



TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

AIRBUS 340 -LENTOKONEEN C-HUOLTOTELAKOIDEN LAYOUT-SUUNNITELMA

**Työn tekijä: Juha-Pekka Rantanen
Työn valvoja: Heikki Hasari
Työn ohjaaja: Jorma Hovi**

Työ hyväksytty: __. __. 2007

**Heikki Hasari
yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Finnairin tekniikalle lentokonekorjaamon alaisuudessa. Tämän työn tekeminen on antanut paljon oppia tulevaisuuden työtehtäviäni varten. Haluan kiittää suunnittelutyössä avustaneita henkilöitä, jotka ovat auttaneet tiedon etsinnässä, teknisissä ongelmissa sekä kertoneet omia mielipiteitä ja kertoneet omia käyttökokemuksia käytössä olevista huoltotelakoista. Etenkin haluan kiittää NDT-tarkastuspäällikkö Pekka Häyristä, joka oli suureksi avuksi projektin alkuvaiheessa sekä työkalusuunnittelija Heikki Sivosta, joka antoi arvokasta tietoa aikaisemmin suunnitelluista huoltotelakoista.

Vantaalla 29.3.2006

Juha-Pekka Rantanen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Juha-Pekka Rantanen	
Työn nimi: Airbus 340 -lentokoneen C-huoltotelakoiden layout-suunnitelma	
Päivämäärä: 29.3.2006	Sivumäärä: 42 s. + 9 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	
Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka	
Työn valvoja: Heikki Hasari, yliopettaja	
Työn ohjaaja: Jorma Hovi, osastotyönjohtaja, Finnair Oyj	
<p>Tässä insinööriyössä tehtiin layout-suunnitelmat C-huoltotelakoista Airbus 340 -lentokoneiden huoltoa varten ja selvitettiin samojen huoltotelakoiden käyttämättömyyttä myös muiden konetyyppien huolloissa. Insinööriyön toimeksiantajana toimi Finnairin tekniikan lentokonekorjaamo, jonka käyttöön huoltotelakat suunniteltiin.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä Airbus 340 -lentokoneen mittoihin ja C-huoltotarpeisiin. Seuraavaksi käytiin läpi erilaisia huoltotelakkavaihtoehtoja ja niiden aiheuttamia kustannuksia pitkällä ajanjaksolla. Huoltotelakoiden soveltuvuutta tarkasteltiin eri lentokonetyyppien käyttöön. Huoltotelakoiden suunnittelussa huomioitiin myös niiden varastointivaatimukset. Lisäksi työssä käytiin läpi viranomaisten turvallisuusvaatimukset sekä lentokonehuoltotoiminnan erityisvaatimukset huoltotelakoille.</p> <p>Työn tuloksena syntyneitä investointilaskelmia ja layout-suunnitelmia käytetään hyödyksi valittaessa kustannuksiltaan ja käyttövaatimuksiltaan parhaiten Airbus 340 -lentokoneiden C-huoltovaatimuksia vastaava huoltotelakkavaihtoehto. Huoltotelakoiden layout-suunnitelmat on tehty työntekijöiden näkökulmat huomioiden, jotta työnteko olisi tehokasta ja ergonomista.</p>	
Avainsanat: Lentokone, Lentokonehuolto, huoltotelakka	



ABSTRACT

Name: Juha-Pekka Rantanen

Title: A layout plan for Airbus 340 maintenance docks

Date: March.29.2007

Number of pages: 42 + 9 attachments

Department: Mechanical and production engineering

Study Programme: Production engineering

Instructor: Heikki Hasari, principal Lecturer

Supervisor: Jorma Hovi, shop supervisor, Finnair Oyj

This study presents layout plans for the C-maintenance docks of the aircraft Airbus 340 and its maintenance and also explores the possibility of using the same maintenance docks for other types of aircraft. This study was assigned by Finnair's aircraft repair shop.

The empirical work was started by studying the dimensions of the Airbus 340 and its need for the C-repair. The next thing to do was to compare the different options for the maintenance docks and their operating costs in the long run. The applicability of the maintenance docks on other types of aircraft was also investigated. The planning of the maintenance docks took into account the need for storage space. The flight authority safety requirements and the special needs in aircraft maintenance were also considered in this study.

The results of this study, the investment calculations and the layout plans, are applied in choosing the best maintenance dock option considering the costs and the maintenance demands for the aircraft Airbus 340. The layout plans have been made considering the workers' point of view so that working would be efficient and ergonomic.

Keywords: Aircraft, aircraft maintenance, maintenance dock

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	LENTOKONEIDEN HUOLTOTOIMINTA	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Toimintatavat lentokonekorjaamolla	2
2.3	Viranomaismääräykset lentokoneiden huoltotoiminnalle	4
3	HUOLTOTASOJEN SOVELTUVUUS ERI LENTOKONETYYPEILLE	4
3.1	Airbus 340	4
3.2	Airbus 330	5
3.3	Airbus 350	6
3.4	Boeing McDonnell Douglas, MD11/DC10	7
4	TELAKOITAVAT HUOLTOKOhteet	7
4.1	Lentokoneen telakointivaatimukset C-huoltoa varten	7
4.2	Siivet	8
4.3	Moottorit	9
4.4	Laskutelinekuilut	10
4.5	Runko	11
4.6	Pyrstö	12
4.7	Nokka	12
4.8	Rahtiruumat	12
4.9	Muut huoltotasoja tarvitsevat kohteet	13
5	HUOLTOTELAKOIDEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	13
5.1	Yleistä	13
5.1.1	<i>Tilavaatimukset</i>	13
5.1.2	<i>Kiinteät huoltotelakat</i>	14
5.1.3	<i>Purettavat huoltotelakat</i>	15
5.2	Rakenne	16

5.3	Materiaalit	17
5.4	Kustannusarvio	18
5.4.1	<i>Arvio huoltotelakoiden käytön määrästä</i>	18
5.4.2	<i>Kiinteiden ja purettavien huoltotelakoiden kustannusarviot</i>	19
6	YLEISET VIRANOMAISVAATIMUKSET HUOLTOTASOILLE	22
6.1	Yleistä	22
6.2	Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta	23
6.3	Työskentely- ja kulkutasot	25
6.4	Käyttäjien turvallisuus	27
6.5	Työskentelytasojen suunnittelu	27
6.5.1	<i>Sijoitus</i>	27
6.5.2	<i>Mitoitus</i>	28
6.6	PORTAAT, PORRASTIKKAAT JA SUOJAKAITEET	30
6.6.1	<i>Rakenteiden turvallisuusvaatimukset</i>	30
6.6.2	<i>Portaiden turvallisuusvaatimukset</i>	31
6.6.3	<i>Porrastikkaiden turvallisuusvaatimukset</i>	32
6.6.4	<i>Suojakaiteiden turvallisuusvaatimukset</i>	33
6.7	Kiinteät tikkaat	34
6.8	Varastointi vaatimukset	35
6.9	Muita vaatimuksia	36
6.9.1	<i>Liikuteltavuus</i>	36
6.9.2	<i>Korkeuden säätö</i>	36
6.9.3	<i>Valaistus</i>	37
6.10	Työntekoa helpottavat ratkaisut	37
6.10.1	<i>Paineilmasyötöt</i>	37
6.10.2	<i>Pistorasiat</i>	38
6.10.3	<i>Polttoainetankkien tuuletus</i>	38
7	YHTEENVETO	39
	VIITELUETTELO	41

LIITTEET

- LIITE 1** **Airbus 340 -lentokoneiden huolto-ohjelma**
- LIITE 2** **6-hallin pohjapiirustus**
- LIITE 3** **Paineilmakelojen, suojamuuntajien ja polttoainesäiliöiden tuuletusputkien läpivientikohtien sijoittaminen siiven huoltotelakkaan**
- LIITE 4** **Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat ylhäältäpäin kuvattuna**
- LIITE 5** **Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat edestä - ja takaapäin kuvattuna**
- LIITE 6** **Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat toteutettuna Airbus 320 -lentokoneen huoltotelakan avulla, edestäpäin kuvattuna**
- LIITE 7** **Airbus 330 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat ylhäältäpäin kuvattuna**
- LIITE 8** **Airbus 330 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat edestä - ja takaapäin kuvattuna**
- LIITE 9** **Airbus 330- ja 340 -lentokoneiden rungon, nokkalaskutelineen ja ruumien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat**

1 JOHDANTO

Insinööriyöni tehtävänantona oli suunnitella Airbus 340 -lentokoneen C-huollossa käytettävien huoltotelakoiden layout-suunnitelma. Toimeksianton teki Finnairin tekniikka. Huoltotelakoiden on tarkoitus tulla lentokonekorjaamon käyttöön. Huoltotelakoiden käyttötarve alkaa todennäköisesti vuonna 2008, jolloin alustavien tietojen mukaan suoritetaan ensimmäinen C-huolto Airbus 340 -lentokoneelle Finnairin tekniikassa.

