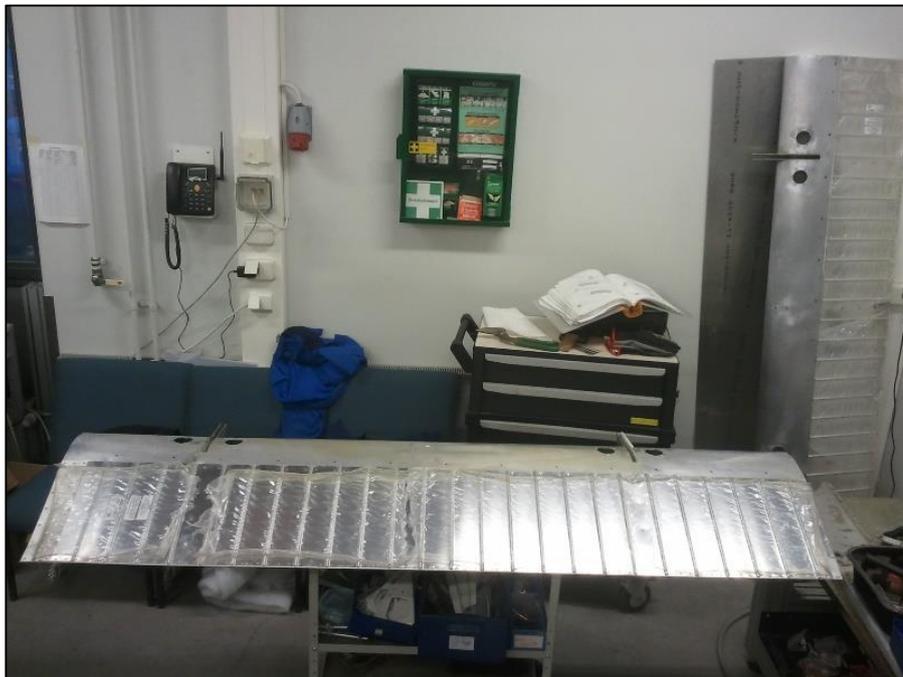
Oli oikeastaan sattumaa, että eroavaisuus havaittiin. Asian jäljille päästiin, kun varaosana olevista laipan kiinnitysrakenteista etsittiin puuttuvia kulmavahvikkeita. Yksi varaosista päätettiin purkaa, mutta tämänkään jälkeen ei vielä huomattu eroa. Vasta kun kulmavahvikkeita oltiin sovittamassa laipan kiinnitysrakenteeseen, alettiin ihmettelämään miksi rakenteessa ei ollut vahvikepalasten kiinnittämiseen tarvittavaa niitin reikää. Tämän jälkeen kiinnitysrakennetta verrattiin purettuun varaosaan, ja vasta silloin huomattiin rakenteen keskilevyssä pieni rakenteellinen ero. Keskilevyä oli vahvistettu siten, että kulmavahvikkeen yhdestä kulmasta oli tehty isompi, jotta vahvikelevyn sai niitattua siihen kiinni. Kuvassa 29 näkyy osien ero, joka on merkattu kuvaan punaisella ympyrällä. Tästä pääteltiin, että siipeen aluksi aiotut laipan kiinnitysrakenteet oli todennäköisesti otettu Cessna 152 -sarjan lentokoneen varaosiksi puretusta siivestä. Sen laipat ovat pienemmät kuin 172-sarjan, joten ne eivät tarvitse vahvistettuja laipankiinnittimiä.



KUVA 29: Laipan kiskolevyjen vertailu

#### 4.5 Muut korjaukset

Laippojen ja siivekkeiden kunnostus saatettiin maalausta vaille valmiiksi opinnäytetyön aikana. Ne olivat pahoin vaurioituneet. Vasemman siiven laipasta oli vain tukiranka jäljellä, kuten kappaleen 3.1 kuvassa 6 on nähtävissä. Oikea laippa puolestaan ei ollut aivan näin pahassa kunnossa. Vasemman laipan kunnostuksessa etureunan muotopelti ja kiinnitys korvakkeet tehtiin yhdistelemällä 152-sarjan Cessnan kahdesta laipasta saatuja varaosia. Jättöreunan muotopellit ja jäykisteet jouduttiin tilaamaan uusina molempiin laippoihin. Osien saavuttua laipat koottiin valmiiksi. Kuvassa 30 näkyy maalausta vaille valmiit laipat, toinen laippa on taustalla seinää vasten



KUVA 30: Laipat

Muut tehdyt korjaukset olivat pienempiä. Pääsalon etureunan vastainen puoli korjausmaalattiin koko matkalta, sekä osa tyven alueen rakenteista laipan pituudelta. Toisen apusalon niittaus oli jäänyt hieman kesken ja se niitattiin loppuun. Lisäksi siipien pidentyksiin tarvittavien vahvistuksien teko aloitettiin molempien siipien pääsalkoihin ja yhdet huoltoluukut tehtiin lisää kumpaankin siipeen. Siipien pidennyksien teosta on kerrottu enemmän luvussa 6. Kuvassa 31 näkyy mihin kuntoon vasen siipi saatiin opinnäytetyön aikana.



KUVA 31. Vasen siipi opinnäytetyön jälkeen

## 5 KUNNOSTUKSEN JATKAMINEN

### 5.1 Suunnitelma

Kunnostusta jatketaan luvussa 3.4 esitetyn yleisen kunnostussuunnitelman mukaisesti molempien siipien kohdalla. Ensin kunnostetaan sisärakenteet, sitten kuorirakenteet ja muut osat. Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin vasemman siiven kunnostuksen toteutuksesta ja sen loppuun saattamisesta, mutta oikean puolen siiven kunnostus on otettu myös huomioon. Sen kunnostuksesta kerrotaan kappaleissa erikseen, mikäli kunnostus eroaa vasemman siiven kunnostuksesta tai rakenteiden kunnostuksessa on jotakin poikkeavaa otettava huomioon.

Vasemman siiven kunnostus jatkuu siten, että ensin kunnostetaan loppuun kesken jääneet kunnostuskohteet, kuten pää- ja apusalot, niihin tulevat muut rakenteet, sekä etureunan rakenteet. Samalla voidaan aloittaa siiven kärjen kunnostus, jossa käytännössä lähes kaikki rakenteet vaativat kunnostusta, kuten pääsalko, pituusjäykisteet, päätykaari ja verhouspellit. Siiven kärjen kunnostuksessa on otettava huomioon siiven pidennyksien teko. Se aiheuttaa muutamia modifiointeja siiven kärkeen. Kaikki pituusjäykisteet jatketaan siiven kärkeen saakka. Tarkemmin siiven pidennyksestä ja modifikaation toteuttamisesta kerrotaan luvussa 6. Kun sisärakenteet on saatu kunnostettua, voidaan siirtyä siiven kuorirakenteiden ja muiden osien kunnostukseen. Kunnostus etenee myös oikean siiven osalta samoja periaatteita noudattaen. Sen vauriot ovat melko samankaltaisia, tosin lievempiä, joten vasemman siiven vauriokorjauksista voidaan ottaa mallia.

Kunnostuksessa tulee ottaa huomioon, että siivet ovat pitkän matkan polttoainesäiliöllä (Long Range) varustetut, joten jotkin osat eroavat standardi-polttoainesäiliöllä varustettujen siipien osista. Suurimmat rakenne erot ovat polttoainetankin kohdalla. Liitteiden 4–7 osaluetteloista näkee mikäli, jokin osa eroaa standardisiivestä. Tärkeää on myös katsoa osaluetteloista, montako jotakin osaa tarvitaan kokoonpanoon (UNITS PER ASSY). Lisäksi vaurioiden kunnostuksessa käytetyn materiaalin tulee olla samaa materiaalia kuin kunnostettava materiaali mikäli mahdollista ja paksuuden tulee olla sama tai paksumpi (Cessna Aircraft Company 2005, luku 51-30-00, s. 1).

## 5.2 Kunnostusta vaativat rakenteet

Tämän luvun kappaleissa mainittujen rakenteiden osat on numeroitu liitteissä 4–7 olevien siiven rakennekuvien ja osaluetteloiden numeroinnin mukaan. Ne ovat samat kuin Cessna 172:n varaosamanuaalissa (Cessna Aircraft Company 1975, 18–20, 22–27). Tämän luvun alalukujen osien numerointi on seuraavan lainen ellei toisin mainita: Luku 5.2.1 Pääsalko, Liite 7; Luku 5.2.2 Apusalot, Liitteet 4 ja 7; Luku 5.2.3 Etureuna, Liite 6; Luku 5.2.4 Kuorirakenteet, Liite 5; Luku 5.2.5 Muut rakenteet, liitteet 4–7. Osanumeron perusteella on helppo paikallistaa liitteiden kuvista mistä osasta on kyse ja missä se sijaitsee.

Jokaisen kappaleen loppuun on koottu taulukko luvussa käsitellyn siiven rakenteen kunnostettavista osista ja siitä mitä toimenpiteitä osien kunnostus vaatii. Kaikkia rakenteita ja osia ei ole voitu kuitenkaan ottaa huomioon, sillä siivissä on paljon osia ja kaikkien läpikäynti olisi vaatinut enemmän aikaa. Taulukoissa on kuitenkin kattava otanta kunnostuksen kannalta oleellisista rakenteista ja osista. Niihin on koottu myös oikean siiven kunnostusta vaativat rakenteet ja niille tarvittavat toimenpiteet. Taulukoiden tarkoituksena ei ole olla puuttuvien osien luettelo, vaan niistä on tarkoitus saada kokonaiskuva jäljellä olevasta kunnostus urakasta, sekä siitä mitä vielä pitää tehdä. Liitteenä olevien osaluetteloiden tarkoituksena on tukea näitä asioita (Liitteet 4-7). Niistä selviää seuraavat asiat siiven rakenneosista: rakennekuvassa numeroidut osat, osanumero, tarvittava osien lukumäärä, sekä kuvaus osista ja niiden sijainnista. Esimerkiksi yläpuolen verhouslevy osa 14 (SKIN-UPR), sijaitsee siiven keskiosassa (CTR), siipiaseman 57.00–208.00 (STA 57.125 TO 208) kohdalla, vasemmassa siivessä (LH) ja osa on pitkänmatkan polttoainesäiliöllä varustetusta siivestä (LONG RANGE) (Liite 4, taulukko 1, osa 14).

### Huomioitavaa

Varaosa- ja huoltomanuaaleihin pitää suhtautua kriittisesti, eikä noudattaa niitä sokeasti, sillä niissä on paikoin virheitä. Ne voivat olla myös paikoin ristiriidassa keskenään. Lisäksi kaikista rakenteiden kokoonpanoista ei ole tarkkoja rakennekuvia, kuten esimerkiksi liitteen 4 siiven rakennekuvassa laipan kiinnitysrakenteen (flap track assy, osa 15) kokoonpanosta ei ole yksityiskohtaista rakennekuvaa. Tämän takia siipeen melkein asennettiin heikompi rakenteiset laipan kiinnitysrakenteet, kuten apusalon kunnostusluvussa 4.4 on kerrottu. Varaosa- ja huoltomanuaaleja tulee siis lukea huolella. Mikäli

manuaaleista ei selviä jokin asia rakenteista tai manuaalien välillä on eroavaisuuksia rakenteissa, niin paras tapa selvittää asiat on käydä katsomassa epäselvää rakennetta jostain toisesta ehjästä samanmallisesta lentokoneesta. Usein kuitenkin riittää, kun vertaa rakenteita olemassa oleviin varaosiin tai toisen puolen siipeen. Erityisen tarkkana pitää olla silloin kun aiotaan käyttää muun mallisten lentokoneiden osia.

### 5.2.1 Pääsalko

Pääsalon tyvipää saatiin lastoitettua, ja se tarvitsee enää korjausmaalata sekä kunnostaa siiven kiinnityskorvakevahvistukset. Korvakevahvistukset ovat melko huonossa kunnossa, vääntyneitä ja niitinreiät osassa liian suuria. Kiinnityskorvakevahvistuksien suorrat osat (10 ja 12) voidaan tehdä itse, kun saadaan niiden materiaali selville. Vanhoja osia voidaan myös hyödyntää. Kulmavahviketta (13) ei ole mahdollista tehdä itse, vaan uusi joudutaan tilaamaan oikeaan siipeen. Pääsalkojen kärjet ovat myös vaurioituneet pahoin. Vasemman salon kärki lastoitetaan liitteen 2 kuvan 4 pääsalon kärjen korjausohjeen mukaisesti. Oikean puolen salon kärki taas lastoitetaan soveltaen liitteen 2 kuvien 3 ja 4 ohjeita. Se on katkaistu siipiaseman 190.00 kohdalta. (Osanumerointi: ks. liite 7)

Streevan kiinnityskappaleessa (6) ja sen kiinnityskohdassa pääsalon alueella ei ole näkyviä vaurioita. Ne tulee kuitenkin tarkistaa tunkeumanesteellä säröjen varalta. Tarkastuksen ja maalauksen jälkeen streevan kiinnityskappale kiinnitetään kolmella AN5-6A -tyyppisellä pultilla pääsalkoon noin siipiaseman 100.00 kohdalle. Vanhat kiinnityspultit tulee vaihtaa uusiin. Muita töitä aiheuttaa siiven pääsalon pidennysvahvistuksien teko. Niiden tekoa jatketaan luvun 6.3.2 selostuksen, sekä Air Reseach Technology INCin -ohjeen (2011, 11, 12) mukaisesti. Lopuksi pääsalot korjausmaalataan. Polttoainetankin puutukia (4) ei sovi unohtaa myöskään kiinnittää paikoilleen. Taulukkoon 2 on koottu molempien siipien pääsalkojen kunnostusta vaativat rakenteet ja niille vaadittavat toimenpiteet. (Osanumerointi: ks. liite 7).

TAULUKKO 2. Pääsalkojen kunnostustoimenpiteet (Osanumerointi: ks. liite 7)

Pääsalko	Vasen siipi	Oikea siipi
Salon kärki	Lastoitetaan <ul style="list-style-type: none"> <li>ohje: Liite 2, kuva 4</li> </ul>	Lastoitetaan <ul style="list-style-type: none"> <li>ohjeet: Liite 2, kuvat. 3 ja 4</li> </ul>
Korvakevahvistukset 3 kpl. (10, 12, 13)	Kunnostetaan mitä voidaan <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilataan uudet osat</li> </ul>	Kunnostetaan mitä voidaan <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilataan uudet osat</li> </ul>
Streevan kiinnityskappale (6)	Tunkeumanestetarkastus: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kappaleelle (6)</li> <li>Kiinnityskohdan alueelle salossa</li> </ul> Kiinnitys: 3x AN5-6A pultti <ul style="list-style-type: none"> <li>Uudet pultit (7, 8, 9)</li> </ul>	Tunkeumanestetarkastus: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kappaleelle (6)</li> <li>Kiinnityskohdan alueelle salossa</li> </ul> Kiinnitys: 3x AN5-6A pultti <ul style="list-style-type: none"> <li>Uudet pultit (7, 8, 9)</li> </ul>
Polttoainetankin puutuet 2 kpl. (4)	Kunnostetaan	Kunnostetaan
Wing-x stol salon vahvistus (ks. luku 6.3.2)	Sovitetaan lastat Tehdään lisäniittien reiät (joka niittiväliin 1 niitti lisää) Niitataan lastat	Niitit poistetaan Tehdään vahvistuslastat Sovitetaan lastat Tehdään lisäniittien reiät (joka niittiväliin 1 niitti lisää) Niitataan lastat

### 5.2.2 Apusalot

Siiven tyvipuolen (tyvestä siipiasemaan 100.50) apusalon (21) kunnostusta jatketaan siten, että kourun reunat taivutetaan oikeaan kulmaa. Sen jälkeen kiinnitetään se clecoil-la kiinni ja tarkistetaan salon suoruus. Mikäli salko on suora, niin voidaan se kiinnittää kiinni kaariin ja saumakohta yhteen kärkipuolen salon kanssa. Muussa tapauksessa joudutaan tekemään suoristuskorjauksia. Salosta puuttuu myös reikiä. Ne kannattaa porata vasta rakenteiden kiinnityksen yhteydessä, jotta reiät tulevat oikeille kohdille. Toinen apusalko (30) – joka kulkee siipiasemien 100.50–208.00 välillä – saatiin sen sijaan korjausmaalausta vaille valmiiksi. Oikean puoleisessa siivessä se vaatii vielä kunnostusta, lähinnä osien niittausta. (Osanumerointi: ks. liite 7)

Kun apusalko on kiinnitetty, voidaan siihen kiinnittää rakenneosat 22–29 siihen. Näistä osat 22 ja 26 ovat siiven kiinnityskorvakevahvistuksia, jotka pitää kunnostaa. Osa 26 on pelkkä ohut alumiinilevy, joka on helppo tehdä itse tarvittaessa. Vahvikeosia 22 (2 kpl.) taas ei voida tehdä itse, vaan ne joudutaan tarvittaessa tilaamaan. Niitä tulee 2 kappaletta salkoa kohden. Vahvikeosa 23 puuttuu myös. Muut osat ovat vain pintakäsittelyn tarpeessa. Muita osia ovat: Polttoainetankin puutuet (24, 2 kpl.) ja sen kiinnitysruuvit (25), kourunpoikittaisvahvike (27), sekä mutterilevyt (28, 29). (Osanumerointi: ks. liite 7)

Apusalkoon tarvitsee lisäksi kiinnittää vielä laippojen kiinnitysrakenteet (flap track asy, 15, 2 kpl.), sekä jättöreunan muotokaaret 14, 16 ja 20. Muotokaaret saatiin kiinnitystä vaille kunnostettua, ainoastaan niihin tulevat korjauspalat on kiinnittämättä. Ne kiinnitetään verhouspeltien ja kaarien niittauksen yhteydessä. Oikean puoleisen siiven muotokaaret ovat sen sijaan vielä kunnostamatta, ne ovat melko huonossa kunnossa. Muotokaaret ovat kunnostettavissa, mutta uudet voitaneen hankkia tilalle. Laippojen kiinnitysrakenteiden osat saatiin kunnostettua, mutta niitä ei ehditty vielä niittaamaan kokoon. Kun se on tehty, voidaan kiinnitysrakenteet kiinnittää salkoon kiinni. Oikean puoleiseen siipeen laippojen kiinnitysrakenteet on jo kiinnitetty. Ainoastaan tyven puoleisen rakenteen muotokaaren haljennut kulma täytyy kunnostaa vielä. Taulukkoon 3 on koottu molempien siipien apusalkojen kunnostusta vaativat rakenteet ja niille vaadittavat toimenpiteet. (Osanumerointi: ks. liite 4)

TAULUKKO 3. Apusalkojen kunnostustoimenpiteet (Osanumerointi: ks. liitteet 4 ja 7)