Ehdotin Airbus 340 -lentokoneen huoltotelakoiden suunnittelutyötä insinööriykseni lentokonekorjaamopäällikkö Erkki Lehtoselle, koska Finnairilla oli käytössä jo yksi Airbus 340 -lentokone ja tilauspäätökset neljästä lisäkoneesta olemassa, eikä huoltotelakoita ollut vielä suunniteltu. Päällikkö ohjasi minut neuvottelemaan työn tarpeellisuudesta osastoyönjohtaja Jorma Hovin kanssa. Suunnittelutehtävä katsottiin aiheelliseksi ja ajankohtaiseksi, joten sain sen suoritettavaksi insinööriyönä.

Insinööriyön tekeminen alkoi C-huollon huoltokohteiden selvityksellä. Näiden tietojen perusteella selvisivät alueet, joihin huoltotelakoilta täytyy päästä käsiksi. Yhtenä työn osana oli selvittää Airbus 340 -koneille suunniteltujen huoltotelakoiden soveltuvuus myös muille konetyypeille. Alkuperäisenä tarkoituksena oli suunnitella huoltotelakoista sellaiset, että ne soveltuvat DC10/MD11- ja Airbus 350 -lentokoneiden huoltoon sopiviksi. Insinööriyön aikana keväällä 2007 Finnair ilmoitti uusista lentokoneostoista, jotka koskivat Airbus 340 -konetta ja mahdollistavat myös Airbus 330 -lentokoneen hankinnat, joten huoltotelakoiden suunnittelu täytyi tehdä myös tämän Airbus 330 -konetyypin kannalta.

Insinööriyöhön sisältyi myös investointilaskelma, jossa vertailtiin kiinteiden ja purettavien huoltotelakoiden kustannuksia kymmenen vuoden ajanjaksolla. Työssä tuli myös huomioida kiinteiden huoltotelakoiden helppo liikuteltavuus, keveys ja varastointimahdollisuudet mahdollisimman vähän tilaa vievän. Huoltotelakat oli suunniteltava täyttämään voimassa olevat viranomaismääräykset, etenkin käyttäjien työturvallisuus oli avainasemassa. Huoltotelakoiden suunnittelussa otettiin huomioon myös työntekoa helpottavien ja nopeuttavien ratkaisujen toteuttaminen.

2 LENTOKONEIDEN HUOLTOTOIMINTA

2.1 Yleistä

Lentokoneita huolletaan, jotta ne pysyisivät lentokuntoisina. Huoltotoimintaa valvotaan sekä kansainvälisin että kansallisin määräyksiin lentokoneiden valmistajien ohjeiden mukaisesti. Huoltovälit muodostuvat määrättyjen ajanjaksojen ja/tai lentotuntien mukaan. Huoltotoiminta koostuu päivittäin lentojen välissä tehtävistä välilaskutarkastuksista noin viiden vuoden välein tehtäviin täyshuoltoihin, jotka ovat kestoltaan yleensä neljästä kuuteen viikkoon (liite 1). Finnairin tekniikka suorittaa huollot ja korjaukset yhtiön käytössä oleviin lentokoneisiin sekä asiakasyhtiöiden koneisiin. [1, s. 1.]

2.2 Toimintatavat lentokonekorjaamolla

Lentokonekorjaamo suorittaa noin yhden vuoden tai sitä pidemmällä jaksolla tehtäviä huoltoja, muutostöitä, rakennekorjauksia ja tukee lentokonehuoltoa (kuva 1). Lentokonehuolto suorittaa lentokoneisiin päivittäiset tarkastukset ja alle vuoden jaksolla tehtävät määräaikaishuollot. Lentokonekorjaamolla työt on pääsääntöisesti jaettu neljän työryhmän kesken, jotka ovat alarunko-, ylärunko-, siipi- ja moottoriryhmät. Lisäksi lentokonekorjaamolla toimii välihuoltoryhmä ja tasoittavia ryhmiä, joiden tarkoitus on keventää työtaakkaa niillä alueilla, joissa tarvitaan lisää työvoimaa. Lentokonekorjaamolla tehtävien huoltojen suorittamista tukevat niin sanotut taustakorjaamot. Näitä korjaamoja ovat komposiitti-, levytyö-, rakenne- ja mekanismikorjaamot, maalaamo sekä jarru- ja pyöräkorjaamo. Moottorikorjaamo toimii erillisenä yksikkönä, joka korjaa ja huoltaa omien sekä asiakasyhtiöiden lentokoneiden moottoreita, laskutelineitä, APUja (auxiliary powerunit), moottoreiden reverssejä sekä niihin liittyviä laitteita. Jokainen henkilö- ja organisaatioyksikkö vastaa oman työnsä laadusta ja turvallisuudesta kokonaisvaltaisesti. Koko henkilöstö sitoutuu kehittämään työtään ja työympäristöään. [1, s. 1; 2; 3, s. 1 – 3.] Tässäkin päättötyössä suunniteltuihin huoltotelakoihin on kysytty mielipiteitä tekniikan huoltohenkilöstöltä.



Kuva 1. MD11-lentokone C-huollossa 3-hallissa.

Alarunkoryhmän vastuualue kattaa laskutelinekuilut, laskutelineet, alarungossa sijaitsevat laitetilat, rahtiruumat ja lentokoneen rungon päällisin puolin sovittujen alueiden osalta. Ylärunkoryhmän toimialue kattaa matkustamon ja ohjaamon alueet, matkustamon ovet ja sisäänkäynnit sekä rungon sisäpuoliset rakennetarkastukset. Siipiryhmä vastaa siipien, niiden yhteydessä olevien ohjainpintojen sekä järjestelmien toiminnasta, huollosta, tarkastuksista ja korjauksista. Moottoriryhmän toimialueena on lentokoneen moottoreiden ja APU:n huollot ja tarkastukset. Lisäksi ryhmälle kuuluu pyrstöalue, korkeus- ja suuntavakaajat sekä niiden peräsimet ja niitä liikuttavat järjestelmät.

Lentokonekorjaamon toiminta on pääosin kaksivuorotyötä. Huoltotoiminnan kannalta on tärkeää päästä työkohteisiin käsiksi, niin että tarkastus-, irrotus-, asennus-, korjaus- ja huoltotoimenpiteet pystytään suorittamaan turvallisesti ja tarkasti. Tekniikalla tulee olla käytössään toiminnan mahdollistavat tilat, välineet ja tietojärjestelmät. [3, s. 2.] Tämän insinööriyön tuloksena ovat syntyneet huoltotelakoiden layout-suunnitelmat, jotka valmistuttuaan omalta osaltaan mahdollistavat huoltotoiminnan Airbus 340 -lentokonetyypille.

2.3 Viranomaismääräykset lentokoneiden huoltotoiminnalle

Finnairin tekniikan huolto-organisaatiot toimivat EASA Part-145-toimiluvalla. Huoltohenkilökunnan koulutusorganisaation toiminta perustuu EASA Part-147-toimilupaan. Kyseisien toimilupien menettelytapoja on noudatettava aina huolto- tai koulutustoimintaa suoritettaessa. [4, s. vi.]

Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA (European Aviation Safety Agency) on Euroopan unionin erillisvirasto, joka aloitti toimintansa syksyllä 2003. EASA hoitaa erityisiä toimeenpano- ja sääntelytehtäviä lentoturvallisuuden alalla. EU-asetuksen 1592/2002 mukaisesti EASA:n tehtävänä on alkuvaiheessa vastata lentokelpoisuus- ja ympäristösertifiointia sekä jatkuvan lentokelpoisuuden ylläpitämistä koskevista säädöksistä sekä tuotteiden hyväksymisestä. Myöhemmin toiminta laajenee koskemaan myös mm. lentotoimintaan ja miehistön lupiin ja koulutukseen liittyviä asioita. Euroopan unionin jäsenvaltioiden kansalliset ilmailuviranomaiset, kuten ilmailuhallinto Suomessa, valmistelevat ja vahvistavat vaatimuksia, myöntävät toimilupia ja kelpuutuksia, ylläpitävät rekisteriä, valvovat ja tarkastavat ilmailutoimintaa sekä osallistuvat kansainväliseen yhteistyöhön ilmailuasetusten ja täytäntöönpanosääntöjen kehittämisessä ja ilmailun valvonnassa. [4, s. vi-viii; 5, 6.]

Lentokoneiden huoltotoimintaa koskevat vaatimukset ovat Euroopan yhteisön komission täytäntöönpanosäännöissä 2042/2003 lentokelpoisuuden ylläpidosta. Niissä on määritelty tarkasti lentokoneiden lentokelpoisuuden ylläpitoa, huolto-organisaatiotoimilupaa, valtuutettua huoltohenkilöstöä sekä huoltohenkilöstön koulutusorganisaatiota koskevat täytäntöönpanosäännöt. Näillä täytäntöönpanosäännöillä varmistetaan, että lentokoneet pysyvät jatkuvasti lentokelpoisina asianmukaisesti toimivan huolto-organisaation asiantuntevan henkilöstön huoltamana. [7]

3 HUOLTOTASOJEN SOVELTUVUUS ERI LENTOKONETYYPEILLE

3.1 Airbus 340

Huoltotelakat suunnitellaan ensisijaisesti Airbus 340 -lentokoneille (kuva 2). Kyseessä on Finnairille uusi konetyyppi. Ensimmäinen Airbus 340-311 saa-

pui laivastoon 24.5.2006; kyseessä on käytettynä hankittu lentokone. Finnair on tilannut joulukuussa 2005 uusia Airbus 340-300 -koneita neljä kappaletta. Lisäksi Finnair tilasi maaliskuussa 2007 kuusi konetta lisää, jotka ovat tyypiltään joko Airbus 340- tai Airbus 330-lentokoneita. Konetyypin valinta tapahtuu myöhemmin sen tarpeen mukaan, miten Aasian suuntautuva lentoliikenne kehittyy. Optio lisäostoihin on olemassa vielä neljän Airbus 340 -koneen kohdalla; optio sisältyi joulukuun 2005 tilauksiin. [8, 9, s. 4 – 5.]

Seuraavat kaksi Airbus 340 -konetta saapuvat kesällä 2007 ja loput vuoteen 2010 mennessä. Tilatut koneet ovat suuria, nelimoottorisia, laajarunkoisia matkustajalentokoneita, joiden siipien kärkiväli on 60,30 m ja lentokoneen kokonaispituus 63,67 m; [10, osa 1-2 s. 4]. Lentokone kuljettaa matkustamon versiosta riippuen noin 270 matkustajaa. [9, s. 4 – 5.] Kyseiseen konetyyppiin ei Finnairin tekniikassa ole olemassa sopivia huoltotelakoita, joten sellaiset täytyy suunnitella ja hankkia tulevia huoltoja silmällä pitäen. Helppointa olisi suunnitella kiinteät huoltotelakat, jotka olisivat hallissa vain kyseistä konetyyppiä varten, aina valmiina käytettäväksi. Koneen suuren koon vuoksi sen telakat veisivät niin suuren tilan huoltohallista, että niin suurta pysyvää huoltotilaa ei voi varata pelkästään Airbus 340 -koneen huoltoja varten. Vaihtoehtoisiksi jäävät kevyempirakenteiset, siirrettävät huoltotelakat, jotka pystytään säilyttämään pienessä tilassa tai kolmantena vaihtoehtona kokonaan purettavat huoltotasot, jollaisia käytetään muun muassa rakennuksien ulkopintoja kunnostettaessa.



Kuva 2. Airbus 340.[8.]

3.2 Airbus 330

Finnair on uusimpien tietojen (03/07) mukaan hankkimassa todennäköisesti muutamia kappaleita Airbus 330 -lentokoneita. Airbus 330 on samaa tuoteperhettä kuin Airbus 340 -lentokone. Koneissa on täysin sama runko, lasku-

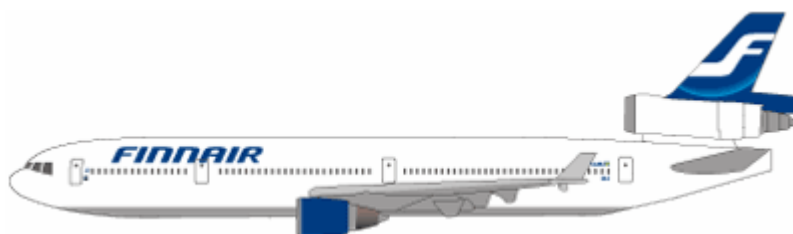
telineet, ohjaamo sekä siiven muotoilu. Suurin eroavaisuus lentokoneiden välillä on moottoreiden lukumäärässä. Airbus 340 on nelimoottorinen kun taas Airbus 330 on kaksimoottorinen lentokone. Moottorien lukumäärästä johtuen siipien sisäistä rakennetta on muutettu siten, että moottorien kiinnitys onnistuu suunnitelluille kohdille. Airbus 330 on taloudellisempi käyttää reiteillä, jossa rahtia kuljetetaan vähemmän. Airbus 340 -koneella on suurempi kantama ja rahdinkuljetuskyky. Molemmilla lentokonetyypeillä onnistuu suurilta osin samojen huoltotelakoiden käyttö. Airbus 330 -koneen siipimoottorit sijoittuvat suunnilleen samalle kohdalle kuin Airbus 340 -koneen sisemmät siipimoottorit. Ulompien moottoreiden kohdalle jäävät aukot täytyy peittää erillisellä huoltotelakkamoduulilla, joka on suunniteltu Airbus 330 -konetta varten. Siiven kärki-, tyvi- ja laskutelinealueiden huoltotasot sopivat sellaisenaan käytettäväksi molempien koneiden huolloissa. [9, s. 4 – 5; 11.]

3.3 Airbus 350

Finnair on myös tilannut Airbus-tehtaalla suunnitteilla olevaa Airbus 350XWB -konetyyppiä. Ensimmäisten koneiden oli tarkoitus alun perin liittyä Finnairin laivastoon vuonna 2012, mutta Airbus päätti kehittää konetta entistäkin suorituskykyisemmäksi ja taloudellisemmaksi. Tämän vuoksi ensimmäisten koneiden luovutus tapahtuu suunnitelmien mukaan vuonna 2014. Airbus 350 on hieman isompi kuin Airbus 330- ja 340 -sarjan lentokoneet, mutta tehtaan tiedotteiden mukaan ympäristöystävällisempi ja taloudellisempi käyttää. Koneen tarkempia mittoja huoltotasojen suunnittelua varten Airbus-tehtaan edustajalta kysellessäni hän sanoi, ettei niitä ole vielä saatavilla koneen keskeneräisen suunnittelun vuoksi. Täten kyseistä konetyyppiä ei voida ottaa huomioon suunniteltaessa näitä huoltotelakoita. Lentokoneen äärimittojen perusteella on mahdollista, että Airbus 330 -koneelle sopiviksi suunnitellut huoltotasot sopivat käytettäväksi myös Airbus 350 -koneelle ainakin joiltain osin. [9, s. 4 – 5.]

3.4 Boeing McDonnell Douglas, MD11/DC10

MD11 on Finnairin tämänhetkinen pääkalusto pitkillä kaukoliikenteen reiteillä (kuva 3). Niitä on Finnairin laivastossa seitsemän kappaletta, ja niitä käytetään Aasian, New Yorkin ja lomaliikenteen reiteillä. Lisäksi Finnairin tekniikka huoltaa useiden asiakasyhtiöiden MD11- ja DC10-koneita. Airbus 340-koneeseen suunniteltavien huoltotelakoiden käyttökapasiteetin kannalta olisi tärkeää, että niitä voitaisiin käyttää myös MD11-koneen huolloissa kokonaan tai ainakin osittain, silloin kun huollossa on kaksi MD11-konetta samanaikaisesti. Suurimman ongelman Airbus 340-koneille suunniteltujen huoltotelakoiden käytössä muodosti MD11-koneen hyvin erilainen siipien kulma sen runkoon nähden. Lisäksi lentokoneessa on kolme moottoria, joista molemmissa siivissä on yhdet ja pyrstössä yksi moottori. Näin myös huoltotelakoiden rakenneratkaisut ovat hyvin erilaiset moottoreiden kohdalta. MD11- ja DC10-lentokoneille suunnitellut, olemassa olevat, kiinteät huoltotelakat eivät sovellu Airbus 340-lentokoneille, ja lisäksi ne sijaitsevat hallissa, johon Airbus 340 ei suuremman siipiensä kärkivälin vuoksi edes käytännössä mahdu.



Kuva 3. MD11.[8.]

4 TELAKOITAVAT HUOLTOKOhteet

4.1 Lentokoneen telakointivaatimukset C-huoltoon varten

C-huolto asettaa lentokoneiden telakoinnille suuria vaatimuksia. Lentokoneen lähes jokaiseen kohtaan on päästävä konkreettisesti käsiksi, ja tämän on tapahduttava turvallisesti. Lähes 30 metriä pitkien, useiden metrien korkeudessa olevien siipien alle on asetettava huoltotelakoita, joiden avulla siiven alapinnan jokaiseen kohtaan päästään käsiksi. Lisäksi siiven päällekin on tarpeellista päästä tekemään tarkastuksia. Myös siivessä sijaitsevat

moottorit vaativat omanlaisensa telakoinnin, että niihin päästään tekemään huollon määräämät toimenpiteet. Laskutelinealueella on myös paljon kohteita, joihin on päästävä käsiksi korkeasta sijainnista huolimatta. Runko on pysyttävä tarkastamaan kohta kohdalta huolloissa erikseen määriteltävien etäisyyksien ja tarkkuuksien mukaisesti. Lisäksi on vielä lentokoneen pyrstö ja nokka, joissa on paljon huoltokohteita. Sisäänkäynnit matkustamoon, rahtiruumiin ja erilaisiin laitetiloihin on järjestettävä. Käytännössä lentokone on ympäröitävä täysin huollon ajaksi erilaisilla huoltotelakoilla, jotta samanaikaisesti voidaan työskennellä joka puolella lentokonetta turvallisesti. Erikseen on vielä huomioitava, että huollon loppuvaiheessa tehdään erilaisia kokeiluja ja ohjainpintoja liikutetaan koneen vielä ollessa täysin telakoituna hallissa. Seuraavassa on kerrottu seikkaperäisemmin, mitä tulee ottaa huomioon lentokonetta telakoitaessa huoltoa varten.