Apusalot	Vasen siipi	Oikea siipi
Apusalko (Liite 7, osa 21), siiven tyvestä siipiasemaan 100.50.	Taivutetaan kourun reunat Tarkistetaan salon suoruus Kiinnitetään salko Porataan puuttuvat reiät Kiinnitetään rakenteet salkoon • osat 22–29	Taivutetaan kourun reunat Tarkistetaan salon suoruus Porataan puuttuvat reiät Kiinnitetään rakenteet salkoon • osat 22–29
Korvakevahvistukset 4 kpl. (Liite 7, osat 2x22, 23, 26)	Kunnostetaan mitä voidaan • Tilataan uusia osia Maalataan ja kiinnitetään	Kunnostetaan mitä voidaan • Tilataan uusia osia Maalataan ja kiinnitetään
Laipan kiinnitysrakenteet 2 kpl. (Liite 4, osa 15, flap track assy)	Niitataan osat yhteen Kiinnitetään apusalkoon	Kunnostetaan rakenteen muotokaarella oleva haljennut kulma
Jättöreunan kaaret 3 kpl. (Liite 4, osat 14, 16, 20)	Kiinnitetään apusalkoon	Kunnostetaan Kiinnitetään apusalkoon
Toinen apusalko (Liite 6, osa 30), siipiasema 100.50–208.00	Maalataan	Niitataan Maalataan

### 5.2.3 Etureuna

Etureunan muotokaarien kunnostus saatiin pitkälle, mutta ei aivan valmiiksi. Kaaret 21 ja 22 joudutaan tekemään kokonaan uusiksi. Kaari 22 on etureunan siiven kärjen päätykaari. Se voidaan jättää tekemättä, jos halutaan tehdä koko kärjen päätykaaresta yhtenäinen etureunasta jättöreunaan jatkuva kaari. Lisäksi siiven tyvipuolen kaksi ensimmäistä muotokaarta 2 ja 5 ovat kiinnittämättä. Ne voidaan kiinnittää salkoon vasta, kun korvakevahvistukset kiinnitetään, sillä ne tulevat osittain vahvistusten päälle. (Osanumerointi: ks. liite 6)

Oikean puolen siiven etureunan muotokaaria joudutaan myös vielä kunnostamaan. Niistä kaaret 20–22 pitää tehdä kokonaan uudestaan. Kaaret 5, 19 ja rakennekuvassa (Liite 6) osanumerolla 6 olevista kaarista (4 kpl.) ensimmäinen siiven tyvestä katsottuna pitää irrottaa etureunasta ja kunnostaa. Näissä kaarissa on repeämiä. Lisäksi tyven puolen ensimmäinen kaari 2 on vaurioitunut korjauskelvottomaan kuntoon. Sen korjaaminen ei ole mahdollista, koska käytössä ei ole tarvittavia työkaluja. Tyvikaari on tehty paksummasta alumiinista, ja tästä syystä sen valmistaminen itse on hankalaa. Sen tilalle joudutaan hankkimaan uusi kaari. (Osanumerointi: ks. liite 6)

Etareunasta puuttuu muotopeltiä siiven tyvestä siipiasemien 23.65–32.75 väliltä ja kärjestä siipiasemien 172.00–208.00 väliltä. Oikean puolen siivestä puuttuu palanen vain kärjestä siipiasemien 154.00–208.00 väliltä. Etareunapeltiä tehtäessä kannattaa samalla tehdä siivenpidennyspalaseen etareunapelti. Kun ne on tehty, kiinnitetään pellit etareunaan clecoilla ja niitataan ainoastaan muotokaariin siiven yläpinnan puolelta. Muista kohdista niitä ei kannata vielä niitata. Alapinnan kaariin etareunapelti kannattaa niitata vasta, kun kaikki tarpeellinen on asennettu etareunan sisään. Pääsalkoon ne kiinnitetään vasta verhouspelttien kiinnityksen yhteydessä. Etareunan pellin suoruus pitää muistaa myös tarkastaa lopuksi.

Ennen etareunan peltien niittaamista kiinni, etareunan sisään pitää muistaa laittaa siiven kärjen valojen sähköjohdot, tyvessä olevan ilmanottoaukon putket, sakkkausvaroittimen ilmanottoputket, sekä pitot-putken ilmaletkut ja lämmitin johdot. Valojen sähköjohdoista pitää muistaa tehdä tarpeeksi pitkät, sillä on otettava huomioon siivenpidennyspala. Tyven ilmanottoputkissa käytetään vanhoja putkia ja osia (9–11). Sakkkausvaroittimen ilmanotto ja pitot-putki ovat vain vasemmassa siivessä. Pitot-putkea ei ole, joten se on hankittava. Sakkkausvaroittimen ilmanottoaukon muovisuulake on kunnostettava, koska siinä on halkeama. Se voidaan yrittää korjata muovihitsausmenetelmällä. Mikäli kappale on kertamuovia, niin se ei onnistu. Siinä tapauksessa suulake voidaan tulostaa esimerkiksi 3D-tulostimella. Kunnostuksen jälkeen letkut voidaan asentaa paikoilleen. Taulukkoon 4 on vielä koottu molempien siipien etareunan kunnostusta vaativat rakenteet ja niille vaadittavat toimenpiteet. (Osanumerointi: ks. liite 6)

TAULUKKO 4. Etureunan kunnostustoimenpiteet (Osanumerointi: ks. liite 6)

<b>Etureuna</b>	<b>Vasen siipi</b>	<b>Oikea siipi</b>
Muotopelti (1, 16)	Tehdään uudet palat <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tyveen (siipiasema 23.65–32.75)</li> <li>• Kärkeen (siipiasema 172.00–208.00)</li> </ul> Tarkistetaan pellin suoruus	Tehdään uudet palat <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kärkeen (siipiasema 154.00–208.00)</li> </ul> Tarkistetaan pellin suoruus
Muotokaari 2	Kiinnitetään	Hankitaan uusi
Muotokaari 5	Kiinnitetään	Irrotetaan ja kunnostetaan
Muotokaari 6 (1. tyvestä päin)	Kunnossa, ei toimenpiteitä	Irrotetaan ja kunnostetaan
Muotokaari 19	Kunnossa, ei toimenpiteitä	Irrotetaan ja kunnostetaan
Muotokaari 20	Kunnossa, ei toimenpiteitä	Tehdään uusi
Muotokaaret 21, 22	Tehdään uusi	Tehdään uusi
Sähköjohdot	Asennetaan	Asennetaan
Tyven ilmanotto (9–11)	Käytetään vanhaa Huolletaan ja asennetaan	Käytetään vanhaa Huolletaan ja asennetaan
Sakkausvaroittimen ilmanotto	Korjataan murtuma Asennetaan <ul style="list-style-type: none"> <li>• ilmaletkut</li> </ul> Testataan toimivuus, kun ilmanotto on yhdistetty pilliin (bulletiini M 392/68)	Ainoastaan vasemmassa sivessä
Pitot-putki	Ostetaan uusi Asennetaan ilmaletku ja lämmittimen johto	Ainoastaan vasemmassa sivessä
Huom. Niitataan alapinnan muotopelti kaariin vasta, kun kaikki tarpeellinen on asennettu etureunan sisään. Pääsalkoon se kiinnitetään vasta muiden verhouspelttien kiinnityksen yhteydessä.		

## 5.2.4 Kuorirakenteet

Verhouslevyjä täytyy uusia ja kunnostaa isolta alueelta. Isoimmat keskilevyt siiven yläpinnasta (14) ja alapinnasta (6) ovat kärjestä vaurioituneet. Niistä pitää poistaa jäljellä olevat vaurioituneet alueet kärjestä siipiasemien 190.00–208.00 väliltä ja tehdä korjauspalat. Jättöreunan levyjen 15 (yllä) ja 5 (ala) teko on jo aloitettu, ja ne on leikattu valmiiksi. Yläpinnan levyyn 15 pitää porata vain niitin reiät, kun taas alapinnan levyyn 5 tarvitsee sen lisäksi tehdä tarvittavat aukot ja läpiviennit, sekä se on taivutettava oikean muotoiseksi. Alalevyyn 5 tulee kaksi huoltoluukkuja, laipan kiinnitysosien läpiviennit, sekä laipan asentoa säätävän työntötangon läpivienti. Kun levyt 15 ja 5 ovat valmiit, ne niitataan jättöreunan puolelta yhteen. Jättöreunaan levyjen väliin pitää muistaa laittaa jäykisterima (Liite 4, osa 28). (Osanumerointi: ks. liite 5)

Verhouslevy 2 on ainoa levy joka puuttuu kokonaan vasemmasta siivestä. Se peittää koko siiven keskiosan tyvestä siipiasemaan 100.00 asti. Levyyn tulee kaksi huoltoluukkuja ja siihen kiinnitetään tuplaajavahvike 4 sekä polttoainesäiliön vahvikelevy (Liite 4, osa 7) pituusjäykisteiden päälle. Vahvikelevy on jo olemassa ja pituusjäykisteet ovat siinä kiinni, mutta se on vielä kunnostettava. Polttoainesäiliön yläpinnan levy on myös kunnostuksen tarpeessa. Siinä on lommoja, mutta niiden suoristamista kannattaa ainakin yrittää. Pituusjäykisteet 7–25 joudutaan kaikki kunnostamaan kärjen osalta siiven yllä- ja alapinnasta. Jäykisteitä 17, 19, 22 ja 25 jatketaan kärkeen saakka, koska siipeä pidennetään. Pituusjäykisteitä ei kiinnitetä muotokaariin, sillä ne tulevat kiinni vain verhouslevyihin. Kun kaikki levyt ovat valmiit ja siiven sisärakenteet kunnostettu, voidaan ne kiinnittää paikoilleen luvun 3.4 kunnostussuunnitelman mukaisesti. Lopuksi pitää muistaa kunnostaa myös huoltoluukkujen osat (8, 9, 10, 11). (Osanumerointi: ks. liite 5)

Oikean puolen siiven verhouslevyjen kunnostus poikkeaa vasemman siiven kunnostuksesta jonkin verran. Oikean puolen siivessä alapinnan levy 6 pitää tehdä uudestaan siipiasemasta 154.00 kärkeen. Polttoainesäiliön yläpinnan levy on tehtävä uudelleen. Levy 2 on sen sijaan tehty, mutta siihen tuleva tuplaajavahvike 4 ja polttoainesäiliön vahvikelevy (Liite 4, osa 7) puuttuvat kokonaan. Muut osat korjataan kuten vasemmassa siivessä. Alla olevaan taulukkoon 5 on koottu molempien siipien kuorirakenteiden kunnostusta vaativat osat ja niille vaadittavat toimenpiteet. (Osanumerointi: ks. liite 5)

TAULUKKO 5. Kuorirakenteiden kunnostustoimenpiteet (Osanumerointi: ks. liite 5)

<b>Kuorirakenteet</b>	<b>Vasen siipi</b>	<b>Oikea siipi</b>
Levy 14 (ylä)	Korjauspala kärkeen	Kunnostetaan kärjen puoli
Levy 6 (ala)	Korjauspala kärkeen	Korjauspala siipiasemasta 154.00 kärkeen.
Levy 15 (ylä)	Porataan niittien reiät Kiinnitetään levy 5 (älä unohda jäykistettä levyjen jättöreunasta, liite 4, osa 28)	Porataan niittien reiät Kiinnitetään levy 5 (älä unohda jäykistettä levyjen jättöreunasta, liite 4, osa 28)
Levy 5 (ala)	Taivutetaan muotoon Tehdään tarvittavat aukot <ul style="list-style-type: none"> <li>• Huoltoluukut</li> <li>• Laipan kiinnityksen läpiviennit</li> </ul> Porataan niittien reiät	Taivutetaan muotoon Tehdään tarvittavat aukot <ul style="list-style-type: none"> <li>• Huoltoluukut</li> <li>• Laipan kiinnityksen läpiviennit</li> </ul> Porataan niittien reiät
Levy 2 (ala)	Tehdään uusi Kiinnitetään muut rakenteet <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuplaajavahvike 4</li> <li>• Polttoainesäiliön vahvikelevy</li> </ul>	Kiinnitetään muut rakenteet <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuplaajavahvike 4</li> <li>• Polttoainesäiliön vah- vikelevy</li> </ul>
Tuplaajavahvike 4	Tehdään uusi	Tehdään uusi
Polttoainesäiliön vahvi- kelevy (Liite 4, osa 7)	Kunnostetaan	Tehdään uusi
Polttoainesäiliön kansi	Kunnostetaan	Tehdään uusi
Pituusjäykisteet (17–25)	Kunnostetaan ja asennetaan Huom. jatketaan kaikki kär- keen asti	Kunnostetaan ja asennetaan Huom.: jatketaan kaikki kär- keen asti
Huoltoluukkujen osat (8, 9, 10, 11)	Kunnostetaan Asennetaan paikoilleen (myös etureunan luukut)	Kunnostetaan Asennetaan paikoilleen (myös etureunan luukut)

## 5.2.5 Muut rakenteet

### Laipan käyttölaitelaatikko

Laipan käyttölaitelaatikko sijaitsee siipiasemasta 71.125 tyveen päin apusalon alapuolella, eli noin laipan keskikohdalla. Vasemmassa siivessä tämä rakenne on hieman vaurioitunut, sen toinen käyttölaitteen kannatinlevy (bracket, 22) on vaurioitunut korjauskelvottomaan kuntoon. Sen tilalle on hankittava uusi. Oikeasta siivestä puuttuu kannatinlevyt 22–25, jotka tarvitsee hankkia. Niitä ei ole mahdollista tehdä itse, sillä ne ovat paksua alumiinia. Varaosaluettelossa (Liite 4, taulukko 1) on osan 24 kohdalla virhemerkintä. Siellä lukee, että osa 24 tulisi ainoastaan vasempaan siipeen, ”BRACKET-LH WING ONLY” (Cessna Aircraft Company 1974, 19). Se ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan osa 24 tulee oikeaan siipeen osan 25 pariin, kuten liitteen 4 kuvan 1 rakennesuurennoksessa A näkyy. Tämän voi päätellä siitä, että oikeassa siivessä sijaitsee molempien laippojen käyttömoottori tällä kohtaa, ja näihin kannatinlevyihin 24 ja 25 moottori kiinnitetään. Osat 24 ja 25 tulevat siis ainoastaan oikean puolen siipeen. Käyttölaitelaatikon reunaosat 17 ja 18 on irrotettu ja ne täytyy kunnostaa oikeasta siivestä. Niissä ei ole pahoja vaurioita. (Osanumerointi: ks. liite 4)

### Keskiosan muotokaaret

Tyven muotokaaret (4) ovat hieman vaurioituneet molemmista siivistä. Ne ovat kuitenkin korjattavissa, vaikka ovat tehty paksummasta alumiinista. Vasemman puolen siiven kaari on hieman kiero ja siinä on muutama repeämä. Oikean siiven kaari on samoin hieman kiero, mutta siinä on vain yksi repeämä. Kaaret suoristetaan ja repeämät korjataan soveltaen liitteen 2 kuvan 2 kaarenkunnostusohjetta. Kaaresta leikataan vaurioitunut alue pois, tehdään uusi leikatun alueen kokoinen pala tilalle ja korjauspala lastoitetaan kaareen kiinni. (Osanumerointi: ks. liite 4)

Kärjen muotokaari (40) puuttuu molemmista siivistä. Kaaret saadaan tehtyä soveltamalla Experimental Aircraft Association (EAA) (2008, videot 1–6) internetsivuilla olevia video-ohjeita ”Sheet metal rib from scratch-Part (1 to 6)” kaaren tekemisessä. Näitä ohjeita voidaan käyttää myös muiden kaarien teossa. Päätykaaret (40) voidaan tehdä yhdestä kappaleesta tai kahdesta kuten alkuperäinen, jossa etureunan kaari on erillinen. Siiven pidennyksen kaari on samanlainen kuin kärkikaari, joten sen voi tehdä samalla muotilla. Muut kaaret ovat kunnossa vasemmasta siivestä, mutta oikean puolen siiven kaari 38 ja 39 ovat irrallaan. (Osanumerointi: ks. liite 4)

## **Muut osat**

Siiven pidennyksien teko on yksi suurimmista urakoista (ks. luku 6), toinen iso urakka on ohjainpintojen käyttölaitteiden kunnostus. Ne ovat pahoin ruostuneet, mutta muuten kunnossa. Käsin niitä ei kannata lähteä puhdistamaan, mutta hiekkapuhallus voisi olla paras vaihtoehto ruosteen poistoon. Niihin pitää myös vaihtaa kaikki laakerit, jotka on jo tilattu ja saatu koululle. Lisäksi on vielä tarkistettava onko kaikki niihin tulevat osat tallessa ja kunnossa, kuten esimerkiksi kiinnitysosat ja työntötangot.

Siipiin pitää vielä hankkia jonkin verran osia aikaisemmin mainittujen lisäksi, ja isoimpia hankintoja ovat vasen siiveke ja polttoainesäiliöt. Muita puuttuvia osia ovat muun muassa streevat ja siiven kärjen muotosuojat. Muotosuojat on tarkoitus tehdä itse. Lisäksi siipiin tulee muistaa asentaa myös seuraavat osat: Polttoainesäiliön hihnat 8 ja 9, nurkkalevy 13, jättöreunan jäykiste 28, muotolevy 42, ovistoppari 43 (korvataan mahdollisesti ilmajousella), jäykisteet 2x48, mutterilevyt 41 ja 5x47 siirretään siiven jatko-palaan (Liite 4).

## **Siipeen asennettavat järjestelmät:**

- Ohjauslaitteisto: ohjainpinnat ja niiden käyttölaitteet, kehräpyörät, autopilotin käyttölaite (mikäli päätetään asentaa siipeen)
- Polttoainejärjestelmä: säiliöt, linjaston liitännät, huohotus, täyttöluukku
- Valot: kärkivalot, siiven alapinnan valo (courtesy light), johdot
- Siipien tyven ilmanotto: putkistot
- Pitot-staatinen-järjestelmä: putket, johdot
- Sakkausvaroitin-järjestelmä: ilmaputket

Alla olevaan taulukkoon 6 on vielä koottu lista molempien siipien kunnostusta vaativista tärkeistä muista osista ja vaadittavat toimenpiteet. Se ei ole täydellinen siivistä puuttuvien muiden osien lista.