4.2 Siivet

Huoltokohteena siivet ovat melko paljon työtä vaativa osa. Työt kohdistuvat pääasiassa ohjainpintoihin, niiden käyttösylintereihin ja kiinnityksiin, siiven pinta- ja sisäpuolisiin rakennetarkastuksiin. Työ sisältää paljon siiven alapuolisten luukkujen ja muotosuojien avaamista ja sulkemista.

Siiven alapuolinen alue täytyy telakoida kokonaan. Siiven telakointiin liittyy myös olennaisesti moottori- ja laskutelinekuilujen alueet. Siipityöskentely on suurimmaksi osaksi pään yläpuolella tehtävää työtä, joten telakan ja siiven välisellä korkeuserolla on suuri merkitys. Telakan ja siiven välinen korkeus on suunniteltu olevan keskimäärin noin 2 metriä, tällöin työntekijät pystyvät liikkumaan siiven alla pää pystyssä, eivätkä rasittavassa kumara-asennossa. Kun korkeusero on vain kaksi metriä, työskentely onnistuu ilman lisäportaita tai muita lisätasoja. Ainostaan siiven johto- ja jättöreunoissa tehtävät työt vaativat jossakin määrin lisäkorokkeita. Huollon aikana siiven yläpinnassakin on tarkastus- ja huoltotöitä. Telakoissa täytyy olla siis porrastikkaat tai muut tikkaat, joilta kuljetaan siiven päälle. Tikkaat eivät kuitenkaan saa nojata siipeä vasten, vaan ne täytyisi tukea muilla keinoilla. Porrastikkaat, jotka ovat kiinnitettävissä telakkaan ja liikkuvat kiskoilla halutulle etäisyydelle siivestä, ovat käytännöllisimmät ja turvallisin vaihtoehto. Siipien telakoita suunniteltaessa on otettava huomioon riittävät työskentely- ja säilytystilat myös siiven ulkopuolisilla alueilla, erityisesti siiven jättöreunaan on toivottu hyvin tilaa.

Myös pinta-alaltaan suurien laskusiivekkeiden ja muiden ohjainpintojen irrotus- ja asennustyö vaatii paljon tilaa siipitelakoiden reuna-alueilta. Kaadettavat kaiteet helpottavat suurien osien liikuttelua hallinosturilla ja näin myöskään nostokorkeudet eivät nouse suhteettoman korkeiksi. Lisäksi siipitelakan mitoituksessa tulee ottaa huomioon ”siipiajot”, jolloin liikutetaan ohjainpintoja ääriliikkeillä. Lentokone tuetaan huollon ajaksi tunkeilla. Molemmissa siivissä sijaitsee tunkkauspisteet. Telakoihin täytyy sijoittaa tila, joista tunkin varsi tulee läpi. Siipitelakoiden tulee olla tukevat, mutta silti kevyet liikuttaa. Telakat koostuvat useista erilaisista moduuleista.

4.3 Moottorit

Kuten aiemmin todettiin, moottorien telakointi liittyy tiiviisti siiven telakointiin. Moottoritelakoilta tehdään siiven huoltotöitä ja päivävastoin. Moottori kiinnittyy siipeen pankan välityksellä (kuva 4). Pankka ulottuu siiven johtoreunasta pitkälle siiven keskisaloon yli, lähes jättöreunaan asti. Moottoria reunustavien telakoiden täytyy olla korkeudeltaan sopivat myös siipitelakoihin, jottei porrastus tule hankalaksi ja vaaralliseksi liikkua. Moottorin suojaelpejä ja reverssilohkoja avattaessa telakoiden täytyy olla riittävän kaukana moottorista, jotta ne mahtuvat aukeamaan. Suojaelpeiden ja reverssilohkojen ollessa auki moottoritelakoiden alla on liikkuvat tasot, jotka vedetään moottoriin lähes kiinni. Moottorissa ja pankassa on huolto- ja tarkastuskohteita joka puolella. Moottorin yläosassa ja sen päällä olevassa pankassa tehtävät huolto- ja tarkastustyöt vaativat usein lisäportaiden käyttöä. Mahdollista on myös suunnitella moottoriin huollon ajaksi kiinnitettävät tikkaat, joita käyttäen pääsisi helpommin huoltokohteisiin käsiksi. Huollossa voidaan joutua suorittamaan moottorin vaihto, jolloin moottori lasketaan erilliselle moottoripukille. Telakoita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös moottoripukin viemä tila. Airbus 340 -koneen ulommissa siipimoottoreissa on otettava huomioon myös moottorin alareunassa olevat huoltokohteet. Koska moottori on korkealla, tarvitaan sen alle erillinen telakkataso.



Kuva 4. Airbus 340 -lentokoneen sisempi moottori.

4.4 Laskutelinekuilut

Airbus 340 -lentokoneissa päälaskutelinekuilut sijaitsevat siipien tyviosassa, keskilaskutelinekuilu rungossa päälaskutelineiden välissä ja nokkalaskutelinekuilu koneen etuosassa (kuvat 5 ja 6). Päälaskutelinekuilujen telakat ovat suoraan yhteydessä siipitelakkaan.

Siipitelakat ympäröivät päälaskutelinealueen. Itse päälaskutelinetelakka koostuu yhdestä osasta, joka mahdollistaa pääsyn päälaskutelinekuilun huolto- ja tarkastuskohteisiin. Siiven alla oleva päälaskutelinetelakka on korkeammalla kuin siipitelakka, jotta siipialueella olevaan telinetilan syvennykseen ylettyisi paremmin tekemään töitä. Päälaskutelineen varsinainen telinetila on telakoitava koko alueeltaan. Työkohteita on niin katossa, seinissä kuin itse laskutelineessäkin. Airbus 340 -koneen päälaskutelineen takaosassa sijaitsevalle hyllylle kiipeäminen vaatii erilliset portaat. Päälaskutelinetelakoiden tulee olla mahdollisimman kevyet, koska hallissa tehtävät laskutelineajot vaativat usein telakan edestakaista liikuttamista, säätö- ja muiden telineajoihin liittyvien töiden vuoksi. Laskutelineitä ei pystytä liikuttamaan, kun päälaskutelineen telakat ovat telinetilassa.



Kuvat 5 ja 6. Airbus 340 -lentokoneen Päälaskuteline (vas.) ja keskilaskuteline (oik.).

Keskilaskutelinekuilun telakoiminen on yksinkertaisempaan. Huolto pystytään tekemään yksinkertaiselta tasolta tai pumppurapuilla, jotka on helppo työntää telinetilaan. Keskilaskutelinetailan leveys ja pituus, sekä sen auki olevat luukut määrittävät telakan koon. Huoltokohteet keskittyvät pääasiassa laskutelineeseen ja sen käyttömekanismeihin.

Myös nokkalaskutelinetailan huoltokohteisiin on helppo päästä käsiksi yksinkertaisella telakalla tai pumppurapuilla. Tila on kapea, joten telinetailan katos- sa oleviin huoltokohteisiin pääsy vaatii kapeat portaat.

4.5 Runko

Normaalisti C-huollossa lentokoneen runkoa ei tarvitse telakoida. Yleensä runko telakoidaan täydellisesti maalinpoiston ja maalauksen vuoksi sekä suurissa C4- ja C8-huolloissa rungon tarkastusta varten. Rungon telakoinnin suorittaa suuriin lentokoneisiin (MD11, Airbus 330, 340 ja 350) yleensä alihankkija, joka ympäröi lentokoneen kevytrakenteisilla alumiinitelakoilla, joita käytetään paljon esimerkiksi rakennuksilla julkisivusaneerauksien yhteydessä. Lentokoneen kyljen muotoja mukailevat telakat ovat koneen sivuilla yleensä kahdessa tai kolmessa kerroksessa, niin että kulkukorkeus on riittävän suuri tasojen välillä. Runkoa telakoidessa tulee huomioida matkustamovien ja hätäpoistumisovien kohdat sekä rahtiruumien luukut, niin että niitä voidaan käyttää huollon aikana. Rungon huoltotelakoita käytetään myös kulku- ja tavarankuljetusreiteinä matkustamoon. Lentokoneen rungon päällä voidaan kulkea turvallisesti, kun käytetään turvavaljaita. Näin päästään tar-

kastamaan ja huoltamaan rungon yläpinnassa olevia huoltokohteita, kuten antennejä.

4.6 Pyrstö

Lentokoneen peräosassa sijaitsevat suunta- ja korkeusvakaajat ja niiden ohjainpinnat sekä niitä käyttävät järjestelmät ovat keskeisiä huoltokohteita kaikissa huolloissa. Airbus 330- ja 340-koneet tullaan huollon aikana sijoittamaan 6-halliin, jossa on olemassa pyrstölle valmiit kiskoilla liikkuvat huoltotelakat. Huoltotelakat on suunniteltu tällä hetkellä MD11:n käyttöön. Huoltotelakoihin tehdään pieniä muutoksia, minkä jälkeen sitä voidaan käyttää Airbus 330- ja 340 -koneiden huolloissa. Nämä muutostyöt eivät sisälly tähän insinööriyöhön.

4.7 Nokka

Lentokoneen nokka tulee myös telakoida C-huolloissa. Nokan huoltokohteenä on muun muassa nokkakupu ja sen alla sijaitseva tutkan lähetinvastaanotin-lautanen. Nokka telakoidaan ensimmäisissä huolloissa rungon tapaan alumiinitelakoilla, jotka ovat suorassa yhteydessä rungon telakointiin. Nokan alueelle on suunnitteilla 6-halliin myös kiinteä nokkatelakka, joka sopisi Airbus-koneiden lisäksi MD11-koneiden käyttöön sopivaksi.

4.8 Rahtiruumat

Rahtiruumien kohdalla telakointi on käytännössä vain kulkureittien tekemistä. Rahtiruumat sijaitsevat noin kahden metrin korkeudessa lattiasta, joten niiden kohdalle täytyy järjestää tarpeeksi tukevat ja leveät portaat. Portaita pitkin kuljetetaan suuria ruuman lattia-, seinä- ja kattolevyjä, muuta materiaalia ja työkaluja, joten niiden täytyy olla tilavat ja helppokulkuiset. Portaiden yläpäässä täytyy olla riittävän suuri taso, jolta voidaan huoltaa ruuman luukku. Portaiden mitoituksessa on näiden seikkojen lisäksi otettava huomioon tila, jonka ruuman luukku vaatii avautuakseen ja sulkeutuakseen, niin että luukun käyttäjä mahtuu käyttämään sitä käyttöpaneelilta.

4.9 Muut huoltotasoja tarvitsevat kohteet

Lentokoneissa on useita muitakin huolto- ja tarkastuskohteita, joihin on C-huollon aikana päästävä käsiksi. Käytännössä nämä kaikki sijaitsevat lentokoneen rungossa ja ovat tyypillisesti luokkuja, joiden kautta kuljetaan laite-tiloihin, joissa muun muassa sijaitsee järjestelmiä ohjaavia prosessoreita sekä kehräpyörästäjä. Lisäksi rungossa on erilaisia käyttöpaneeleita, esimerkiksi raitisvesijärjestelmän täyttöä ja tyhjennystä varten, joita huollon aikana tarkastetaan ja testikäytetään. Luukut ja paneelit sijaitsevat sen verran korkealla koneen rungossa, että niihin käsiksi pääsy edellyttää porrastikkaiden käyttöä. Rungon täystelakointi auttaa pääsemään helpommin käsiksi myös useisiin käyttöpaneeleihin ja laite-tiloihin.

5 HUOLTOTELAKOIDEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

5.1 Yleistä

Lentokoneen huoltotelakoiden suunnittelun alkaessa on selvittävä perustiedot, joiden pohjalta suunnittelu voidaan aloittaa. Ensimmäisenä on selvittävä lentokoneen perusmitat ja tilavaatimukset. Kyseiset vaatimukset on kerrottu valmistajan, eli tässä tapauksessa Airbusin, julkaisemassa MFP (Maintenance Facility Planning) -manuaalissa. Seuraavaksi on tutkittava hallivaihtoehtoja se, missä huollot on mahdollista suorittaa. Lentokone voidaan huoltaa joko kiinteitä huoltotelakoita tai huoltoa varten erikseen rakennettavia telineitä käyttämällä. Valinta näiden vaihtoehtojen välillä riippuu hyvin paljon huoltotasojen käytön määrästä eli kuormitettavuudesta. Jos huoltoja on harvalti, kannattaa valita rakennettava telakka.

5.1.1 Tilavaatimukset

Kuten luvussa 3.1 todettiin, kyseessä on suurikokoinen ja nelimoottorinen laajarunkoinen lentokone. Airbus 340:n MFP-manuaalin mukaisesti huoltohallin pitäisi olla minimissään 88 metriä pitkä, 81 metriä leveä ja 22 metriä korkea tila. Näitä vaatimuksia vastaavia halleja on Finnairin tekniikan käytössä tällä hetkellä vain kaksi. 7-halli on reittiliikenteen eli lentokonehuollon käytössä. Kyseisessä hallissa ei tehdä C-huoltoja, vaan halli on tarkoitettu alle vuoden välein suoritettavien huoltojen ja tarkastusten tekemiseen. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää 6-halli. 6-hallissa on tilaa kolmelle samanaikaiselle

C-huollolle, jos kyseessä on pienempikokoiset, esimerkiksi Airbus 320 -sarjan lentokoneet. Airbus 340 vie hallista kahden koneen tilat. Kolmas C-huoltotelakka on Airbus 320 -koneen käytössä pienin erikoisjärjestelyin. Jos Airbus 340 -koneen siivet on telakoitu, joudutaan vasemman siivenkärjen telakointi siirtämään syrjään väliaikaisesti, jotta Airbus 320 pystytään hinaamaan telakkaan tai siitä pois (liite 2). Tällaisella lentokoneen sijoitusratkaisulla eivät kaikki MFP-manuaalin minimilava vaatimukset täyty, mutta kone kuitenkin pystytään hinaamaan halliin turvallisesti, äärimmäistä varovaisuutta noudattaen. [10, osa 3-20 s. 1 – 5.] Hallista on jouduttu poistamaan toisen kerroksen kulkutasosta yksi tukipylväs, jotta hinaustraktorille jää tilaa koneen nokalla. 6-hallissa on valmiina olemassa kiskoilla liikkuva pyrstötelakka, joka modifioidaan Airbus 340 -koneen käyttöön sopivaksi. Muidenkaan huoltotelakoiden kohdalla lievä ahtaus ei tuota ongelmia.

5.1.2 Kiinteät huoltotelakat

Kiinteinä huoltotelakoina käsitellään tässä työssä huoltotelakoita, jotka ovat valmiiksi rakennettuina. Kiinteät huoltotelakat koostuvat pyörien päällä liikuteltavista erikokoisista moduuleista (kuva 7). Tällä hetkellä Finnairin käytössä olevat kiinteät huoltotelakat ovat suurimmaksi osaksi tällaisia. Niiden käyttöaste on korkea ja ne ovat huoltojen välissäkin omilla paikoillaan, odottamassa seuraavan huollon alkua. Huoltotasojen paikat ovat hyvin vakiintuneet eivätkä ole häiritsevästi edessä muille koneille huoltoja tehdessä ja niitä siirrettäessä. Nyt suunnitteilla olevat huoltotelakat ovat suurikokoiset, eikä niille ole olemassa pysyvää paikkaa, jossa ne voisivat olla huoltojen välissä käyttövalmiudessa häiritsemättä muuta huoltotoimintaa. Huoltotelakat täytyy siirtää huollon loputtua sivuun, jotta halliin mahtuu uusia koneita huollettavaksi. Uusista huoltotelakoista on pyritty suunnittelemaan mahdollisimman vähän tilaa vievät varastoituina. Kiinteiden huoltotelakoiden paras ominaisuus on niiden tukevuus. Telakat eivät huoju ja niiden kantavuus on hyvä. Oikein suunnitellut kiinteät huoltotelakat ovat turvalliset käyttää. Niitä pääsee kaikkiin tarvittaviin huoltokohteisiin, ja niissä on kunnollinen valaistus myös siiven alapuolella sekä muun muassa sähkö- ja paineilimaliittimet valmiiksi oikein sijoiteltuna.



Kuva 7. MD11-lentokoneen siiven kiinteä huoltotelakka.

5.1.3 Purettavat huoltotelakat

Purettavat huoltotelakat ovat alihankkijoiden kokoamia rakennustelineitä teollisuuskäyttöön. Niiden käyttö on melko tavallista huoltojen yhteydessä. Muun muassa kaikki runkojen telakoinnit tehdään tällaisilla telineillä. Lisäksi jos kyseessä on konetyyppi, jolle ei ole Finnairilla olemassa kiinteitä huoltotelakoita tai ne ovat käytössä toisessa huollossa, käytetään rakennustelakoi-
ta (kuva 8). Nämä telakat ovat samoja kuin mitä käytetään rakennusten saneerauksissa. Telineet koostuvat neljästä peruselementistä (pystysalot, aloituskappaleet, vaakasiteet ja vinotuet), joilla voidaan rakentaa sopiva teline käytännöllisesti katsottuna mihin kohteeseen hyvänsä telineen korkeudesta, pituudesta, leveydestä tai tarvittavista kulmayhdistelmistä riippumatta (kuva 9). Työtasojen muutosmahdollisuus tarpeen mukaan on oleellinen ominaisuus tässä telinevaihtoehdossa. Kehikkojen rakenne on teräksinen, työtasot ja kulkureitit ovat alumiinia. Finnairin tekniikalla on tällä hetkellä voimassa oleva sopimus Teline-ramin kanssa. Teline-rami säilyttää normaalisti tarvittavan määrän telineiden osia tekniikan alueella. Telineisiin voi tulla tarvetta hyvinkin nopeasti. Niiden toimitus ja saatavuus saattaisi viivästyttää lentokoneen korjaustoimenpiteitä. [12]



Kuva 8. ATR-42 -lentokone telakoituna purettavilla huoltotelakoilla.



Kuva 9. Airbus 320 -lentokoneille rakennettu purettava pyrstöhuoltotasoa.