TAULUKKO 6. Muiden osien kunnostustoimenpiteet (Osanumerointi: ks. liite 4 )

<b>Laipan käyttölaite- laatikko</b>	<b>Vasen siipi</b>	<b>Oikea siipi</b>
Osat 17, 18	Kunnossa, ei toimenpiteitä	Kunnostetaan
Osat 22, 23	Hankitaan osa 22	Molemmat hankittava
Osa 24	-	Uuden hankinta
Osa 25	-	Uuden hankinta
<b>Keskiosan muotokaaret</b>	<b>Vasen siipi</b>	<b>Oikea siipi</b>
Muotokaari 4 (tyvi)	Kunnostetaan <ul style="list-style-type: none"> <li>• hieman kiero ja repeämiä</li> </ul>	Repeämä korjataan <ul style="list-style-type: none"> <li>• hieman kiero ja repeämä</li> </ul>
Muotokaaret (38, 39)	Kunnossa, ei toimenpiteitä	Asennetaan kaari 38 Kunnostetaan ja asennetaan kaari 39
Muotokaari 40 (kärki) 2 kpl.	Tehdään uusi Toinen tulee siivenpidennykseen.	Tehdään uusi Toinen tulee siivenpidennykseen.
Kaikki neljä kärjen muotokaarta 40 voidaan tehdä samalla muotilla.		
<b>Muut rakenteet ja osat</b>	<b>Vasen siipi</b>	<b>Oikea siipi</b>
Wing-x stol	Tehdään jatkopala	Tehdään jatkopala
Laippa	Maalataan	Maalataan
Siiveke	Hankitaan uusi	Maalataan
Ohjainpintojen käyttö- laitteet	Tarkistetaan löytyvätkö kaikki osat, tilataan puuttuvat Poistetaan ruoste (hiekkapuhallus) Uusien laakerien asennus	Tarkistetaan löytyvätkö kaikki osat, tilataan puuttuvat Poistetaan ruoste (hiekkapuhallus) Uusien laakerien asennus

Ohjausvaijerien kehräpyörät	Asennetaan	Asennetaan
Polttoainesäiliöt	Hankitaan uusi Asennetaan	Hankitaan uusi Asennetaan
Elektroniikka, mm. valot ja autopilotti	Asennetaan	Asennetaan
Kärjen muutosuoja 45	Tehdään uusi	Tehdään uusi
Streevat	Hankitaan uusi	Hankitaan uusi
<p>Älä unohda osia: Polttoainetankin hihnat 8 ja 9, nurkkalevy 13, jättöreunan jäykiste 28, muotolevy 42, ovistoppari 43 (korvataan mahdollisesti ilmajousella), jäykisteet 2x48, mutterilevyt 41 ja 47.</p>		

## 6 SIIVENPIDENNYKSET

### 6.1 Wing-X stol

Wing-X stol on siivenpidennysmodifikaatio, jossa molempia siipiä pidennetään siiven kärjistä. Se on tuotenimi Air Research Technology INC. (A.R.T. INC.) -nimisen yhtiön yksimoottorisiin eri Cessna-malleihin tekemille siivenpidennyksille. Kuvassa 32 näkyy siivenpidennys asennettuna. Siivenpidennyksillä saadaan lisää nostetta ja sen ansiosta lentokoneen suoritusarvot paranevat huomattavasti. A.R.T. INC. -yhtiön (2010) mukaan pidennykset parantavat lentokoneen lento-ominaisuuksia 30 % ja suurin sallittu lentoonlähtömassa lisääntyy 181,7 kg. Alapuolelle on listattu muut yrityksen mukaan pidennyksillä saavutettavat ominaisuudet. Alla olevat suoritusarvot perustuvat keskiarvoon eri Cessna -mallien testilennoilla saaduista arvoista. (A.R.T. INC. 2010.)

#### **Saavutettavat ominaisuudet:**

1. sakkausnopeus pienenee
2. lentoonlähtö- ja laskeutumismatkat pienenevät
3. veteen laskeutumisesta aiheutuva iskukuormitus pienenee 8 %
4. lentoonlähtöominaisuudet paranevat 30 %
5. nousunopeus kasvaa 12 %
6. sivuttaisvakaus lisääntyy kaikissa lentotiloissa
7. lakikorkeus kasvaa 1000 jalkaa (7 % enemmän siipipinta-alaa)
8. matkalentonopeus kasvaa 2 %, tehoasetuksilla 65 % ja 75 %
9. polttoaineen kulutus pienenee 1–2 %
10. hidaslennon vakaus paranee ja lentoturvallisuus marginaalit kasvavat. (A.R.T. INC. 2010.)

Käytännössä siivenpidennyksien toteutus on yksinkertainen. Siipien kärkiin lisätään vain jatkopalaset ruuveilla kiinni, sekä vahvistetaan pää- ja apusalkoja. Molempiin siipiin tulee yhden kaarivälin verran lisää pituutta, eli vähän yli 0,91 m ja siipipinta-ala kasvaa 1,15 m<sup>2</sup> (7 %) (A.R.T. INC. 2010). Massaa lentokoneelle tulee lisää noin 8,2 kg, josta pidennyspalat painavat 7,3 kg ja siivenvahvikkeet 0,9 kg (A.R.T. INC. 2011, 18). Projektikoneen massa kasvaa vain noin 7,6 kg, sillä siihen ei tarvitse laittaa kaikkia vahvikkeita.

Siivenpidennykset haluttiin projektikoneeseen muun muassa sen takia, koska siipien nosteen kasvun myötä koneen suurin sallittu lentoonlähtömassa kasvaa. Tämän ansiosta voidaan lähteä lentoon täysillä pitkänmatkan polttoainesäiliöillä ja 1+3 miehityksellä, eli saadaan yksi matkustaja lisää tai enemmän tavaraa otettua mukaan lennolle. Ilman siivenpidennyksiä täysillä pitkänmatkan polttoainesäiliöillä ainoastaan 1+2 miehityksellä voidaan lähteä lentoon. Toinen tärkeä siivenpidennyksillä saavutettava etu on vesilento-ominaisuuksien huomattava paraneminen. Tärkeimpiä ominaisuuksista ovat lentoonlähtö- ja laskeutumismatkan lyheneminen, lentokoneen vakauden lisääntyminen, sekä sakkausnopeuden pieneneminen. Nämä ominaisuudet tuovat lentotoimintaan lisää turvallisuutta ja varmuutta. Lisäksi lentokoneen operointimahdollisuudet kasvavat, kun pystytään toimimaan lyhyemmiltä kiitoradoilta.



KUVA 32. Wing-X stol siivenpidennysmodifikaatio (skywagon 2013)

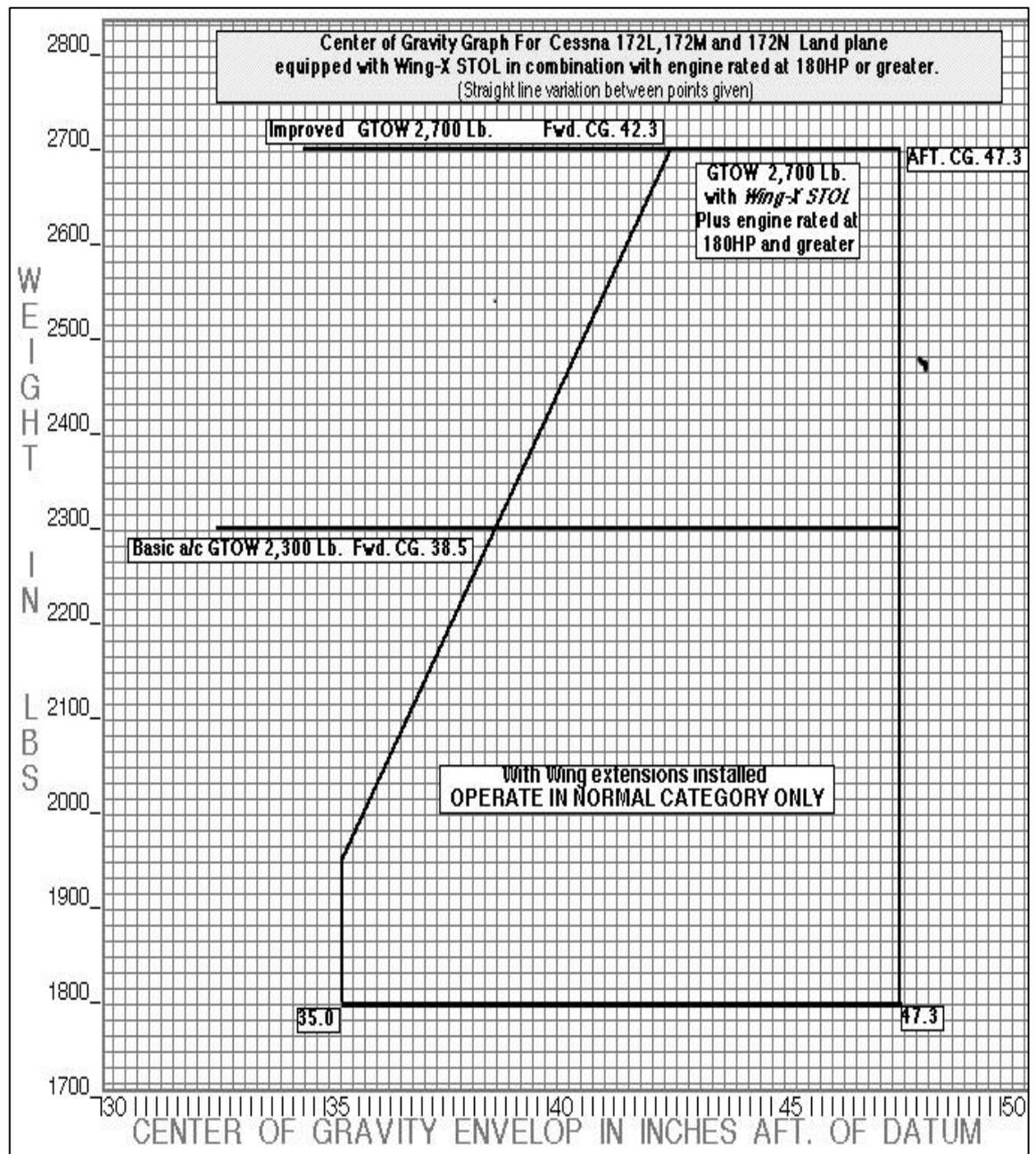
## Rajoitukset

Siivenpidennykset tuovat myös omat rajoituksensa. Siivenpidennykset asennettuina saa lentää vain normaalissa lentoluokassa (kuvio 1), kun taas ilman niitä saa lentää myös rajoitetussa taitolentoluokassa. Tämä merkitsee sitä, että kaikki taitolentoliikkeet ovat kiellettyjä siivenpidennyksien ollessa kiinni. Pidennykset ovat tosin helppo poistaa tarvittaessa ruuvikiinnityksen ansiosta. Niiden irrotus kestää ainoastaan noin 15 minuuttia (A.R.T. INC. 2010). Muita rajoituksia tulee toimittaessa lisätyllä kokonaispainoalueella, jolloin laippojen kulma saa olla enintään 30°. Lisäksi pidennyksillä varustetun lentokoneen suurinta sallittua lentonopeutta ( $V_{ne}$ ) on rajoitettu 160 KIAS<sup>2</sup> (A.R.T. INC. 2011, 18). Nopeusrajoitus ei vaikuta projektikoneeseen, sillä sen  $V_{ne}$  on muutoinkin 160 KIAS. Suurin sallittu lentoonlähtömassa maalentokoneelle taas on 1224,7 kg (ilman pidennyksiä 1043 kg), mikä näkyy kuviosta 1. Vesilentotoiminnassa lentoonlähtömassa rajoittaa kellukkeiden kantokyky. Mikäli halutaan hyötyä siivenpidennyksien tuomasta kuormattavuuden kasvusta, pitää lentokoneeseen valita tarpeeksi suuret kellukkeet. Maksimi hyödyn saavuttamiseksi, kellukkeiden tulisi kantaa yli 1224,7 kg.

Kuviosta 1 näkyy Cessna 172L/M/N -maalentokoneiden sallitun massakeskiön (Center of Gravity, CG.) sijaintialue massan kasvaessa 1800 paunasta (816,5 kg) 2700 paunaan (1224,7 kg), kun kone on varustettu siivenpidennyksillä ja moottori on teholtaan 180 hv tai enemmän. Pystyakselilla on massa paunoina ja vaaka-akselilla painopisteen sijainti tuumina mitattuna nolapisteestä. Rajattu alue kertoo millä alueella massakeskiöasema saa olla massan lisääntyessä. Toisin sanottuna, kun konetta kuormataan massakeskiö saa olla kuviossa olevalla rajatulla välillä. Kevyemmillä lentoonlähtömassoilla 1950 paunaan asti massakeskiö saa olla välillä 35,0–47,3 tuumaa. Tämän jälkeen massakeskiöväli alkaa pienenemään suurimpaan sallittuun lentoonlähtömassaan saakka (2700 paunaa). Tällä massalla lentokoneen massakeskiö saa olla enää välillä 42,3–47,3 tuumaa. Kuviin on merkattu myös ilman siivenpidennyksiä olevan lentokoneen sallittu massakeskiöväli suurimmalla sallitulla lentoonlähtömassalla. Kuvasta voidaan päätellä, että siivenpidennyksien ansiosta suurin sallittu lentoonlähtömassa kasvaa 400 paunaa (181,7 kg). Kuvaan on merkattu myös, että koneella saa operoida ainoastaan normaalissa lentoluokassa.

---

<sup>2</sup> KIAS (Knots Indicated Airspeed) on nopeusmittarin näyttämä ilma-aluksen nopeus solmuina



Kuvio 1: Painopisteen sijainnin rajoitukset (Air Research Technology INC. 2010)

## 6.2 Suunnittelu

Siivenpidennysten toteutukselle oli kaksi vaihtoehtoa. Se olisi voitu tehdä mahdollisesti itse kunnostuksen yhteydessä, tai valmis pitennyspaketti (kuva 33) olisi voitu tilata ja asentaa itse paikoilleen. Valmiin paketin asennus olisi ollut helpompi ratkaisu toteuttaa, kuin itse tehty. Tästä syystä ensin lähdettiin selvittämään valmiin paketin tilaamista. Piti selvittää mistä niitä saisi ja paljonko sellainen maksaisi. Suomesta ei löytynyt aluksi jälleenmyyjää, joten kysely laitettiin suoraan kanadalaiselle jälleenmyyjälle Spring Aviation LTD:lle. He ilmoittivat paketin hinnaksi 5495 dollaria ilman postikuluja (Tim Farnsworth 2014). Yllättäen tämän jälkeen Mikko Lahti (2014) Joen Service Oy:stä otti yhteyttä siivenpidennysasian tiimoilta. Joen Service on A.R.T. INCin valtuuttama edustaja ja siivenpidennysten asentaja Suomessa. He olivat kuulleet tehtaalta, että olimme kiinnostuneita siivenpidennyksistä. He tarjosivat paketin hinnaksi 4300 euroa (+alv 24 %). (Lahti 2014.) Hinta oli kuitenkin melko kallis, joten päätettiin selvittää mahdollisuudet rakentaa siivenpidennykset itse.

A.R.T. INCin (2010) Wing-X stol internetsivuilta löytyi hyvät ohjeet siivenpidennyksen asentamiseen. Sen pohjalta lähdettiin miettimään pidennyksien rakentamista. Niiden tekeminen todettiin toteutuskelpoiseksi ideaksi, joten valmiin siivenpidennyspaketin tilaamisesta luovuttiin. Tämän jälkeen ryhdyttiin suunnittelemaan modifikaation tekoa. Sen tekoon oli kaksi mahdollista toteutustapaa. Molemmissa vaihtoehdoissa siivet vahvistettaisiin samalla tavalla A.R.T. INCin ohjeen (2011, 11–17) mukaisesti, mutta siivenpidennyksien toteutukset eroaisivat toisistaan. Ensimmäisessä vaihtoehdossa pidennykset toteutettaisiin edellä mainitun ohjeen mukaisesti erillisillä siivenjatkopaloilla. Ne suunniteltiin tehtäväksi siten, että siiven kierto ei jatkuisi jatkopalan osalta, vaan siitä tulisi suora. Jatkopala kiinnitettäisiin siiven kärkeen ruuveilla. Toisessa vaihtoehdossa siipiä suunniteltiin jatkettavaksi suoraan pitemmäksi siipien kärkien kunnostuksen yhteydessä. Se olisi toteutettu siten, että siiven kiertoa jatkettaisiin pitennyksen osalta samassa suhteessa jatkopalan kärkeen saakka, eli siiven suippeneminen jatkuisi samassa suhteessa. Käytännössä tämä olisi toteutettu siten, että pääsalkoa ja pituusjäykisteitä olisi jatkettu samansuuntaisesti yhden kaaren verran. Päätyyn olisi lisätty yksi päätykaari lisää, ja sitten jatkettu siipialue olisi verhoiltu.

Siivenpidennykset päädyttiin tekemään ensimmäisen vaihtoehdon mukaan, koska sen toteuttaminen olisi helpompaa. Siipiin laitetaan siis irralliset jatkopalat A.R.T. INCin ohjeen (2011) mukaisesti. Tässä ratkaisussa etuna on se, että jatkopalat ovat irrotettavissa tarvittaessa. Lisäksi kärkeen lisättävä päätykaari on samanlainen kuin sitä ennen oleva kaari, joten molempien siipien kaikki neljä muotokaarta voidaan tehdä samalla muotilla. Etuna on myös se, että siiven kärjen muotopaloihin on jo valmiina muotit. Ne tehdään lasikuidusta alkuperäisien muovisien sijasta. Edellä mainitut asiat tuottaisivat enemmän työtä, jos siivenpidennykset toteutettaisiin toisen vaihtoehdon mukaan. Siinä päätykaari olisi pienempi kuin sitä edeltävä kaari, koska siiven kierto jatkuisi siivenpidennyksen kärkeen saakka. Tämän takia kaaret jouduttaisiin tekemään kahdella eri muotilla. Päätykaari olisi siis pienempi kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, mistä seuraisi se, että myös siiven kärjen muotosuoja tulisi olemaan pienempi. Pienemmän kärjen muotosuojan tekeminen tulisi olemaan työlästä, sillä sen tekemiseen ei ole valmiita muotteja. Muotit jouduttaisiin tekemään kokonaan uusiksi, eikä mallia niiden tekoon voitaisi ottaa valmiista kappaleista. Sen kokoisia kärjen muotopaloja ei kukaan tiedettävästi ole tehnyt.

### **6.3 Toteutus**

Siivenpidennyksien teko toteutetaan siis Air Research Technology INCin (A.R.T. INC. 2011) siivenpidennyksien asennusohjeen pohjalta (WingExtension and Spar Reinforcement Instalation Guide #172). Siivet vahvistetaan pää- ja apusaloista kunnostuksen yhteydessä. Pääsalon vahvistuksen asennusta varten siipien alapintaan pitää tehdä tarvittava määrä huoltoluukkuja. (A.R.T. INC. 2011, 24). Siipien kärkien kunnostuksen yhteydessä jatketaan pituusjäykisteet 17, 19, 22 ja 25 (Liite 5) siiven kärkeen saakka ja tehdään siipien jatkopalojen kiinnitystä varten tarvittavat toimenpiteet. Samaan aikaan voidaan tehdä siiven jatkopalat. Kun siiven kärjen kunnostus on tehty valmiiksi, voidaan siiven jatkopalat asentaa paikoilleen A.R.T. INCin asennus ohjeen (2011, 4–9) mukaisesti.

A.R.T. INCin (2011) ohje on pääasiassa pidennyksien ja siiven vahvistuksien asennusohje, mutta siinä olevista kuvista (Liite 8, kuvat 1 ja 2) saa kuitenkin hyvän kuvan millainen pidennyskappaleen tulee olla. Lisää selvyyttä rakenteesta löytyi Backcountry Pilot (2013) -nimisen internet-sivuston yhteisön keskustelupalstalta, jossa on käyty hyvin informatiivinen keskustelu kuvitettuna siipienpidennyksien asennuksesta ja sen eri vaiheista Cessna 182 -sarjan lentokoneeseen. 182-sarjan Cessnan siipienpidennykset eivät eroa merkittävästi 172-sarjan Cessnan pidennyksistä. Kuvasta 33 selviää minkälaiset siipienpidennykset tulee olla muodoltaan, siinä on Wing-X stol siivenpidennyspaketti. Kuvan perusteella jatkopalan rakenteesta voitiin päätellä paljon. Siivenpidennyksien rakenne olisi kuitenkin vielä hyvä käydä tarkistamassa jostain toisesta lentokoneesta, johon se on jo asennettu, jotta saataisiin varmuus rakenteesta ja kiinnityksestä.