5.2 Rakenne

Kiinteät huoltotelakat koostuvat useista moduuleista, jotka ovat suunniteltu yhteensopiviksi toistensa kanssa. Erityisen hyvin tämä tulee esille moottori- ja laskutelinealueilla, joiden huoltotelakat ovat tehty huomioiden siiven huoltotelakat ja päinvastoin. Moduulien runko voitaisiin tehdä tukevaksi ristikkorakenteella, mutta silloin telakoiden alta ei pystytä kulkemaan ja sinne on vaikea varastoida huollon ajaksi irrotettuja osia. Huoltotelakoiden ollessa käyttämättöminä ne pitää säilöä mahdollisimman vähän tilaa vievinä, jolloin suurimman ja korkeimman moduulin alle mahtuu seuraavaksi suurin moduuli ja niin edelleen. Tämä ei ole mahdollista ristikkorakennetta käyttämällä. Huoltotelakat onkin suunniteltu palkkirakenteisiksi. Moduuli on neljän pyörillä olevan jalan varassa. Jalat on tuettu huolellisesti tason kehikkoon. Tämän

vuoksi jalkojen täytyy olla vahvaa materiaalia, samoin kuin kehikon. Kehikon päällä olevat tasolevyt tukevat omalta osaltaan kehikkoa ja kokorakennetta. Osat kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla ja/tai pultiliitoksia käyttämällä. Kun moduulit on yhdistetty siiven alapinnan, moottorit ja laskutelinealueen kattavaksi telakaksi, ne liitetään toisiinsa kiinnityskoukkujen avulla. Näin saadaan huoltotasoista todella yhtenäinen ja toisiaan tukeva rakenne, joka on helppo ja nopea kasata ja purkaa moduuleista.

5.3 Materiaalit

Materiaalien valinnat on yksi suurimmista seikoista kun suunnitellaan lentokoneille huoltotelakoita. Telakoiden tulee olla mahdollisimman tukevat käyttäjä, niiden tulee kestää erilaisia kemiallisia nesteitä kuten hydraulikkaneiteitä ja niiden täytyy olla käyttäjälle turvalliset muun muassa liukastumisien ja putoamisvaaran suhteen. Toisaalta huoltotelakoiden pitäisi olla mahdollisimman kevyet, jotta niiden liikuttelu ei vaatisi suuria voimia. Materiaalien valinnassa on otettava huomioon myös sen hinta ja sen kiinnitysmahdollisuudet muihin käytettyihin materiaaleihin. Materiaalin valinnan perusteina on itse materiaalin lisäksi sen profiili. Huoltotelakoiden jalat ovat kaikista kovimman rasituksen alaisina. Jalat ovat siipitelakan kärkiosassa jopa noin 6 metriä pitkät. Jalkojen tulee olla hyvin jäykät, jotta huoltotasosta tulee tukeva, eikä huojumista esiinny. Jalkojen materiaalin täytyy olla lujarakenteista rakenneterästä. Ohutseinäputkien profiililla voidaan vaikuttaa paljon jalkojen jäykkyyteen. Täten myös seinämän paksuudesta saadaan ohuempi ja painon säästöä syntyy. Huoltotasojen kehikoiden rakenteen tulee olla rakenneterästä. Näissäkin rakenteissa profiililla on suuri merkitys rakenteen jäykkyyteen ja taipumiseen sekä huoltotason kokonaispainoon. Terästä kevyempää alumiinia tulee käyttää kaikissa paikoissa, joissa se on mahdollista. Alumiini ei ole yhtä jäykkää ja kovaa kuin teräs, mutta se on kevyttä ja suhteellisen edullista. Sen korroosionkestävyys on hyvä nopeasti uusiutuvan oksidikerroksen ansiosta. Alumiinin pursottaminen halutulla tavalla on kustannuksiltaan melko edullista: jo 50 kilon profiilikohtaiset pursotukset saattavat olla kannattavia. Huoltotelakoissa alumiinia olisi hyvä käyttää kaikissa turvakaitteissa ja portaiden rakenteissa. Portaiden askelmat kannattaa painon säästön vuoksi tehdä alumiiniritilästä. Huoltotelakoiden työskentelytasoissa kannattaa käyttää kohokuvioitua alumiinilevyä, joka on kevyttä ja kohokuviointi vähentää liukastumisvaaraa. [13, s. 99 – 120; 14, s. 171 – 183.]

5.4 Kustannusarvio

5.4.1 Arvio huoltotelakoiden käytön määrästä

Huoltotelakoiden käytön määrä määrittelee sen, kannattaako kiinteitä huoltotelakoita valmistaa vai tuleeko purettavat huoltotelakat edullisemmaksi vaihtoehdoksi pidemmälläkin ajanjaksolla. Huoltotelakat suunnitellaan C-huoltoja varten, joita Airbus 340 -koneelle tehdään 18 kuukauden välein [15, s. 2]. Airbus 340 -laivaston kooksi tulee tämän hetkisten tietojen mukaan 5-11-lentokonetta vuoteen 2010 mennessä. Konemäärän suuri arvionvaihtelu johtuu siitä, ettei ole päätetty, otetaanko Airbus 340 -koneita vai Airbus 330 -koneita. Suunnitellut huoltotelakat sopivat suurilta osin myös Airbus 330 -lentokoneelle. Tämän lisäksi on olemassa osto-optio vielä neljälle uudelle Airbus 340 -lentokoneelle. Taulukko 1 on laadittu sen olettamuksen mukaan, että kaikki hankittavat koneet olisivat Airbus 340 -lentokoneita. C-huollot on jaotettu 18 kuukauden jaksoihin ottamatta huomioon koneiden tarkkoja käyttöönottopäiviä, koska niitä ei ole vielä saatavilla. Tietojen mukaan kaksi seuraavaa konetta otetaan käyttöön kesällä 2007. Muiden koneiden kohdalla käyttöönottoajankohdat ovat omia arvioitani, jotka on tehty käytettävissä olevien tietojen perusteella. [9, s. 4 – 5.] Koneiden rekisteritunnukset ovat myös LQA-konetta lukuun ottamatta arvioita, eikä välttämättä pidä paikkaansa. C-huoltotarpeet on arvioitu 10 vuotta eteenpäin.

Taulukko 1. Airbus 340 -koneen C-huolto-ohjelma

Vuosi / Rek.	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LQA	C		C2	C		C4	C		C2	C
LQB		C		C2	C		C4	C		C2
LQC		C		C2	C		C4	C		C2
LQD		C	C2		C	C4		C	C2	
LQE		C	C2		C	C4		C	C2	
LQF			C	C2		C	C4		C	C2
LQG			C	C2		C	C4		C	C2
LQH			C	C2		C	C4		C	C2
LQI				C	C2		C	C4		C
LQJ				C	C2		C	C4		C
LQK				C	C2		C	C4		C

Taulukon 1 mukaisesti seuraavan 10 vuoden aikana tehdään Airbus 340 -lentokoneille yhteensä 64 C-huoltoa. Huoltoja tullaan todennäköisesti rytmittämään siten, että niitä tehdään useita peräkkäin. Tämä tulisi edulliseksi vaihtoehdoksi purettavia huoltotelakoita käytettäessä, sillä silloin ei huoltotelakoita tarvitsisi rakentaa ja purkaa useasti, mikä on suurin kustannus purettävien huoltotelakoiden kohdalla. Jos pystytään tekemään keskimäärin kaksi huoltoa peräkkäin, niin huoltotelakoiden rakennus- ja purkutyöt puolittuvat 32 kertaan. Huoltotelakoiden tarve on todellisuudessa hieman korkeampi, koska joidenkin yllättävien vikojen korjaukseen saatetaan tarvita niitä. Lisäksi on mahdollista, että Finnairin tekniikka alkaisi huoltaa myös asiakasyhtiöiden Airbus 340 -koneita, jolloin huoltotelakoiden tarve saattaa lisääntyä huomattavasti. Kiinteiden telakoiden valmistamista puoltaa myös se, että niitä voidaan luultavasti käyttää osittain myös vuonna 2014 laivastoon liittyvien Airbus 350 -koneiden C-huolloissa.

5.4.2 Kiinteiden ja purettävien huoltotelakoiden kustannusarviot

Purettävien huoltotelakoiden kustannusarviot perustuvat luvussa 5.4.1 esitettyihin arviointeihin C-huoltojen määrästä ja tämän hetkisen alihankkijan, Teline-ramin, antamiin tarjouksiin telineiden asennuksesta ja käytettävien osien vuokrasta. Vuokrattujen telineosien laskutus riippuu myös vuokrausajan pituudesta. Esimerkiksi siipien huoltotelakoiden vuokra on 1 100 € viikossa viikon vuokra-ajalla; vuoden pituisessa vuokrasopimuksessa viikon hinta on 350 €. Kustannuslaskelmat on tehty kahdelle eri huoltotelakoiden tarvemäärälle. Ensimmäisessä huoltotelakoiden tarvemäärä on 32 rakennus- ja purkukertaa. Toisessa mallissa määrä on huomattavasti suurempi, 70 kertaa, osto-optioiden käytön ja asiakasyhtiöiden koneisiin tehtävien huoltojen seurauksena. Laskelmat on tehty vain siipialueiden telakoinnista, sisältäen moottorit ja päälaskutelinekuilut. Pyrstöalueen telakka on valmiiksi olemassa ja rungon telakointi suoritetaan aina purettavilla telakoilla, yleensä vain koneen maalauksen vuoksi C4- ja C8-huolloissa. [16]

Alihankkija veloittaa siipien huoltotelakoiden rakentamisesta 8 800 €

$$8\,800\text{ €} * 32 = \underline{281\,600\text{ €}}$$

C- ja C2-huoltojen kesto on keskimäärin 7 vuorokautta, C4- ja C8-huoltojen kesto neljä viikkoa. Taulukon 1 mukaan C- ja C2-huoltoja on 53 kappaletta, yhteensä kestoltaan siis 53 viikkoa, C4-huoltoja 11 kappaletta eli yhteensä

44 viikkoa. C- ja C2-huoltojen lyhyemmän keston vuoksi telinevuokra on 1 100 €/viikko. Oletetaan, että C4-huoltoja tehtäisiin kaksi peräkkäin, jolloin vuokra putoaa 800 €/viikko.

$$1\,100\text{ €} * 53 = \underline{58\,300\text{ €}}$$

$$800\text{ €} * 44 = \underline{35\,200\text{ €}}$$

Telakointikulut yhteensä

$$281\,600\text{ €} + 58\,300\text{ €} + 35\,200\text{ €} = \underline{375\,100\text{ €}}$$

Kymmenen vuoden aikana kuluja pelkästään siipialueiden telakoinnista pu-
rettavilla huoltotelakoilla tulee yhteensä 375 100 €

Huoltotelakoiden käyttötarpeen ollessa 70 rakennuskertaa kustannukset ovat samaa laskumallia käyttäen huomattavasti suuremmat. Siipien huoltote-
lakoiden rakentamiskustannukset ovat

$$8\,800\text{ €} * 70 = \underline{616\,000\text{ €}}$$

Huoltotelakoiden rakentamiskertojen määrän ollessa 70 ja niiden jakautues-
sa samalla lailla kuin taulukko 1 esittää, tulee C- ja C2-huoltojen määräksi
116 ja C4-huoltojen määräksi 24. C- ja C2-huoltojen kesto viikoissa on 116
ja C4-huoltojen kohdalla 96. Telineiden vuokratulot ovat samat kuin ensim-
mäisessä mallissa.

$$1\,100\text{ €} * 116 = \underline{127\,600\text{ €}}$$

$$800\text{ €} * 96 = \underline{76\,800\text{ €}}$$

Telakointikulut yhteensä

$$616\,000\text{ €} + 127\,600\text{ €} + 76\,800\text{ €} = \underline{820\,400\text{ €}}$$

Kymmenen vuoden aikana kuluja pelkästään siipialueiden telakoinnista pu-
rettavilla huoltotelakoilla tulee yhteensä 820 400 €

Kiinteiden huoltotelakoiden kohdalla kustannusarviot perustuvat 2001 tilat-
tuihin siipien huoltotelakoihin, jotka on suunniteltu Airbus 320 -koneiden

huolloissa käytettäväksi. Ne ovat kooltaan noin puolet pienemmät, kuin nyt suunnitellut Airbus 340 -koneiden siipien huoltotelakat.

Yleinen käytäntö on ollut, että tarjousten perusteella valitaan insinööritoimisto, joka tekee työpiirustukset ja lujuslaskelmat Finnairilla tehtyjen layout-suunnitelmien mukaisesti. Tässä tapauksessa käytetään tämän insinööritoimiston tuloksena syntyneitä layout-piirustuksia.

Insinööritoimiston piirustuksien mukaiset huoltotelakat valmistaa yritys, joka myös valitaan tarjouskilpailun perusteella.

Airbus 320 -koneen siipialueen huoltotelakoiden suunnittelu insinööritoimistolla maksoi vuonna 2001 150 570 mk, euroiksi muutettuna noin 25 306 €.

Huoltotelakoiden valmistus maksoi edullisimman tarjouksen perusteella 667 000 mk, euroina 112 100 €.

Yhteishintaa tuli Airbus 320 -koneen siipien huoltotelakoille yhteensä 137 406 €.

Yleinen hintataso on luultavasti noussut hieman kuudessa vuodessa, lisäksi isompikokoisten siipien huoltotelakoiden suunnittelu ja valmistus maksaa enemmän. Lisäksi materiaalien valinnat painon säästön lisäämiseksi nostavat hintaa verrattuna Airbus 320 -koneen huoltotelakoihin. Oman arvioni mukaan Airbus 340 -koneen siipien huoltotelakoiden kokonaishinnaksi muodostuisi noin 240 000 - 270 000 €.[17]

Kustannusarvioiden perusteella käy selväksi, että kiinteät huoltotasot kannattaa valmistaa. Kymmenessä vuodessa purettavat huoltotasot aiheuttaisivat vähintään 375 100 €:n kustannukset. Kiinteiden huoltotasojen kustannukset jäävät noin 240 000 - 270 000 euroon ja niiden käyttöikä on selvästi 10 vuotta pidempi (taulukko 2). Syy, miksei päädyttäisi kiinteiden huoltotasojen hankintaan, on varastoinnissa. Asia on selvitetty luvussa 6.9 tarkemmin.

Taulukko 2. Huoltotelakointimallien yhteenveto. Taulukko perustuu luvun 5.4 laskelmiin.

Kustannus	Kiinteä huoltotelakka	Purettava huoltotelakka
Suunnittelu (arvio)	30 000 – 40 000 €	–
Valmistus (arvio)	210 000 – 250 000 €	–
Rakennustyöt 32/70 krt.	–	281 600/616 000 €
Telineiden vuokra 32/70 krt.	–	93 500/204 400 €
Yhteensä	240 000 – 270 000 €	375 100/820 400 €

6 YLEISET VIRANOMAISVAATIMUKSET HUOLTOTASOILLE

6.1 Yleistä

SFS-käsikirjasarjassa 93 on julkaistu tärkeimmät koneturvallisuuteen liittyvät standardit. Osa 93-5 käsittelee nimenomaan koneiden kiinteitä kulkutietä koskevia perusstandardeja. Kiinteitä kulkuteitä koskevat valinnat tehdään riskin arvioinnin perusteella. Tavoitteena ovat mahdollisimman turvalliset ja ergonomiset kulkutiet, jotka tässä tapauksessa ovat lentokoneiden huolto- toiminnassa käytettävät huoltotelakat. Kun huoltotelakoita käytetään, on aina olemassa turvallisuusriskejä. Näitä riskejä pyritään arvioimaan ja pienentämään eri tavoin. Riskejä siedetään eri tavoin eri kulttuureissa ja ammattiryhmissä. [17, s.25 – 174.] Lentokonekorjaamolla huoltotasojen käyttäjät ovat tottuneet käyttämään ja kulkemaan tämän tapaisilla työtasolla, joten riskien sietokyky on melko suuri. Tämä ei tosin anna lupaa siihen, että huoltotelakat olisivat vaaralliset käyttää, vaan niistä on tehtävä mahdollisimman turvalliset käyttöolosuhteet huomioon ottaen.

Huoltotelakoiden suunnitteluvaiheessa, käyttöturvallisuusriskien pienentämiseen käytetään kolme askeleen menetelmää:

- 1. askel: Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet
- 2. askel: Erilaiset suojaustekniset toimenpiteet
- 3. askel: Turvallisuutta koskevat mukana toimitettavat tiedot.

Loppukäyttäjän eli huoltotyötä tekevien henkilöiden vastuualueeksi jää tuotteen käyttövaihe, joka sisältää:

- täydentävän suojaustekniikan
- koulutuksen ja opastuksen
- henkilökohtaisten suojaimien käyttö
- työn ja käytön organisointi.

Standardi EN ISO 14122 koostuu seuraavista osista, joiden yleinen otsikko on "Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet":

Osa 1: Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta

Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot

Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet

Osa 4: Kiinteät tikkaat. [17, s.25 – 174.]

6.2 Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta

Työturvallisuuden kannalta paras vaihtoehto olisi työskennellä suoraan lattialta, mutta useimmissa lentokoneen huoltotöissä tämä ei ole mahdollista. Standardi EN ISO 14122-1 käsittelee kahden tason välisen kiinteän kulkutien valintaa, joka tässä tapauksessa tarkoittaa pääsääntöisesti lattian ja

huoltotelakan välistä kulkutietä. Vaihtoehtoisina kulkuteinä ovat tikkaat, porrastikkaat, portaat ja luiska. Myös hissi on yksi vaihtoehto, mutta sen käyttö voisi rajoittautua tässä tapauksessa korkeintaan raskaiden tavaroiden kuljettamiseen.

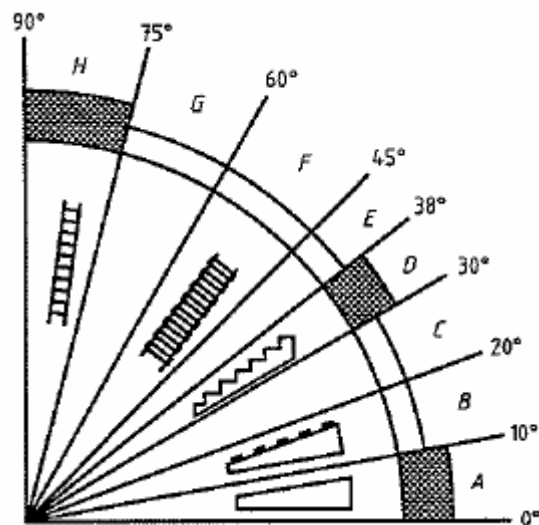
Kulkuteiden määritelmät (kuva 10):

Tikkaat: Kulkutie, jonka nousukulma on yli 75° ja korkeintaan 90° ja jonka vaakasuorat rakenneosat ovat puolia.