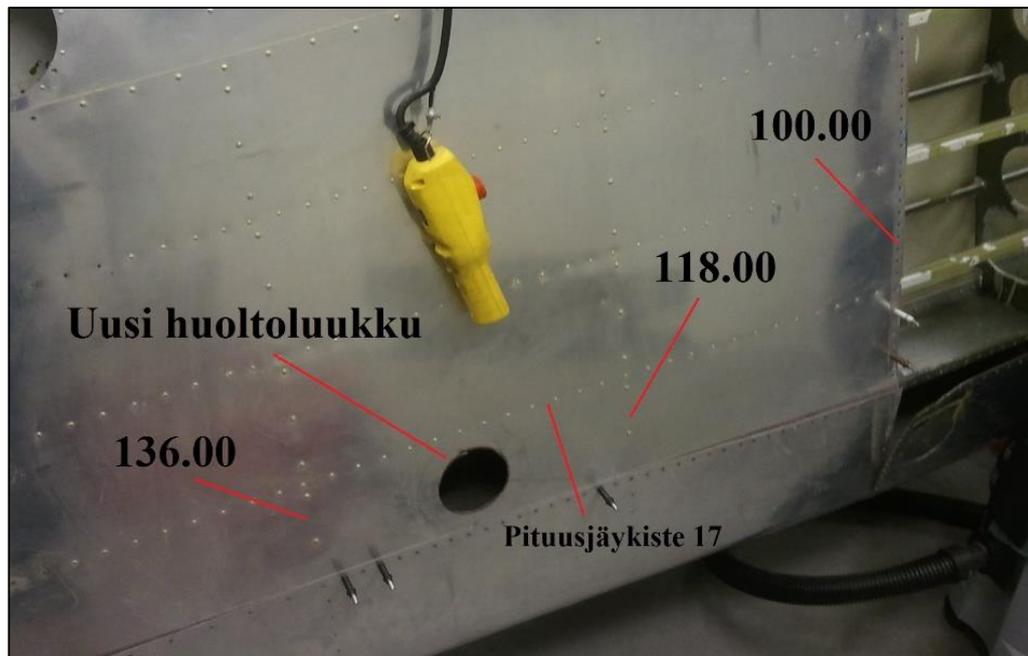


KUVA 33. Wing-X stol siivenpidennyspaketti (Skylane Sam 2013)

### 6.3.1 Tehdyt asiat

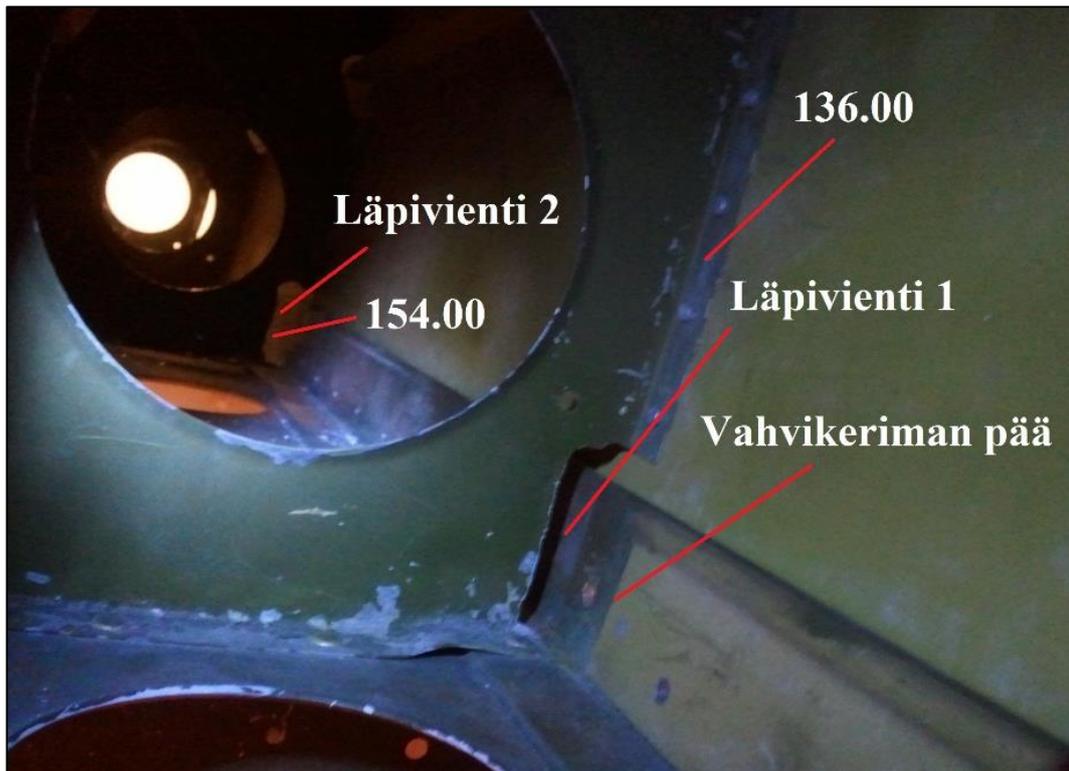
Ensin tutkittiin A.R.T. INCin (2011, 14) ohjeen mukaisesti löytyykö siipien pääsaloista streevan kohdalta kulmajäykisteet (angle stiffener). Mikäli niitä ei löytyisi, jouduttaisiin siipien pääsalkoihin asentamaan ruostumattomasta teräksestä tehdyt vahvikerimat (stainless steel straps). Jos taas kulmajäykisteet olisivat lentokoneessa, vahvikerimoja **ei saisi asentaa**. (A.R.T. INC. 2011, 15.) Projektikoneeseen kulmajäykisteet oli asennettu jo tehtaalla – vanhemmissa malleissa niitä ei välttämättä ole. Myöskään siipien apusalkoja ei tarvinnut vahvistaa, sillä ne on tehty paksummasta alumiinista kuin alkuperäiset.

Pääsalkojen vahvistuksien teko ehdittiin aloittaa tämän opinnäytetyön aikana. Ensin tehtiin huoltoluukut molempiin siipiin, yksi siipeä kohti. Niiden avulla pääsalon vahvistukset on tarkoitus asentaa paikoilleen. Luukut tehtiin molempiin siipiin siiven alapinnan verhouspeltiin siipiasemien 118.00 ja 136.00 väliin, sekä pääsalon ja etureunan puoleisimman pituusjäykisteen 17 väliin (kuva 34). Uuden huoltoluukun sijainti näkyy kuvassa 34, siihen on merkattu myös siipiasemien kohdat ja missä pituusjäykiste 17 kulkee. Vasempaan siipeen riitti yksi luukku, sillä alapuolen verhouslevystä poistettujen niittien ansiosta siiven sisälle pääsee asentamaan vahvikkeet melko hyvin. Oikean puoleiseen siipeen joudutaan tekemään mahdollisesti myös toinen luukku. Se tulisi seuraavaan kaariväliin tehdystä luukusta kärkeen päin katsottuna. Huoltoluukkuihin pitää asentaa vielä reiän reunaan vahvistin renkaat verhouspellin sisäpintaan ja niihin mutteri-levyt.



KUVA 34. Uuden huoltoluukun sijainti

Huoltoluukkujen teon jälkeen vasemman siiven pääsalon kohdalta poistettiin niitit siiven yläpinnalta siipiasemien 125.00–160.00 väliltä (Air Research Technology INC 2011, 11). Oikeasta siivestä ei ole vielä poistettu niittejä. Sen jälkeen leikattiin aukot molempien siipien siipiasemien 136.00 ja 154.00 kohdalla olevien kaarien kulmiin (kuva 35), jotta vahvikerimat mahtuvat kulkemaan kaarien läpi. Sitten tehtiin vasemman siiven vahvikerimat, jotka otettiin varaosana olevasta pääsalosta. Oikeaan siipeen vahvikerimat on vielä tekemättä, ja siihen ne saadaan myös varaosasalosta.

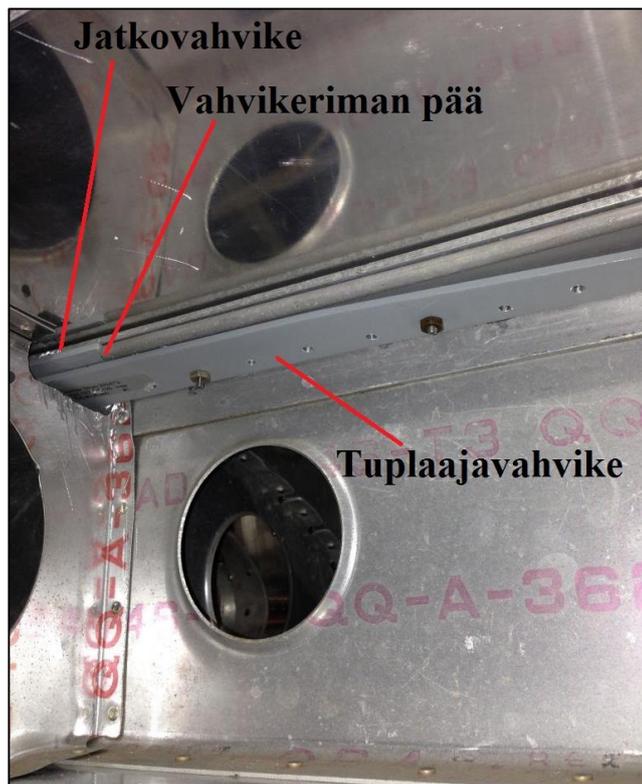


KUVA 35: Pääsalon vahvistuksien läpiviennit

### 6.3.2 Miten jatketaan

#### **Siipien vahvistukset**

Pääsalkoon tulevien vahvikkeiden tarkoitus on jatkaa salon kourussa siiven yläpinnan puoleisessa reunassa kulkevaa vahvikerimaa. Alkuperäinen rima alkaa pääsalon kärjestä ja jatkuu lähelle siipiasemaan 136.00 (kuva 35). Tästä kohdasta vahvikerimaa jatketaan jatkorimalla siipiasemaan 160 asti Air Research Technology INCin (2011, 12) ohjeen mukaisesti. Riman mitat ovat 24x1,5x0,125 tuumaa. Saumakohdan päälle tulee vielä tuplaajavahvikerima, joka on mitoiltaan 18x1,1875x0,125 tuumaa (kuva36). Se tulee olla noin siipiasemien 127.00 ja 145.00 välissä siten, että sauma tulee riman puoleen väliin. Jatkorimaa ei saa laittaa tiukasti kiinni alkuperäistä rimaa vasten, vaan niiden väliin on suositeltavaa jättää 0,032 tuuman rako. (Air Research Technology INC 2011, 12.) Kuvassa 36 on paikalleen asennetut pääsalon vahvikkeet ja siitä näkyy miten ne tulee asentaa.



KUVA 36. Pääsalon vahvistus (skywagon 2013)

Vahvikkeiden asennuksessa pitää huomioida, että vahvikekohtaan siipiaseman 125.00–160.00 väliselle alueelle tulee kaksinkertainen määrä niittejä (A.R.T. INC. 2011, 11). Se tehdään siten, että jokaiseen niitiväliin lisätään yksi niitti. Jatkorima on mitoitettu vasemman siiven osalta siten, että sen vanhat reiät tulevat pääsalossa jo olevien niitinreikien väliin. Näin saadaan toteutettua lisäniittien paikat. Kun jatkorima on paikallaan, kiinnitetään se clecoilla riman päätyjen ensimmäisistä niitinrei'istä paikoilleen. Reiät tarvitsee ensin porata läpi muista rakenteista. Tämän jälkeen on tarvittavat reiät helppo porata jatkorimaan, sekä pääsalkoon ja sen vahvikkeisiin. Niittaus tehdään koon 5 niiteillä (MS20426AD5-9 ja -11) käyttäen pituutta 11 siipiasemien 127.00–145.00 välillä ja pituutta 9 siipiasemien 145.00–160.00 välillä (A.R.T. INC. 2011, 12).

Kun siiven kärjen kunnostuksessa on saatu pituusjäykisteet korjattua ja jatkettua, niitataan jatkopalan kiinnitysruuvien mutterilevyt paikoilleen pituusjäykisteiden kohdalle liitteessä 8 olevan kuvan 1 mukaisesti (A.R.T. INC. 2011, 4, 22). On tärkeää, että jatkopalan kiinnityspaikat ovat pituusjäykisteiden kohdalla, sillä jatkopala on ainoastaan ruuveilla kiinni siivessä. Siiven vanhoja pituusjäykisteissä olevia niitinreikiä voi käyttää kiinnitysruuvien reikinä. Siiven kärjestä pitää lisäksi kaikki kupukantaniitit vaihtaa upokantaniitteihin noin kahden tuuman etäisyydellä (A.R.T. INC. 2011, 5), sillä jatkopa-

lan kiinnityspanta (wing extension skirt) tulee tälle kohdalle. Kärjen päätykaari kiinnitetään uppokantaniiteillä, kuten ilman pidennyksiäkin tehtäisiin, mutta siihen ei tehdä ruuvireikiä. Siiven kärkikaaren teon yhteydessä kannattaa tehdä samalla kaikki neljä päätykaarta, koska ne voi tehdä samalla muotilla. Alkuperäiset päätykaaret koostuvat kahdesta palasta, etureunan kaaresta ja taaemmasta pitkästä kaaresta, joka jatkuu etukaaresta jättöreunaan saakka. Kaaret voidaan myös tehdä yhdeksi palaksi.

### **Siivenjatkopalojen teko ja asennus**

Siivenjatkopalat joudutaan tekemään tässä luvussa ja liitteessä 8 olevien kuvien pohjalta, ellei valmista jatkopala päästä katsomaan jostain toisesta lentokoneesta. Asiaa hankaloittaa se, ettei ole käytettävissä jatkopalojen sisäosien rakennekuvia. Liitteessä 8 ovat rakennekuvat jatkopalan pintarakenteista (kuva 1) ja sen kiinnityskohdan rakenteista (kuva 2). Jatkopalan rakenne on kuitenkin yksinkertainen, joten kuvien avulla voidaan päätellä jo paljon sen rakenteesta. Loput epäselvät asiat suunnitellaan itse. Jatkopala koostuu yhdestä muotokaaresta, 12 pituusjäykisteestä, kiinnityspannasta, sekä ylä- ja alapinnan että etureunan verhouslevyistä. Jatkopala on leveydeltään yhden kaarivälin verran eli 18 tumaa, pituudeltaan se jatkuu ohjaussiivekkeen jättöreunan tasalle. Molempien siipien jatkopalat ovat rakenteeltaan samanlaiset.

Kaarien teolla on hyvä aloittaa siiven jatkopalan tekeminen, sillä se kasataan jigissä kaarien ympärille. Apuna voi käyttää toista päätykaarta. Se kiinnitetään clecoilla tukemaan siiven puoleista päätä, mutta sitä ei niitata jatkopalaan kiinni. Sitten tehdään verhouslevyt ja pituusjäykisteet. Etureunan verhouslevy tehdään ylä- ja alapinnalla ensimmäiseen pituusjäykisteeseen asti kuten siivessäkin. Ylä- ja alapinnan verhouslevyt alkavat tästä ja jatkuvat yhtenäisinä jättöreunaan saakka, jossa ne niitataan yhteen. Jättöreunan niittaus tehdään vasta kaaren niittauksen jälkeen. Jättöreunan väliin tarvitaan myös jäykisterima. Jatkopalan kiinnityspanta on yhtenäinen jättöreunasta jättöreunaan ulottuva koko siiven kiertävä alumiinilevy.

Kun osat on tehty, kiinnitetään verhouslevyihin pituusjäykisteet, jotka tulevat samoille kohdille kuin siivessä olevat. Lisäksi etureunasta nähden etummaisina tulee pääsalon kohdalle. Taaimmaisimman etäisyys toiseksi taaimmaisesta on sama kuin kahden muun vierekkäin olevan jäykisteen etäisyys toisistaan. Ensimmäiset pituusjäykisteet (ylä- ja alapinta) kannattaa niitata vasta viimeisenä paikoilleen verhouslevyjen yhteen niittamisen yhteydessä. Ne niitataan samoilla niiteillä, millä etureunan muotopelti sekä ylä- ja alapuolen verhouspellit niitataan toisiinsa. Pituusjäykisteisiin tulevat kaksi siiven puo-

leista niittiä niitataan vasta kiinnityspannan kiinnityksen yhteydessä. Verhouspellit kannattaa kiinnittää ennen niittausta jigiin, jotta jatkopalasta tulisi suora. Niittaus tapahtuu siten, että etureunan pelti jää päällimmäiseksi. Tämän jälkeen uloin muotokaari kiinnitetään clegoilla muotopelteihin, jotta jatkopala saadaan muotoonsa. Lopuksi kiinnitetään kiinnityspanna siiven puolelle, ja sen jälkeen voidaan niitata uloin muotokaari, sekä jätöreuna kiinni.

Tämän jälkeen jatkopala on viimeistelyä vaille valmis ja se voidaan asentaa paikoilleen A.R.T. INCin (2011, 4–9) ohjeen mukaisesti. Kuvassa 37 näkyy toinen siivenjatkopala asennettuna paikoilleen. Asennuksessa tärkeää on, että jatkopala istuu hyvin paikoilleen ilman välyksiä. Ohjainsiivekkeen reunasta voi joutua leikkaamaan pienen palasen pois, jotta jatkopala mahtuu paikoilleen. Lisäksi siiven kärkien valojen johdotukset pitää muistaa tehdä pitemmiksi. Lopuksi rajoituskilvet sekä muut merkinnät laitetaan ohjaamoon A.R.T. INCin ohjeen (2011, 17, 18) mukaisesti. Alla olevaan taulukkoon 7 on vielä koottu siivenpidennyksien tekoon tarvittavat toimenpiteet.



KUVA 37: Kiinnitetty siiven jatkopala (skywagon 2013)

TAULUKKO 7. Toimenpiteet siivenpidennyksien tekoon

Wing-X stol	Vasen siipi	Oikea siipi
Pääsalon vahvistus	Vahvikerimojen sovitus Lisäniitinreikien teko (joka niitin väliin 1 lisää) Vahvikerimojen niittaus Huoltoluukun viimeistely	Niittien poisto Vahvikerimojen teko Vahvikerimojen sovitus Lisäniitinreikien teko (joka niitin väliin 1 lisää) Vahvikerimojen niittaus Huoltoluukun viimeistely
Jatkopala	Tarvittavat osat: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muotokaari</li> <li>• 12 pituusjäykistettä</li> <li>• Muotopellit: etureuna, ylä- ja alapelti</li> <li>• Kiinnityspanta</li> <li>• Jättöreunan jäykistin</li> </ul> Kokoaminen ja asennus	Tarvittavat osat: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muotokaari</li> <li>• 12 pituusjäykistettä</li> <li>• Muotopellit: etureuna, ylä- ja alapelti</li> <li>• Kiinnityspanta</li> <li>• Jättöreunan jäykistin</li> </ul> Kokoaminen ja asennus
<p>Kulmajäykisteet (angle stiffener) löytyvät pääsaloissa, joten ruostumattomasta teräksestä tehtyjä vahvikkeita (stainless steel strap) <b>ei saa asentaa siipiin</b>. Lisäksi apusalkoja ei tarvitse vahvistaa, sillä ne ovat tehty molempiin siipiin paksummasta alumiinista kuin alkuperäiset.</p>		

## 7 POHDINTA

Projektikoneen siivet olivat pahoin vaurioituneet ja niiden kunnostus tulee olemaan vielä suuri urakka. Niiden kunnostus ei olisi ollut kannattavaa, mikäli kunnostukselle olisi asetettu tiukka aikataulu tai sillä olisi ollut kaupallisia intressejä. Opinnäytetyöhön ja opiskelijaprojektiksi niiden kunnostus soveltui kuitenkin mainiosti. Opinnäytetyössä saavutettiin sille asetetut tavoitteet: siipien kunnostusprosessi ja pidennysmodifikaation toteutus saatiin suunniteltua; siiven kunnostusta jatkettiin; sekä luotiin hyvät lähtökohdat siipien kunnostuksen jatkamiselle opinnäytetyön jälkeen. Työ paisui kuitenkin keskiverto opinnäytetyötä laajemmaksi työn rajaamisesta huolimatta. Tästä johtuen siipien järjestelmien asennuksiin, niiden kiinnittämiseen runkoon, sekä muihin viimeistelytoimenpiteisiin ei ehditty paneutua työssä kerrottua syvällisemmin. Oleellisempaa kunnostuksen jatkon kannalta oli kuitenkin keskittyä enemmän vaurioiden kunnostukseen. Kunnostuksen viimeistelytoimiin paneutuminen on aiheellisempaa kunnostuksen edessä pitemmälle.

Siipien vauriotarkastuksen jälkeen oli hyvä kuva niiden kunnosta, ja sen pohjalta lähdettiin tekemään kunnostussuunnitelmaa, sekä aloitettiin varsinainen kunnostus. Siivenpidennykset todettiin mahdollisiksi toteuttaa Air Receach Technology INCin Wing-X stol siivenpidennysmodifikaation pohjalta. Ne päätettiin tehdä itse valmiin paketin tilauksen sijaan, sillä paketin hankintakustannukset olivat melko korkeat. Sen jälkeen pidennyksen teko suunniteltiin A.R.T. INCin Wing-X stol asennusohjeen (2011) pohjalta ja niiden toteutus sulautettiin osaksi muuta kunnostusta. Käytännön osuuden jälkeen tähän raporttiin dokumentoitiin työaikana tehdyt korjaukset siiville, sekä kerrottiin siitä mitä kunnostettavia rakenteita siivissä vielä on ja mitä toimenpiteitä niille pitää vielä tehdä.

Dokumentoinnin tärkeys tuli esille työn aikana. Olisi kaivattu enemmän tietoa siiville aikaisemmin tehdystä kunnostuksesta, siitä mitä niille oli tehty, mihin pisteeseen kunnostus oli jäänyt ja mitä oli suunniteltu kunnostuksen jatkosta. Tällä opinnäytetyöraportilla pyritäänkin korjaamaan tilannetta ja voidaankin katsoa raportin täyttävän tämän tehtävän. Raportti antaa tuleville kunnostajille hyvät lähtökohdat siipien kunnostuksen jatkamiseen, sekä hyvän kokonaiskuvan projektista. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyötä voidaan pitää hyvin onnistuneena työn laajuuteen ja käytettävissä olleisiin resursseihin nähden.

## LÄHTEET

Air Research Technology INC. 2010. Kuvio, C.G. Graph C-172 L, M, N. [gif]. Tallennettu 22.11.2014. <http://www.wingxstol.com/contenue/graphs/4.gif>

Air Research Technology INC. 2010. wing-x stol: Products. Luettu 15.10.2014. <http://www.wingxstol.com/html/products.html>

Air Research Technology INC. 2011. WingExtension and Spar Reinforcement Installation Guide #172. [PDF]. Tallennettu 17.10.2014. [http://www.wingxstol.com/contenue/pdf/Install\\_Guide\\_172.pdf](http://www.wingxstol.com/contenue/pdf/Install_Guide_172.pdf)

Atlanta Flight Inc. 2014. Cessna 172 models. Luettu 23.11.2014. <http://www.172guide.com/models.htm>

Aviation Explorer. Cessna 172 aircraft history, facts and photos. Luettu 22.11.2014. [http://www.aviationexplorer.com/Cessna\\_172\\_Aircraft\\_Facts\\_Photos.html](http://www.aviationexplorer.com/Cessna_172_Aircraft_Facts_Photos.html)

Backcountry Pilot. 2013. WingX for my 182. Foorumikeskustelu. Viitattu 26.2.2015. <https://www.backcountrypilot.org/forum/wingx-for-my-182-11738>

Bengtström, T. 2008. Ultrakevytlennon ja moottoripurjelennon oppikirja. 2. painos. Helsinki: Suomen ilmailuliitto RY.

Bonacci, N. 1987. Aircraft sheet metal. Frankfurt: Jeppesen Sanderson, Inc.

Cessna Aircraft Company. 1975. Cessna 172 part catalog model years 1975-1976. Kansas: Cessna Aircraft Company.

Cessna Aircraft Company. 1976. Cessna 172M Skyhawk Pilot's Operating Handbook.

Cessna Aircraft Company. 1992. C-172 service & repair D2065-2-13. 2. painos. Kansas: Cessna Aircraft Company.

Cessna Aircraft Company. 2005. Single engine structural repair manual. 4. painos. Kansas: Cessna Aircraft Company.

Cessna Aircraft Company. 2014. Single engine aircraft, Skyhawk. Luettu 18.11.2014. <http://cessna.txtav.com/en/single-engine/skyhawk>

Cessna Aircraft Company. 2015. Service bulletins: SEB87-4, SEB84-22, SEB95-3. Luettu 26.1.2015. <https://support.cessna.com/custsupt/contacts/pubs/sbProplistingrpt.jsp?serial=185-1458>

Experimental Aircraft Association. 2008. Videot, Sheet metal rib from scratch-Parto – Part 1 of 6. Osat 1-6. Viitattu 2.2.2015. <http://www.eaavideo.org/video.aspx?v=1772030477>

Farnsworth, T. 2014. wing-x stol. Sähköpostiviesti. [tfarnsworth@springaviation.com](mailto:tfarnsworth@springaviation.com). Luettu 12.11.2014.

Federal Aviation Administration. 1998. FAA AC 43.13-1B Acceptable methods, techniques, and practices-aircraft inspection and repair. Standardisointiosasto: AFS-640. Washington: U.S. Department of Transportation

Flightglobal. 2006. Cessna 172 Skyhawk leikkauskuva. [jpg]. Tallennettu 13.12.2014. <http://www.eliteday.com/blueprint/0repulogep/3vh/usa3/cessna/cessna-172rontgenrajz.jpg>

Hämäläinen, M. 2014. Cessna 172 experimental -lentokoneen lentokäsikirjan laadinta. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Korpela, N. 2013. Kuva, Reims-Cessna F172F Skyhawk. [jpg]. Tallennettu 22.11.2014. <http://www.jetphotos.net/viewphoto.php?id=7656262&nseq=0>

Lahti, M. 2014. WING-X STOL Cessna 172. Sähköposti. mikro.lahti@joenservice.com. Luettu 23.11.2014.

Mattila, J. Lehtori. 2014. Kunnostusprojektin historia. Keskustelu käyty 18.11.2014.

MT-Propeller. 2005. MTV-18 Variable Pitch Propeller. [PDF]. Tallennettu 24.11.2014. <http://www.mt-propeller.com/pdf/datsheet/mtv-18.pdf>

Savonlinnan lentokerho. 2015. Kuva, Cessna 172N profiili. [jpg]. Tallennettu 24.1.2015. [http://www.savonlinnanlentokerho.fi/CMS/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=17&Itemid=27](http://www.savonlinnanlentokerho.fi/CMS/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=17&Itemid=27)

Skylane Sam. 2013. Kuva, Fri Jan 18, 2013 11:20 pm. WingX for my 182. Foorumikeskustelu: [jpg]. Tallennettu 26.2.2015. <https://www.backcountrypilot.org/forum/wingx-for-my-182-11738>

skywagon. 2013. Kuva, Another view, Sat Jan 19, 2013 4:14 pm. Foorumikeskustelu: WingX for my 182. [jpg]. Tallennettu 26.2.2015. <https://www.backcountrypilot.org/forum/wingx-for-my-182-11738>

skywagon. 2013. Kuva, Completed, Sat Jan 19, 2013 4:14 pm. Foorumikeskustelu: WingX for my 182. [jpg]. Tallennettu 26.2.2015. <https://www.backcountrypilot.org/forum/wingx-for-my-182-11738>

skywagon. 2013. Kuva, New Stiffeners shown in place, Sat Jan 19, 2013 4:14 pm. Foorumikeskustelu: WingX for my 182. [jpg]. Tallennettu 26.2.2015. <https://www.backcountrypilot.org/forum/wingx-for-my-182-11738>

Trafi. 1996. AIR M5-1. Ilmailumääräys. Luettu 22.11.2014. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/2ad355806feceb5f02cf7a0369374a12/573-aim5\\_01.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/2ad355806feceb5f02cf7a0369374a12/573-aim5_01.pdf)

Trafi. 1996. AIR M5-3. Ilmailumääräys. Luettu 22.11.2014. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/19e4f4c4a8c20a965ec9975cd94bffd5/575-aim5\\_03.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/19e4f4c4a8c20a965ec9975cd94bffd5/575-aim5_03.pdf)

Trafi. 2015. Cessna 172A...Q, lentokelpoisuusmääräykset: M1208/83, M1532/88, M392/68, M393/68. Luettu 26.1.2015.

<http://www.trafi.fi/ilmailu/lentokelpoisuus/lentokelpoisuusmaaraykset/lentokoneet#Cessna>

## LIITTEET

### Liite 1. Projektikoneen ja alkuperäisen mallin tekniset tiedot

1 (3)

Taulukoissa 1, 2 ja 3 on vertailtu miten modifikaatiot vaikuttavat Cessna 172M Skyhawk II -lentokoneen suoritusarvoihin ja teknisiin tietoihin. Projektikoneen kunnostus on vielä kesken, joten kaikkia tietoja ei ollut mahdollista saada. Taulukkoihin on kuitenkin laitettu arviot siitä miten arvot tulevat muuttumaan modifikaatioiden myötä. Tarkat painot saadaan vasta kun kunnostus on tehty täysin valmiiksi ja lentokone on punnittu. Tarkat nopeudet määritetään koelentojen aikana. Tuntemattomia tietoja on merkattu kirjaimella x. Kellukkeiden aiheuttamia muutoksi ei ole otettu huomioon, vaan tekniset tiedot ovat maalentokoneelle.

TAULUKKO 1. Voimanlähteen ja potkurin tiedot (Cessna 172M Skyhawk Pilot's Operating Handbook 1976, 3, 6, 7, 11; MT-Propeller 2005, 48; Hämäläinen 2014, Liite 1. 3–5, 8.)

<b>Voimanlähde</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
Malli	Lycoming O-320-E2D	Eggenfellner E6, 3,6 l
Teho	150 hv (2700 rpm)	250 hv
Polttoaineen syöttö	Kaasutin	Suoraruiskutus
Polttoainekapasiteetti	159/197 l	197 l
Polttoainelaatu	100LL	Bensiini 95-oktaaninen tai suurempi, 100LL
<b>Potkuri</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
Malli	1C160/DTM7553	MTV-18
Tyyppi	Kiintopotkuri	Sähköisesti säätävä vakio-kierrospotkuri
Lapojen lukumäärä	2	3
Potkurin halkaisija	191 cm	203 cm
Lapojen materiaali	Alumiini	Komposiitti

TAULUKKO 2. Nopeudet ja operointialue (Cessna 172M Skyhawk Pilot's Operating Handbook 1976, 3, 6, 7, 11; Hämäläinen 2014, Liite 1. 3–5, 8.)

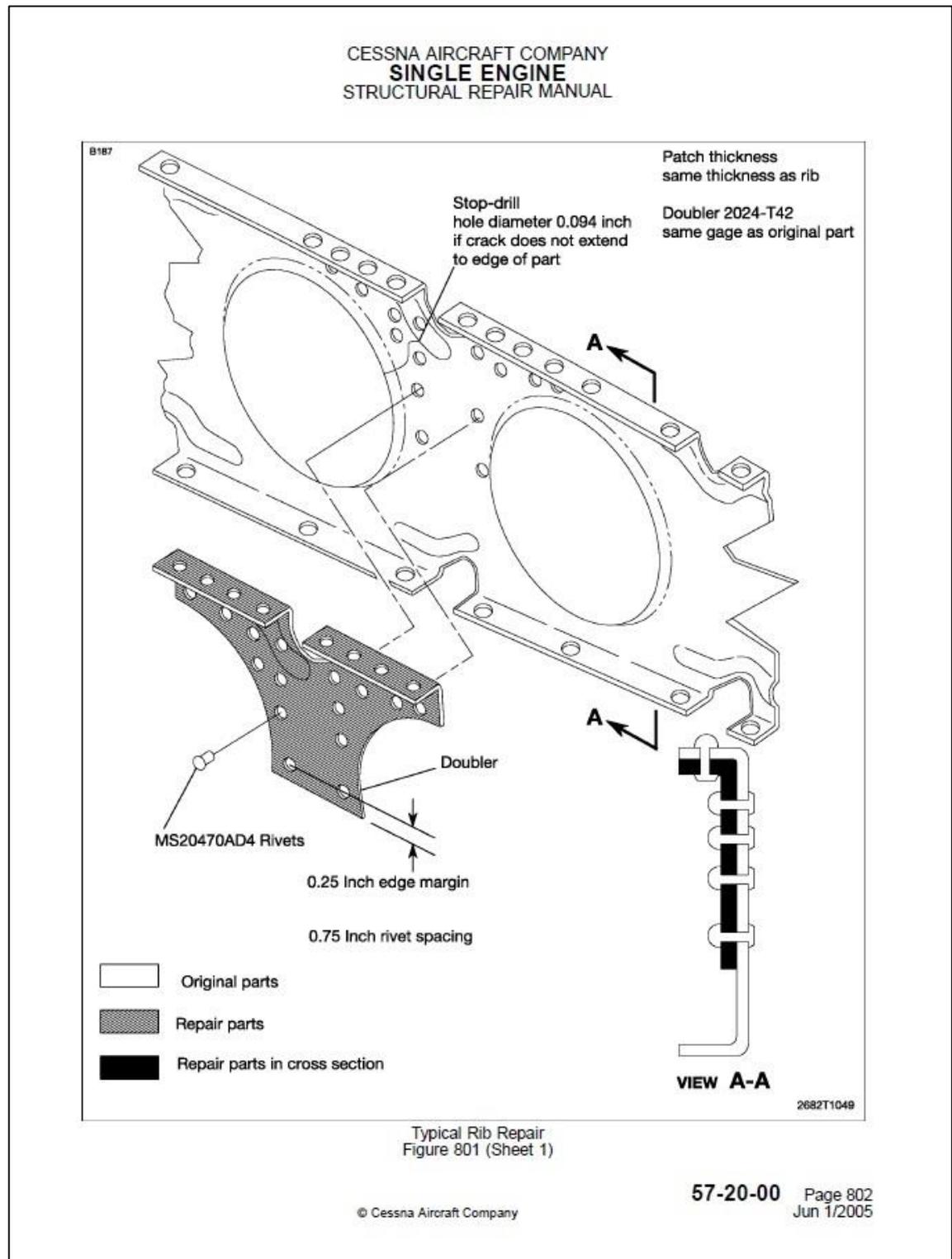
<b>Nopeudet</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
Suurin sallittu lentonopeus, $V_{NE}$	160 KIAS	160 KIAS
Suurin rakenteellinen matkalentonopeus, $V_{NO}$	128 KIAS	128 KIAS
Suurin nopeus merenpinnan tasolla	125 kn	125 kn + x kn
Matkalentonopeus, 75 % teho, 8000 ft	120 kn	120 kn + 1–2 %
Paras nousunopeus	3,28 m/s	3,28 m/s + 12 %
Sakkausnopeus, laipat ylhäällä, ei tehoja	50 kn	50 kn - x kn
Sakkausnopeus, laipat alhaalla, ei tehoja	44 kn	44 kn - x kn
<b>Operointialue</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
75 % teho, 8000 ft, 144 l käytettävissä oleva polttoaine (standard)	450 nm /3,9 hrs	-
75 % teho, 8000 feet, 181 l käytettävissä oleva polttoaine (long range)	595 nm/5,1 hrs	595nm + x nm/5,1 + x hrs
Lakikorkeus	13 100 ft	13 100 ft + 1000 ft
Lentoonlähtömatka (rullaus matka/kokonaismatka 50 ft esteen yli)	264 m/465 m	264 m/465 m - x m
Laskeutumismatka (rullaus matka/kokonaismatka 50 ft esteen yli)	159 m/381 m	159 m/381 m - x m

TAULUKKO 3. Mitat ja massat (Cessna 172M Skyhawk Pilot's Operating Handbook 1976, 3, 6, 7, 11; Hämäläinen 2014, Liite 1. 3–5, 8.)

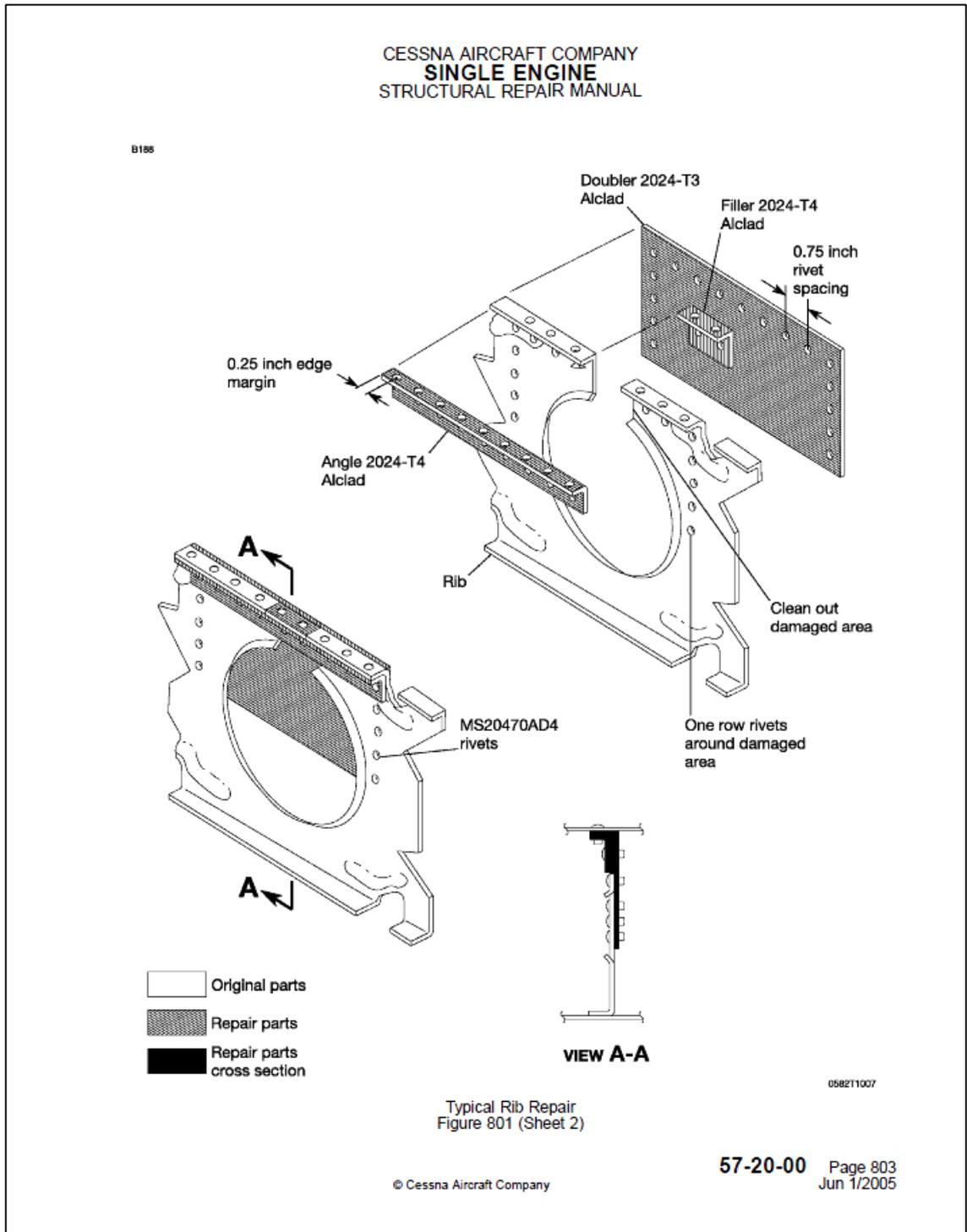
<b>Mitat</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
Pituus	8,22 m	8,22 m ( $\pm x$ m)
Korkeus	2,68 m	2,68 m
Kärkiväli	10,97 m	10,97 m + 0,91 m
Siiven pinta-ala	16,17 m <sup>2</sup>	16,17 m <sup>2</sup> + 1,15 m <sup>2</sup> (+7 %)
<b>Massat</b>	<b>Alkuperäinen</b>	<b>Modifioitu</b>
Tyhjämassa	640 kg	640 kg + x kg
Suurin sallittu hyötykuorma	403 kg	$\pm 403$ kg $\pm 181,7$ kg
Suurin sallittu lentoonlähtömassa	1043 kg	1224,7 kg

## Liite 2. Rakenteiden korjausohjeita

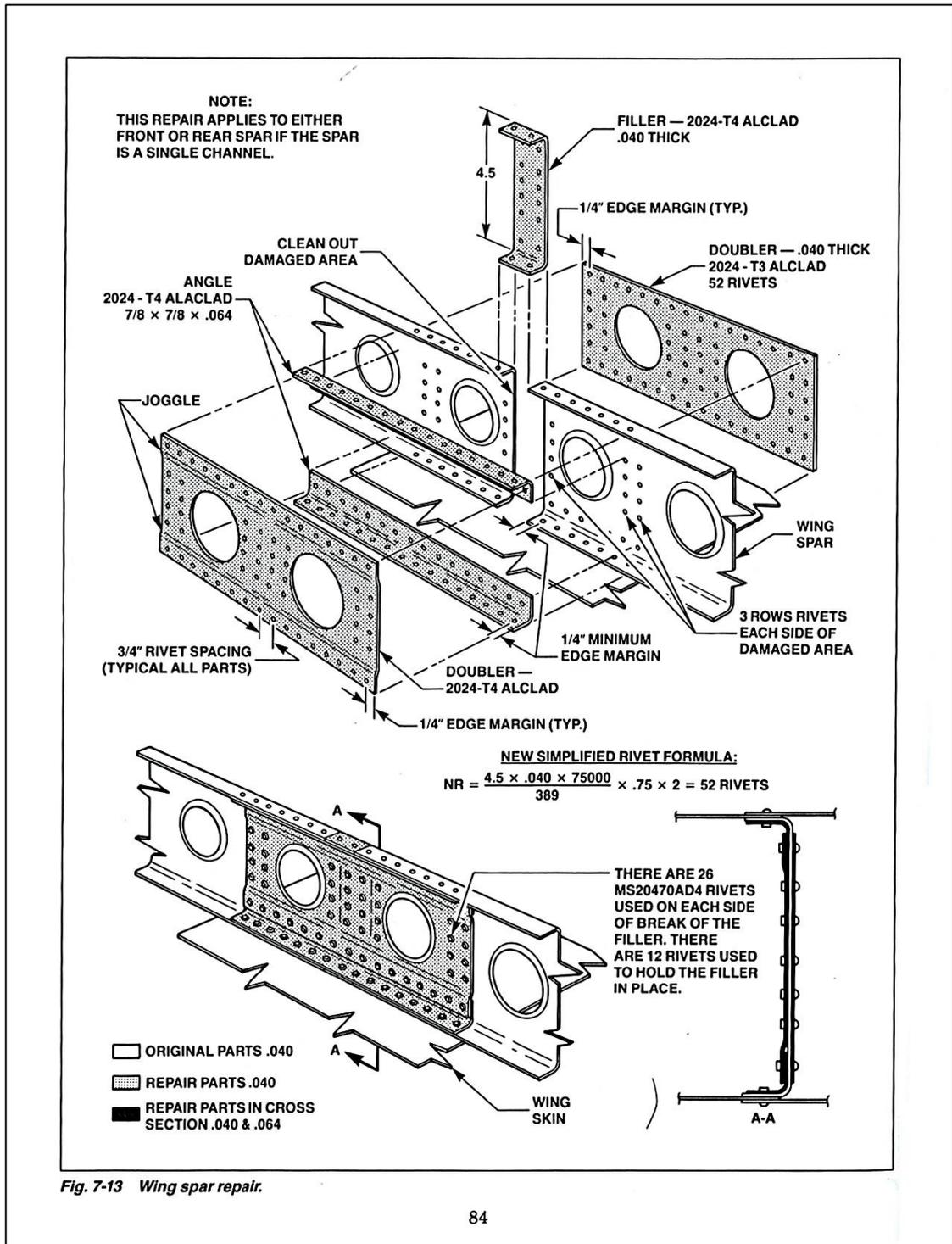
1 (4)



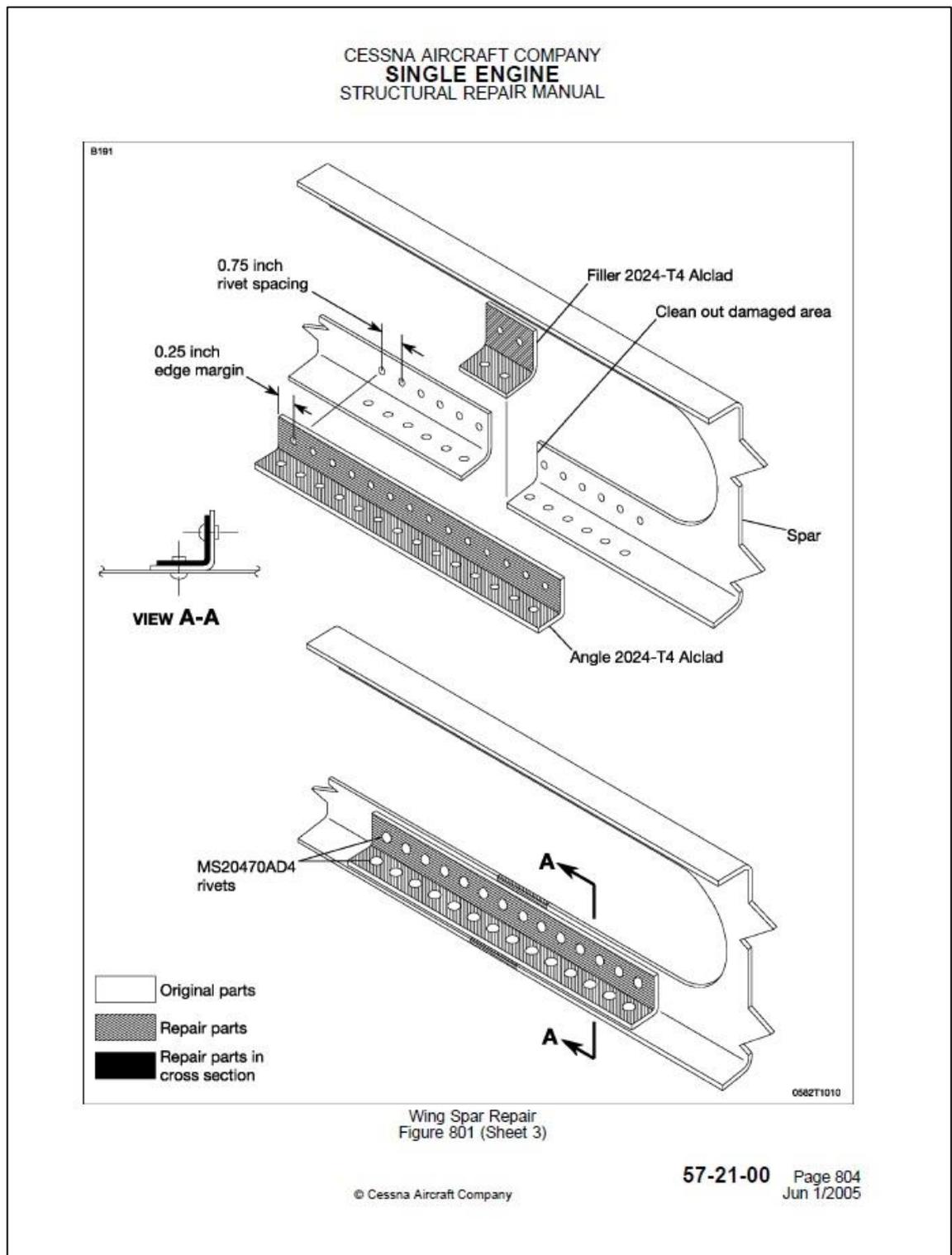
KUVA 1. Tyypillinen muotokaaren korjaus (Cessna Aircraft Company 2005, luku 57-20-00, s. 802)



KUVA 2. Tyypillinen muotokaaren korjaus (Cessna Aircraft Company 2005, luku 57-20-00, s. 803)



KUVA 3. Pääsalon korjaus (Bonacci 1987, 84)



KUVA 4. Pääsalon kärjen korjaus (Cessna Aircraft Company 2005, luku 57-21-00, s. 804)

## Liite 3. Niittien leikkauslujuudet ja niittejä tuumaa kohden taulukot

1 (2)

## TAULUKKO 1. Montako niittiä tuumaa kohden (Bonacci 1987, 111)

**A-V Rivets Per Inch Chart**

NUMBER OF RIVETS REQUIRED FOR SPLICES (SINGLE-LAP JOINT) IN BARE 2014-T6, 2024-T3, 2024-T36  
AND 7075-T6 SHEET, CLAD 2014-T6, 2024-T3, 2024-T36 AND 7075-T6 SHEET,  
2024-T4 AND 7075-T6 PLATE, BAR, ROD, TUBE, AND EXTRUSIONS, 2014-T6 EXTRUSIONS.

THICKNESS "T" IN INCHES	NO. OF 2117-AD PROTRUDING HEAD RIVETS REQUIRED PER INCH OF WIDTH "W"					NO. OF BOLTS AN-3
	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	
0.016	6.5	4.9	—	—	—	—
.020	6.9	4.9	3.9	—	—	—
.025	8.6	4.9	3.9	—	—	—
.032	11.1	6.2	3.9	3.3	—	—
.036	12.5	7.0	4.5	3.3	2.4	—
.040	13.8	7.7	5.0	3.5	2.4	3.3
.051	—	9.8	6.4	4.5	2.5	3.3
.064	—	12.3	8.1	5.6	3.1	3.3
.081	—	—	10.2	7.1	3.9	3.3
.091	—	—	11.4	7.9	4.4	3.3
.102	—	—	12.8	8.9	4.9	3.4
.128	—	—	—	11.2	6.2	3.2

**NOTES:**

- A. FOR STRINGERS IN THE UPPER SURFACE OF A WING, OR IN A FUSELAGE, 80 PERCENT OF THE NUMBER OF RIVETS SHOWN IN THE TABLE MAY BE USED.
- B. FOR INTERMEDIATE FRAMES, 60 PERCENT OF THE NUMBER SHOWN MAY BE USED.
- C. FOR SINGLE LAP SHEET JOINTS, 75 PERCENT OF THE NUMBER SHOWN MAY BE USED.

**ENGINEERING NOTES: THE ABOVE TABLE WAS COMPUTED AS FOLLOWS:**

1. THE LOAD PER INCH OF WIDTH OF MATERIAL WAS CALCULATED BY ASSUMING A STRIP ONE INCH WIDE IN TENSION.
2. NUMBER OF RIVETS REQUIRED WAS CALCULATED FOR 2117-AD RIVETS, BASED ON A RIVET ALLOWABLE SHEAR STRESS EQUAL TO 40 PERCENT OF THE SHEET ALLOWABLE TENSILE STRESS, AND A SHEET ALLOWABLE BEARING STRESS EQUAL TO 160 PERCENT OF THE SHEET ALLOWABLE TENSILE STRESS, USING NOMINAL HOLE DIAMETERS FOR RIVETS.
3. COMBINATIONS OF SHEET THICKNESS AND RIVET SIZE ABOVE THE HEAVY LINE ARE CRITICAL IN (I.E., WILL FAIL BY) BEARING ON THE SHEET; THOSE BELOW ARE CRITICAL IN SHEARING OF THE RIVETS.
4. THE NUMBER OF AN-3 BOLTS REQUIRED BELOW THE HEAVY LINE WAS CALCULATED BASED ON A SHEET ALLOWABLE TENSILE STRESS OF 70,000 PSI AND A BOLT ALLOWABLE SINGLE SHEAR LOAD OF 2,126 POUNDS.

NOTE: Chart from AC 43.13-1A & 2A - Figure 2.28

## TAULUKKO 2. Niitin leikkauslujuus (Bonacci 1987, 107)

## Appendix A

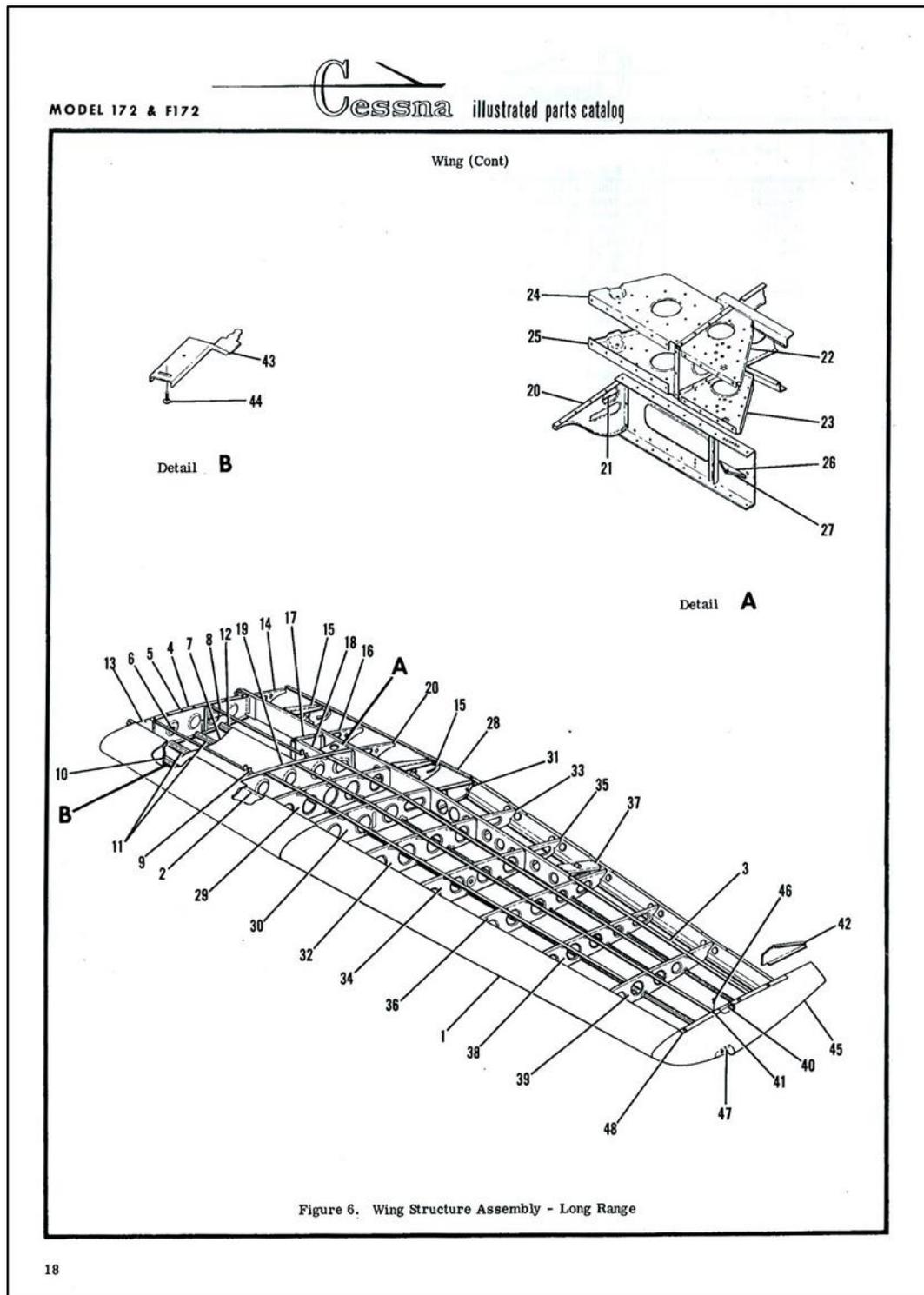
### A-I Single Shear Strength Of Aluminum Alloy Rivet

ALLOYS	DRIVEN SHEAR STRENGTH IN ksi* F <sub>s</sub>	RIVET DIAMETER						
		3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
2117-T3	30	217	389	596	860	1560	2460	3510
2017-T3	38	275	492	755	1089	1971	3114	4446
2017-T31	34	246	441	675	974	1764	2786	3978
2024-T31	41	297	531	814	1175	2127	3360	4797
5056-H32	28	203	362	556	802	1452	2294	3276
7050-T73	43	311	557	854	1232	2230	3523	5031

\*PSI values would read 30,000; 38,000; 34,000; 41,000; 28,000; and 43,000 respectively.

## Liite 4. Siiven rakenne ja osaluettelo

1 (3)



Kuva 1. Siiven rakenne (Cessna Aircraft Company 1975, 18)

TAULUKKO 1. Siiven rakenteiden osaluettelo (Cessna Aircraft Company 1975, 19)

		Cessna illustrated parts catalog		MODEL 172 & F172	
FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNITS PER ASSY	USABLE ON CODE	
		<b>1 2 3 4 5 6 7</b>			
6 -	0523011-13	STRUCTURE ASSEMBLY-LEFT WING LONG RANGE	1	A	
	0523011-35	STRUCTURE ASSEMBLY-LEFT WING LONG RANGE	1	B	
	0523011-14	STRUCTURE ASSEMBLY-LEFT WING LONG RANGE	1	A	
	0523011-36	STRUCTURE ASSEMBLY-RIGHT WING LONG RANGE	1	B	
- 1	SEE FIG 7	LEADING EDGE ASSY-WING	1		
- 2	SEE FIG 8	SPAR ASSY-WING	1		
- 3	SEE FIG 9	SKINS & STRINGER-WING	1		
- 4	0523010-1	RIB ASSY-LH STA 23.625	1		
	0523010-2	RIB ASSY-RH STA 23.625	1		
- 5	NA5680A08	NUTPLATE UPPER	7		
	SI863-3	NUTPLATE LOWER	4		
- 6	M335489-9	GROMMET	1		
- 7	0523023-1	REINFORCEMENT	1		
- 8	0523522-8	STRAAP ASSY-FUEL TANK INBD	2		
	0523522-10	PAD-NEOPRENE	1		
- 9	0523522-1	STRAAP ASSY-FUEL TANK OUTBD	2		
	0523522-7	PAD-NEOPRENE	1		
-10	0523519-21	STIFFENER ASSY-LH	1	A	
	0523519-22	STIFFENER ASSY-RH	1	A	
-11	0523519-19	STIFFENER	2	A	
	0523519-22	STIFFENER	3	B	
	S2127-1	SEAL 46.94 IN LG BKI REF S2127-1-46.94	3		
-12	0523519-20	STIFFENER	1		
	S2127-1	SEAL 31.25 IN LG BKI REF S2127-1-31.25	1		
-13	0523025-1	GUSSET	1		
-14	0523232-6	RIB ASSY-TRAILING EDGE STA 23.625	1		
	NA5395-14-3	NUT	3		
-15	0523231-13	RIB ASSY-FLAP TRACK STA 39.00 & STA 85.875	2		
-16	0523233-11	RIB-TRAILING EDGE STA 57.125	1		
-17	0721111-29	RIB ASSY-LH STA 57.125	1		
	0721111-30	RIB ASSY-RH STA 57.125	1		
	NA5680A08	NUTPLATE	2		
-18	0523960-1	STIFFENER	1		
	0523505-5	BULKHEAD ASSY	1		
	0523505-6	BULKHEAD ASSY	1		
	0721100-5	STIFFENER	2		
	NA5680A08	NUTPLATE	4		
-19	0523508-29	RIB ASSY-LH STA 71.375	1		
	0523508-28	RIB ASSY-RH STA 71.375	1		
-20	0523233-22	RIB ASSY-TRAILING EDGE STA 71.375	1		
-21	0523233-3	RUB STRIP	1		
-22	0523539-7	BRACKET-LH WING	1		
	0523539-8	BRACKET-RH WING	1		
-23	0523539-9	BRACKET-LH WING	1		
	0523539-10	BRACKET-RH WING	1		
-24	0522630-3	BRACKET-LH WING ONLY	1		
-25	0522630-4	BRACKET-RH WING ONLY	1		
-26	0923407	BRACKET-PULLEY	1		
-27	0523407-1	BRACKET-PULLEY	1		
-28	0720005-3	STIFFENER	1		
-29	0523509-18	RIB-STA 85.625	1		
-30	0523510-19	RIB ASSY-LH STA 100.50	1		
	0523510-20	RIB ASSY-RH STA 100.50	1		
-31	0523230	RIB ASSY-TRAILING EDGE LH STA 100.50	1		
	0523230-1	RIB ASSY-TRAILING EDGE RH STA 100.50	1		
	0523230-4	ANGLE-LH	1		
	0523230-5	ANGLE-RH	1		
-32	0523511-14	RIB-STA 118	1		
-33	0523511-15	RIB-TRAILING EDGE STA 118	1		
-34	0523512-19	RIB-STA 136	1		
-35	0523512-22	RIB-TRAILING EDGE STA 136	1		
-36	0523513-13	RIB-LH STA 154	1		
	0523513-14	RIB-RH STA 154	1		
-37	0523219-2	CHANNEL-AILERON BELLCRANK UPPER LH	1		
	0523219-3	CHANNEL-AILERON BELLCRANK UPPER RH	1		
	0523219-4	CHANNEL-AILERON BELLCRANK LMR LH	1		
	0523219-5	CHANNEL-AILERON BELLCRANK LMR RH	1		
	CM2692-28-15	PLUG BUTTON	1		
-38	0523514-7	RIB-STA 172	1		
-39	0523515-7	RIB-STA 190	1		

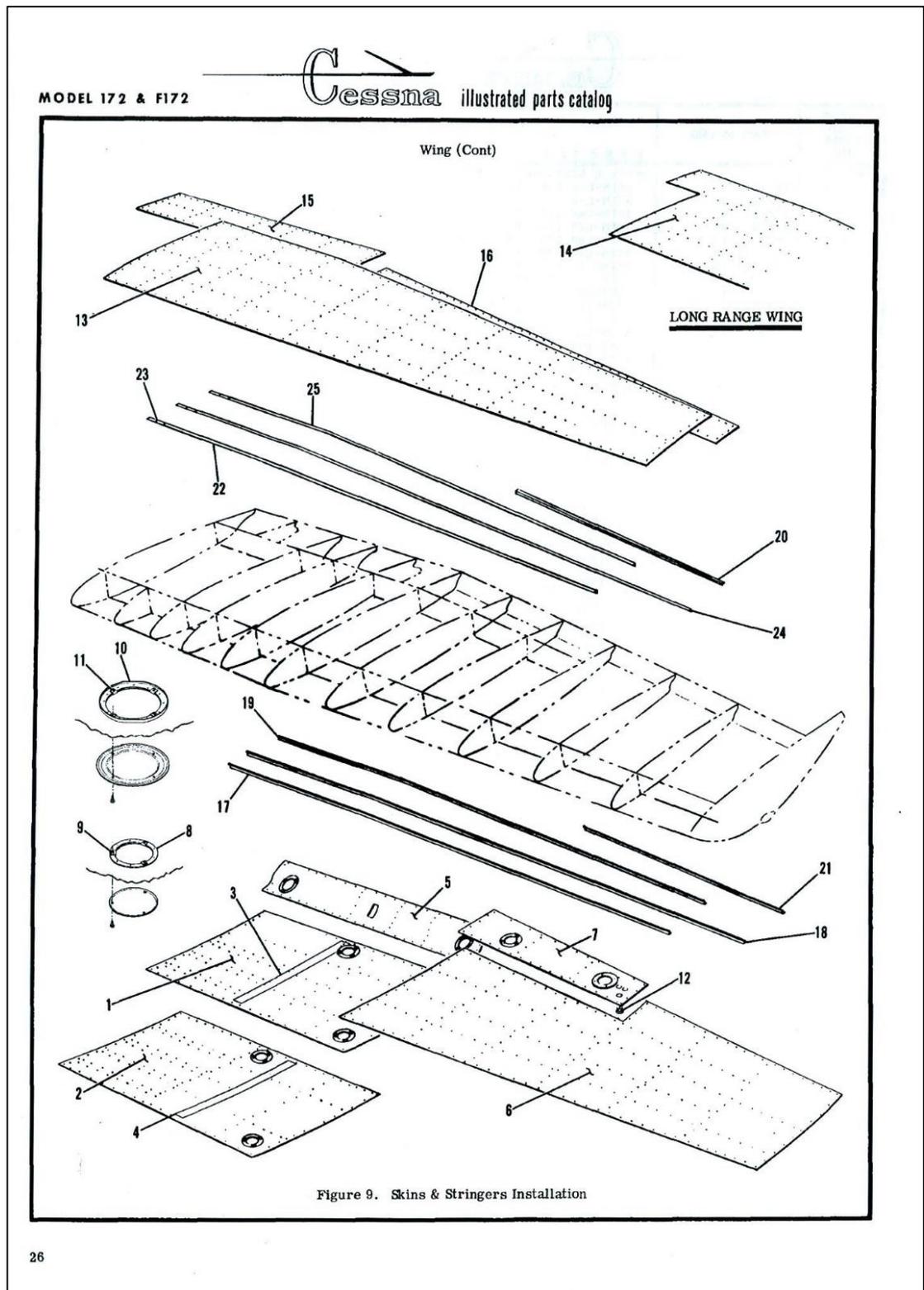
CONTINUED ON NEXT PAGE

TAULUKKO 2. Siiven rakenteiden osaluettelo (Cessna Aircraft Company 1975, 20)

MODEL 172 & F172		Cessna illustrated parts catalog		
FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNITS PER ASSY	USABLE ON CODE
		<b>1 2 3 4 5 6 7</b>		
6 -40	0722200-1	RIB ASSY-LH STA208	1	
	0722200-2	RIB ASSY-RH STA208	1	
-41	NA5600A08	NUTPLATE	10	
-42	0721107-1	FAIRING-LH STA 208	1	
	0721107-2	FAIRING-RH STA 208	1	
-43	0426209-3	DOOR CATCH	1	A
		ATTACHING PARTS		
-44	AN515-6R6	SCREW	1	A
-45	0723200-5	WING TIP ASSY-LH	1	
	0723200-6	WING TIP ASSY-RH	1	
		ATTACHING PARTS		
-46	AN515-8R8	SCREW	12	
-47	NA51329A06K120	NUTPLATE	5	
-48	0723200-9	STIFFENER-UPPER LH	1	
	0723200-10	STIFFENER-UPPER RH	1	
	0723200-11	STIFFENER-LWR LH	1	
	0723200-12	STIFFENER-LWR RH	1	
<p>A---172 SERIAL 17263459 THRU 17265684                      F172 SERIAL F17201235 THRU F17201384                      B---172 SERIAL 17265685 &amp; ON                      F172 SERIAL F17201385 &amp; ON</p>				

## Liite 5. Siiven kuorirakenteet ja osaluettelo

1 (2)



KUVA 1. Siiven kuorirakenne (Cessna Aircraft Company 1975, 26)

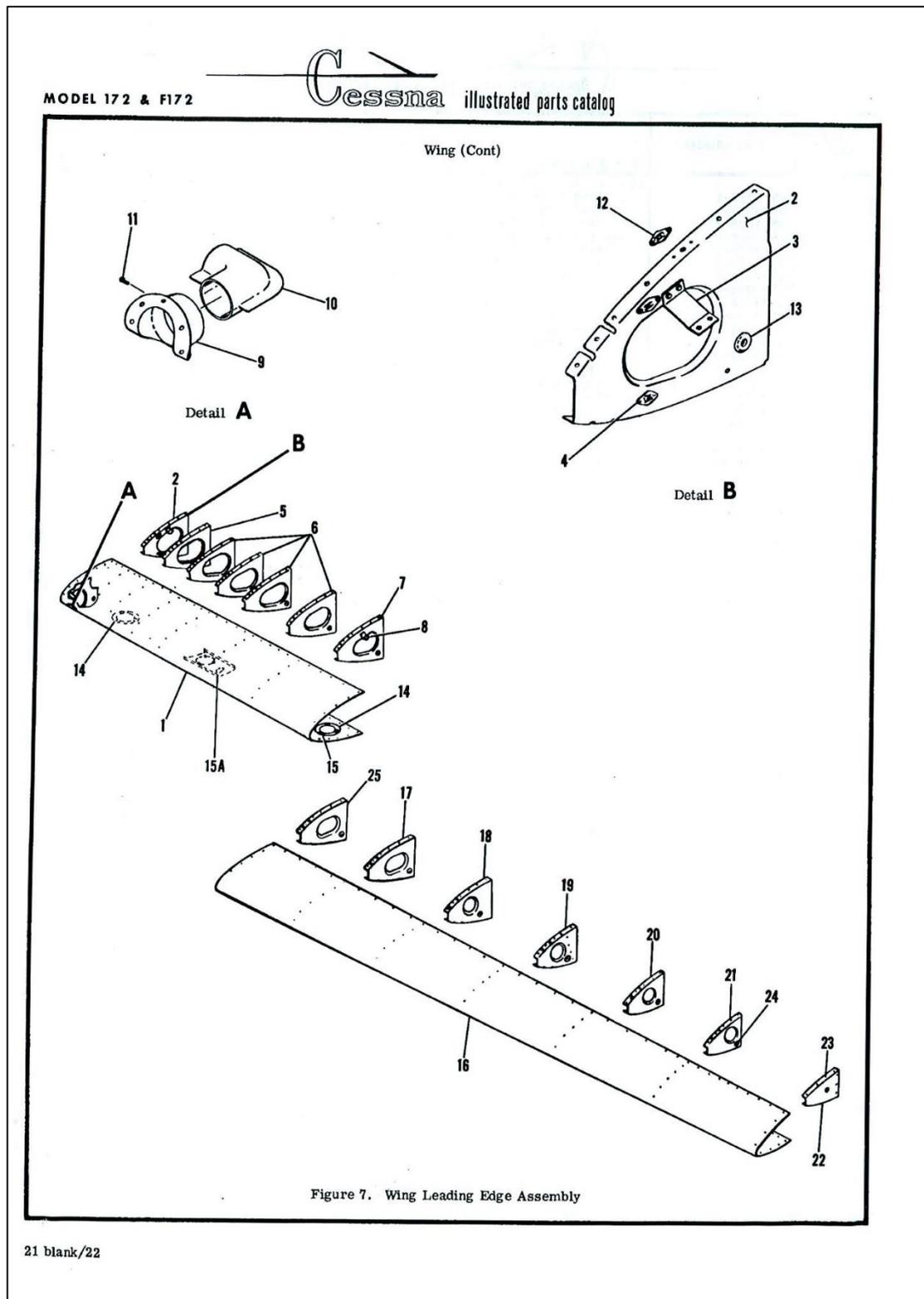
TAULUKKO 1. Siiven kuoren rakenteiden osaluettelo (Cessna Aircraft Company 1975, 27)

		Cessna illustrated parts catalog						MODEL 172 & F172	
FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION						UNITS PER ASSY	USABLE ON CODE
		1	2	3	4	5	6		
9 -		SKINS & STRINGERS INSTALLATION						NP	
- 1	0523011-5	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 LH	STD					1	A
	0523011-33	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 LH	STD					1	B
	0523011-6	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 RH	STD					1	A
	0523011-34	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 RH	STD					1	B
- 2	0523011-17	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 LH	LONG RANGE					1	A
	0523011-39	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 LH	LONG RANGE					1	B
	0523011-18	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 RH	LONG RANGE					1	A
	0523011-40	SKIN-LWR CTR STA 23.625 TO 100 RH	LONG RANGE					1	B
- 3	0523039-1	DOUBLER-LWR FUEL BAY	STD					1	
- 4	0523039-2	DOUBLER-LWR FUEL BAY	LONG RANGE					1	
- 5	0523011-9	SKIN-LWR TRAILING EDGE STA 22.875 TO 100.44 LH						1	
	0523011-8	SKIN-LWR TRAILING EDGE STA 22.875 TO 100.44 RH						1	
- 6	0523011-11	SKIN-LWR CTR STA 99.25 TO 208 LH						1	
	0523011-10	SKIN-LWR CTR STA 99.25 TO 208 RH						1	
- 7	0523003-62	SKIN-LWR TRAILING EDGE STA 100 TO 154						1	
- 8	S237-2	DOUBLER ASSY	4.00 IN OPENING					AR	
- 9	NAS395-14-3	NUT						3	
-10	S330-2	DOUBLER ASSY	5.82 IN OPENING					AR	
-11	NAS395-14-3	NUT						4	
-12	CM2692-28-15	PLUG BUTTON						1	
-13	0523011-3	SKIN-UPR CTR STA 57.125 TO 208 LH	STD					1	
	0523011-4	SKIN-UPR CTR STA 57.125 TO 208 RH	STD					1	
-14	0523011-19	SKIN-UPR CTR STA 57.00 TO 208 LH	LONG RANGE					1	
	0523011-20	SKIN-UPR CTR STA 57.00 TO 208 RH	LONG RANGE					1	
-15	0523011-7	SKIN-UPR TRAILING EDGE STA 22.875 TO 101.25						1	
-16	0523011-12	SKIN-UPR TRAILING EDGE STA 100.50 TO 208						1	
-17	0523038-7	STRINGER-LWR FWD LH	STD					1	
	0523038-8	STRINGER-LWR FWD RH	STD					1	
	0523038-19	STRINGER-LWR FWD LH	LONG RANGE					1	
	0523038-20	STRINGER-LWR FWD RH	LONG RANGE					1	
-18	0523038-9	STRINGER-LWR CTR LH	STD					1	
	0523038-10	STRINGER-LWR CTR RH	STD					1	
	0523038-21	STRINGER-LWR CTR LH	LONG RANGE					1	
	0523038-22	STRINGER-LWR CTR RH	LONG RANGE					1	
-19	0523038-11	STRINGER-LWR AFT LH	STD					1	
	0523038-12	STRINGER-LWR AFT RH	STD					1	
	0523038-23	STRINGER-LWR AFT LH	LONG RANGE					1	
	0523038-24	STRINGER-LWR AFT RH	LONG RANGE					1	
-20	0523045-5	STRINGER-UPR LH						1	
	0523045-6	STRINGER-UPR RH						1	
-21	0523045-1	STRINGER-LWR LH						1	
	0523045-2	STRINGER-LWR RH						1	
-22	0523038-1	STRINGER ASSY-UPR FWD LH	STD					1	
	0523038-2	STRINGER ASSY-UPR FWD RH	STD					1	
	0523038-13	STRINGER ASSY-UPR FWD LH	LONG RANGE					1	
	0523038-14	STRINGER ASSY-UPR FWD RH	LONG RANGE					1	
-23	NAS680A08	NUTPLATE						2	
-24	0523038-3	STRINGER ASSY-UPR CTR LH	STD					1	
	0523038-4	STRINGER ASSY-UPR CTR RH	STD					1	
	0523038-15	STRINGER ASSY-UPR CTR LH	LONG RANGE					1	
	0523038-16	STRINGER ASSY-UPR CTR RH	LONG RANGE					1	
	NAS680A08	NUTPLATE						2	
-25	0523038-5	STRINGER ASSY-UPR AFT LH	STD					1	
	0523038-6	STRINGER ASSY-UPR AFT RH	STD					1	
	0523038-17	STRINGER ASSY-UPR AFT LH	LONG RANGE					1	
	0523038-18	STRINGER ASSY-UPR AFT RH	LONG RANGE					1	
	NAS680A08	NUTPLATE						2	

A---172 SERIAL 17263459 THRU 17265684  
 F172 SERIAL F17201235 THRU F17201384  
 B---172 SERIAL 17265685 & ON  
 F172 SERIAL F17201385 & ON

## Liite 6. Siiven etureunan rakenne ja osaluettelo

1 (2)



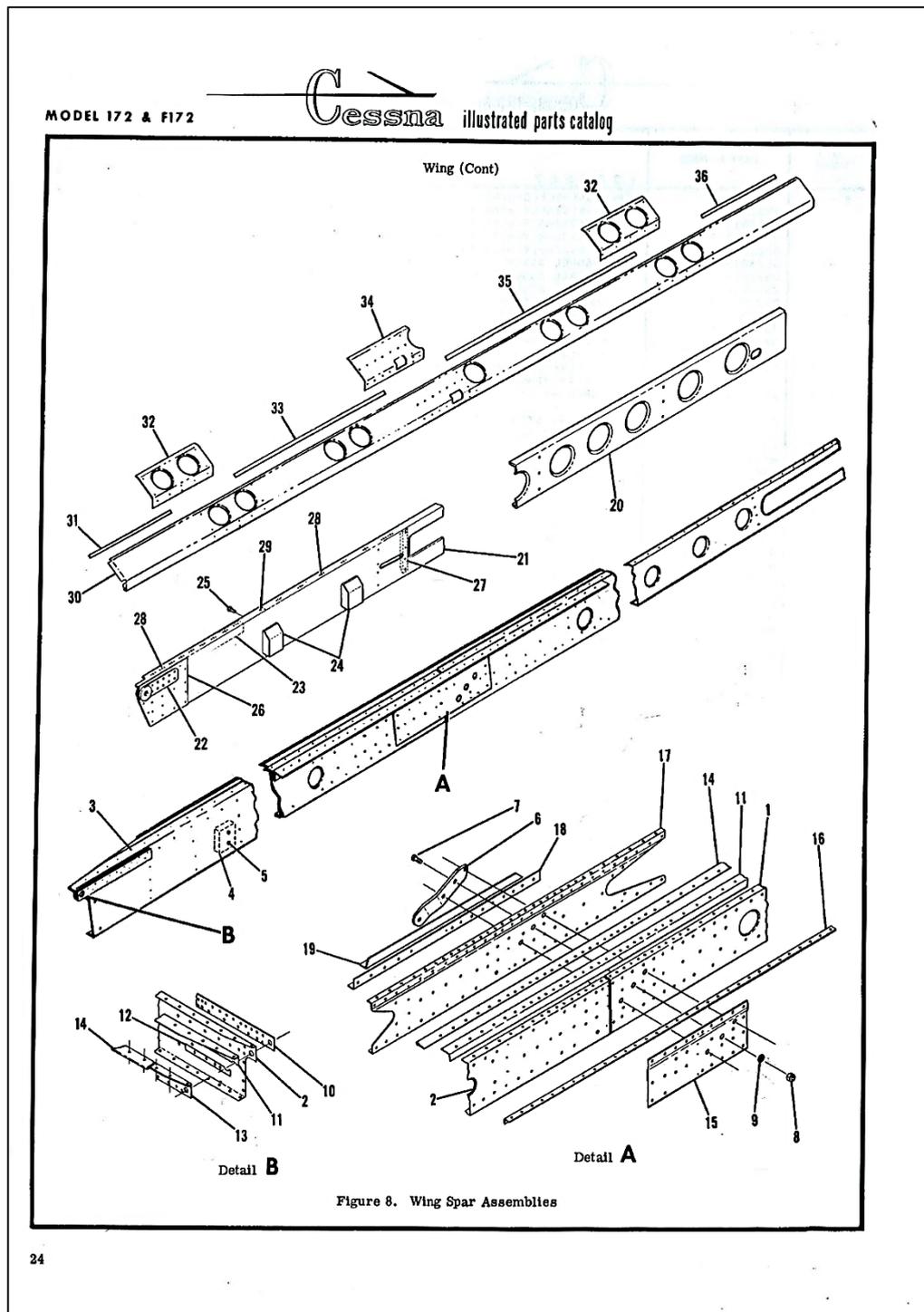
Kuva 1. Siiven etureunan rakenne (Cessna Aircraft Company 1975, 21)

TAULUKKO 1. Siiven etureunan rakenteiden osaluettelo (Cessna Aircraft Company 1975, 23)

		 illustrated parts catalog		MODEL 172 & F172					
FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION						UNITS PER ASSY	USABLE ON CODE
		1	2	3	4	5	6		
7 -		LEADING EDGE ASSEMBLY-WING -----						NP	
	0523028-1	LEADING EDGE ASSY LH-INBOARD -----						1	
	0523028-3	LEADING EDGE ASSY LH-INBOARD LONG RANGE -----						1	
	0523028-2	LEADING EDGE ASSY RH-INBOARD -----						1	
	0523028-4	LEADING EDGE ASSY RH-INBOARD LONG RANGE -----						1	
- 1	0523028-5	SKIN LH -----						1	
	0523028-7	SKIN LH LONG RANGE -----						1	
	0523028-6	SKIN RH -----						1	
	0523028-8	SKIN RH LONG RANGE -----						1	
- 2	0523026-5	RIB ASSY-STA 23.625 LH -----						1	
	0523026-6	RIB ASSY-STA 23.625 RH -----						1	
- 3	0422291	BRACKET -----						1	
- 4	S1863-3	NUTPLATE -----						2	
- 5	0523027-3	RIB-STA 32.750 -----						1	
- 6	0523027-1	RIB-STA 40.125 TO STA 71.125 -----						4	
- 7	0523027-2	RIB-STA 85.375 -----						1	
- 8	0422292	BRACKET-LH ONLY -----						2	
- 9	0722202-1	SCOOOP-AIR -----						1	
-10	0450314	FITTING -----						1	
		ATTACHING PARTS -----							
-11	S1021Z8-8	SCREW -----						1	
	NAS446-4-3	NUT -----						1	
-12	S1860-2A	NUTPLATE-UPPER FLANGE -----						1	
	A6204-8Z3	NUTPLATE-LOWER FLANGE -----						1	
	S1862-2	NUTPLATE-LOWER FLANGE -----						1	
-13	S1291-8	GROMMET -----						7	
-14	S237-2	DOUBLER-INSPECTION OPENING LH ONLY -----						3	
	S237-2	DOUBLER-INSPECTION OPENING RH ONLY -----						3	
-15	NAS395-14-3	NUT -----						3	
	0523029-1	LEADING EDGE ASSY LH-OUTBOARD -----						1	
	0523029-2	LEADING EDGE ASSY RH-OUTBOARD -----						1	
-15A	0523048-1	DOUBLER ASSY-PITOT TUBE LH ONLY -----						1	
	NAS395-14-3	NUT -----						3	
-16	0523029-3	SKIN LH -----						1	
	0523029-4	SKIN RH -----						1	
-17	0523031-1	RIB-LH STA 118.00 -----						1	
	0523031-2	RIB-RH STA 118.00 -----						1	
-18	0523032-1	RIB-LH STA 136.00 -----						1	
	0523032-2	RIB-RH STA 136.00 -----						1	
-19	0523033-1	RIB-LH STA 154.00 -----						1	
	0523033-2	RIB-RH STA 154.00 -----						1	
-20	0523034-1	RIB-LH STA 172.00 -----						1	
	0523034-2	RIB-RH STA 172.00 -----						1	
-21	0523035-1	RIB-LH STA 190.00 -----						1	
	0523035-2	RIB-RH STA 190.00 -----						1	
-22	0523036-1	RIB-LH STA 208.00 -----						1	
	0523036-2	RIB-RH STA 208.00 -----						1	
-23	NAS696A08	NUTPLATE -----						2	
-24	S1291-8	GROMMET -----						6	
-25	0523030-1	RIB-LH STA 100.00 -----						1	
	0523030-2	RIB-RH STA 100.00 -----						1	

## Liite 7. Siiven salkojen rakenne ja osaluettelo

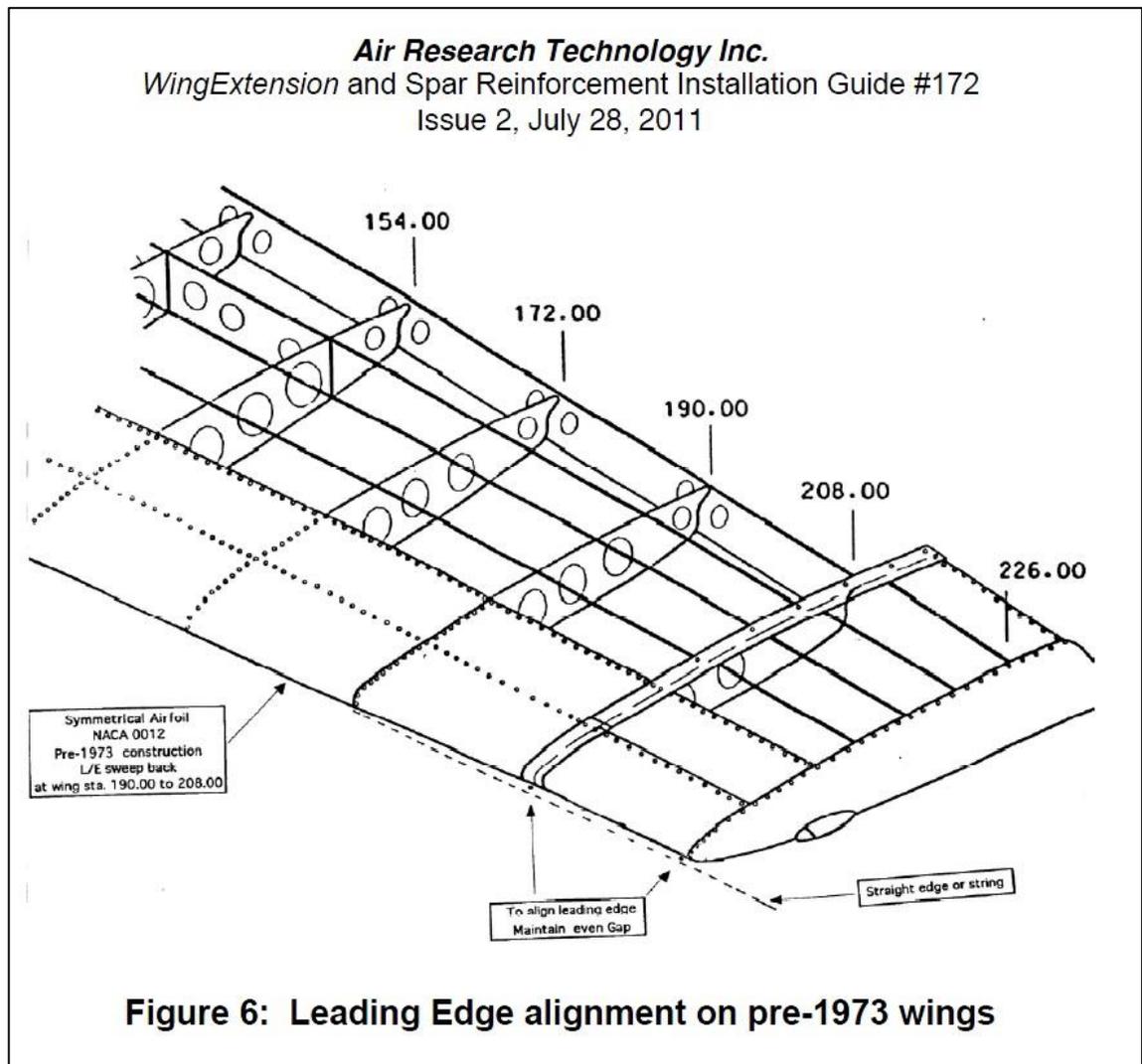
1 (2)



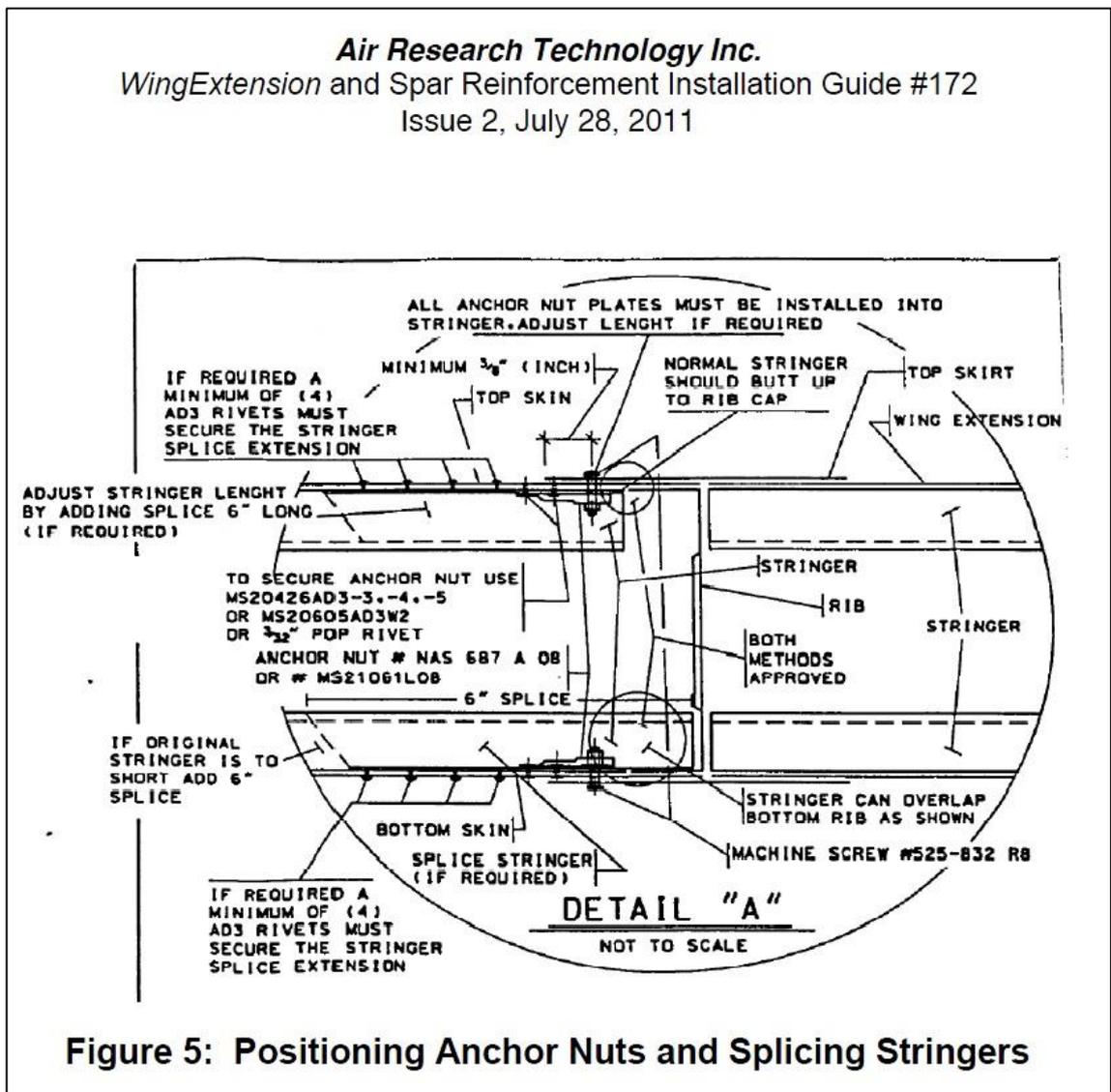
Kuva 1. Siiven salkojen rakenne (Cessna Aircraft Company 1975, 24)

TAULUKKO 1. Siiven salkojen osaluettelo (Cessna Aircraft Company 1975, 25)

		Cessna illustrated parts catalog						MODEL 172 & F172	
FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION						UNITS PER ASSY	USABLE ON CODE
		1	2	3	4	5	6	7	
8 -		SPAR ASSEMBLIES--WING -----						NP	
	0523018-1	SPAR ASSEMBLY--WING FWD LH -----						1	
	0523018-3	SPAR ASSEMBLY--WING FWD LH LONG RANGE -----						1	
	0523018-2	SPAR ASSEMBLY--WING FWD RH -----						1	
	0523018-4	SPAR ASSEMBLY--WING FWD RH LONG RANGE -----						1	
- 1	0523015-1	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR OUTBOARD LH -----						1	
	0523015-2	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR OUTBOARD RH -----						1	
- 2	0523014-1	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR INBOARD LH -----						1	
	0523014-3	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR INBOARD LH LONG RANGE -----						1	
	0523014-2	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR INBOARD RH -----						1	
	0523014-4	CHANNEL ASSEMBLY--SPAR INBOARD RH LONG RANGE -----						1	
- 3	NAS680A08	NUTPLATE -----						14	
	NAS680A08	NUTPLATE -----						19	
- 4	0523524	SPACER--FUEL TANK -----						1	
		ATTACHING PARTS -----							
- 5	S1021A10-10	SCREW -----						2	
		-----							
- 6	0523306	FITTING--STRUT ATTACHMENT -----						1	
		ATTACHING PARTS -----							
- 7	AN5-6A	BOLT -----						3	
- 8	MS21042L5	NUT -----						3	
- 9	AN960-516	WASHER -----						3	
		-----							
-10	0523016-1	PLATE -----						1	
-11	0523020-1	SPAR ANGLE LH -----						1	
	0523020-3	SPAR ANGLE LH LONG RANGE -----						1	
	0523020-2	SPAR ANGLE RH -----						1	
	0523020-4	SPAR ANGLE RH LONG RANGE -----						1	
-12	0523019-1	SPACER -----						1	
-13	0523017-1	SPAR ANGLE LH -----						1	
	0523017-2	SPAR ANGLE RH -----						1	
-14	0523021-1	PLATE LH -----						1	
	0523021-3	PLATE LH LONG RANGE -----						1	
	0523021-2	PLATE RH -----						1	
	0523021-4	PLATE RH LONG RANGE -----						1	
-15	0422412-1	PLATE LH -----						1	
	0422412-2	PLATE RH -----						1	
-16	0523022-1	ANGLE LH -----						1	
	0523022-2	ANGLE RH -----						1	
-17	0422414-1	CHANNEL--SPLICE LH -----						1	
	0422414-2	CHANNEL--SPLICE RH -----						1	
-18	0422411-1	CHANNEL--SPLICE LH -----						1	
	0422411-2	CHANNEL--SPLICE RH -----						1	
-19	0422406-1	STIFFENER LH -----						1	
	0422406-2	STIFFENER RH -----						1	
	0523041-1	SPAR ASSEMBLY--WING REAR LH -----						1	
	0523041-2	SPAR ASSEMBLY--WING REAR RH -----						1	
-20	0523406-1	CHANNEL--OUTBOARD LH -----						1	
	0523406-2	CHANNEL--OUTBOARD RH -----						1	
-21	0523041-3	CHANNEL--INBOARD LH -----						1	
	0523041-4	CHANNEL--INBOARD RH -----						1	
-22	0422229-16	FITTING -----						2	
-23	0523046-1	STIFFENER--LH -----						1	
	0523046-2	STIFFENER--RH -----						1	
-24	0523524	SPACER -----						2	
		ATTACHING PARTS -----							
-25	S-1021A-10-10	SCREW -----						2	
		-----							
-26	0523042-1	DOUBLER -----						1	
-27	0523409	CHANNEL -----						1	
-28	NAS680A08	NUTPLATE -----						16	
-29	NAS684A08	NUTPLATE -----						1	
-30	0523040-1	SPAR--AILERON AUXILIARY LH -----						1	
	0523040-2	SPAR--AILERON AUXILIARY RH -----						1	
-31	0523037-4	SPACER -----						1	
-32	0523043-1	REINFORCEMENT LH -----						2	
	0523043-2	REINFORCEMENT RH -----						2	
-33	0523037-3	SPACER -----						1	
-34	0523044-1	REINFORCEMENT LH -----						1	
	0523044-2	REINFORCEMENT RH -----						1	
-35	0523037-2	SPACER -----						1	
-36	0523037-1	SPACER -----						1	



Kuva 1: Siivenpidennys (A.R.T INC. 2011, 22)



**Figure 5: Positioning Anchor Nuts and Splicing Stringers**

KUVA 2: Siivenjatkopalan kiinnitys (A.R.T INC. 2011, 23)