Porrastikkaat: Kulkutie, jonka nousukulma on yli 45° ja korkeintaan 75° ja jonka vaakasuorat rakenneosat ovat askelmia.

Portaat: Kulkutie, jonka nousukulma on yli 20° ja korkeintaan 45° ja jonka vaakasuorat rakenneosat ovat askelmia.

Luiska: Kulkutie, joka muodostuu yhtenäisestä kaltevasta tasosta, jonka nousukulma on yli 0° ja korkeintaan 20° .



Kuva 10. Kulkuteiden nousukulmien määritelmät, A-, D- ja H -sektorit ovat suosittelutavat alueet.[17, s. 40.]

Kun määritetään kulkutietyyppiä, pitää huomioida myös niiden merkittävimmät vaaratekijät:

- a) putoamisvaara
- b) liukastumisvaara

c) kompastumisvaara

d) liiallisesta fyysisestä ponnistelusta aiheutuvat vaarat, esim. usean tikasjakson kiipeämisen seurauksena

e) aineiden tai esineiden putoamisesta aiheutuvat vaarat, jos niistä voi aiheutua riskiä henkilöille. [17, s.27 – 52.]

Huoltotelakoiden kulkutien valinnassa paras toteutusvaihtoehto on portaat. Porrastikkaiden ja tikkaiden käyttöä tulee välttää liian jyrkän nousukulman takia. Joissakin huoltokohteissa ei näiden käyttöä voi välttää, joten silloin on noudatettava erityistä varovaisuutta.

6.3 Työskentely- ja kulkutasot

Standardi EN ISO 14122-2 käsittelee päättötyön aivan ydinaluetta, eli työskentely- ja kulkutasoja. Lentokoneen huoltotyöt tehdään pääsääntöisesti huoltotelakoilta, jota standardin teksti kutsuu työskentelytasoksi. Standardi määrittelee työskentelytason seuraavalla tavalla: ”Tasainen pinta, jota käytetään koneen käytössä, kunnossapidossa, tarkastuksessa, korjauksissa, näytteenotossa tai muussa koneen kanssa yhteydessä olevissa työvaiheissa” [17, s. 62].

Rakenne ja materiaalit

Työskentelytasoja suunniteltaessa ja rakennettaessa on tärkeintä valita käytettävät materiaalit niin, että ne kestävät käyttöolosuhteet, joissa työskentelytasoja on ennakoitu käytettävän. Seuraavassa on eritelty yksityiskohtia, joita ainakin tulee ottaa huomioon:

a) Rakenneosat, kuten kiinnittimet, liitoskappaleet, tuet yms. joiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon riittävän jäykkyyden takaaminen rakenteille. Lentokoneiden huoltotöitä tehtäessä työskentelytasojen tulee olla vakaat, eikä tasojen huojumista sallita. Työtelakoilta suoritetaan samanaikaisesti ras-

kaita nostoja sekä tarkkuutta vaativia tarkastustehtäviä, jotka eivät onnistu huojuvilta työskentelytasoilta.

b) Käytettävien osien täytyy kestää ympäristön vaikutukset kuten ilmasto, kemialliset aineet ja syövyttävät kaasut. Kestävyys saavutetaan käyttämällä oikeaa materiaalia, esimerkiksi ruostumatonta terästä tai suojaavaa pinnoitetta. Lentokonetyössä suurimmat kemialliset rasitukset rakenteille syntyvät liuotin-, puhdistus- ja maalinpoistoaineiden, hydraulikkaneiteiden ja lentokerosiinin yhteisvaikutuksesta. Myös säilyttäessä huoltotelakoita ulkona ne altistuvat ilmaston aiheuttamalle eroosiolle.

c) Rakenneosien muotoilu ja sijoittaminen täytyy tehdä niin, että nesteet ja lika eivät pääse kertymään niihin.

d) Materiaalien valinta täytyy tehdä siten, että ne ovat toistensa kanssa yhteensopivia. Näin pystytään ehkäisemään muun muassa galvaanisista vaikutuksista sekä lämpölaajenemisista johtuvat vauriot.

e) Työskentelytasojen mittojen on oltava käytettävissä olevien antropometristen tietojen mukaisia. Käytännössä työskentelytasojen korkeus on mitoitettava niin, että työskentelykorkeus on paras mahdollinen ja ergonomisesti hyvä.

f) Työskentelytasot on suunniteltava ja rakennettava estämään putoavista esineistä aiheutuvat vaarat lattiapinnoissa olevien aukkojen kohdalta sekä kaiteiden ja kynnyksien osalta. Lentokoneiden huoltoja tehdään työskentelytasoilta, jotka ovat useita metrejä korkeat. Putoavat työkalut ja kiinnittimet saattavat aiheuttaa henkilövahinkoja tasojen alla työskenteleville henkilöille, joten tasoissa ei sallita putoamista mahdollistavia aukkoja. Lisäksi lattialle saakka pudonneiden ruuvien etsiminen vie työaikaa.

g) Mikä tahansa koneen osa on voitava irrottaa ja ottaa pois poistamatta suojakaiteita, lattiaelementtejä tai muita pysyviä suojarakenteita aina, kun se on käytännössä mahdollista. Lentokonehuollossa koneesta irrotetaan usein lasku- ja ohjainsiivekkeitä, moottoreita ja muita suuria osia, joiden yhteydessä on välttämätöntä poistaa joitakin suojarakenteita. Tämä tulee ottaa huomioon työskentelytasojen suunnittelussa. Jos suojarakenteiden poistamista ei voida välttää, tulee purkamisen ja kasaamisen olla yksinkertaista ja nopeaa. [17, s. 62.]

6.4 Käyttäjien turvallisuus

Työskentelytasojen käyttöturvallisuus on tärkein ominaisuus käyttäjän kannalta, joten se on suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon ainakin seuraavat yksityiskohdat:

a) Työskentelytasojen kaikki kohdat, joihin käyttäjät voivat koskettaa, on suunniteltava ja rakennettava niin, että käyttäjä on suojattu vammoja vastaan. Kaiteiden ja työskentelytasojen kulmat eivät saa olla liian terävät. Porrastusten on oltava selkeästi merkittyjä ja säännöllisin välein, jotta liikkuminen on helppoa.

b) Työskentelytasojen kävelypinnat on suunniteltava niin, että niissä on pysyvät liukastumista estävät ominaisuudet. Lentokoneiden työskentelytasoisissa tämä toteutetaan lattioiden pinnoissa liukastumista ehkäisevällä kuvioinnilla.

c) Koneen sellaiset osat, joiden päällä käyttäjien on käveltävä tai seistävä, on suunniteltava ja varustettava estämään henkilöiden putoaminen niiltä. Lentokoneen moottoreiden, rungon tai siipien päällä työskenneltäessä on käytettävä turvalajaita, jotka kiinnitetään siivessä oleviin kiinnityspisteisiin tai huoltohallien katoissa sijaitseviin turvavaijereihin.

d) Työskentelytasot ja kulku niille on suunniteltava niin, että käyttäjät voivat nopeasti poistua työpaikaltaan vaaratilanteessa, tai että heitä voidaan tarvittaessa auttaa nopeasti ja evakuoida helposti.

e) Suunnittelussa on otettava huomioon käsijohteiden ja muiden tukirakenteiden sijoittelu niin, että niitä käytetään vaistomaisesti. [17, s. 62 – 63.]

6.5 Työskentelytasojen suunnittelu

6.5.1 Sijoitus

Työskentelytasot pitäisi pyrkiä sijoittamaan niin, että ne eivät olisi kosketuksessa haitallisiin materiaaleihin, eikä niiden pintoihin tippuisi sellaista esimerkiksi liukastumisvaaran vuoksi.

Turvaetäisyyksien koneen liikkuviin, kuumiin ja jännitteisiin osiin on oltava riittävän suuret ja täyttävä määräyksissä annetut minimiehdot (standardi EN 294). Lentokonehuolloissa testikäytetään ja säädetään ohjainpintoja, liikute-taan niitä ääriliikkein lentokoneen ollessa telakoituna hallissa. Huoltotelakoi-den mitoituksessa nämä liikkumavarat on otettava huomioon. Turvallisuuden kannalta on erittäin tärkeää, että ohjainajoja tekevän ryhmän ja muiden huol-toa tekevien henkilöiden välinen kommunikointi on selkeää ja aukotonta. Vain näin pystytään välttämään vaaratilanteet ohjainpintojen liikkuesssa.

Työskentelytasot tulisi standardin mukaan sijoittaa ergonomisesti niin, että työskentely voisi tapahtua hyvässä asennossa. Työkohteiden tulisi olla mah-dollisuuksien mukaan korkeudella 500 -1 700 mm työskentelytason pinnas-ta. Työskenneltäessä siiven alla ergonomisin työkorkeus on noin 2 000 mm :n korkeudessa. Näin työntekijä pystyy työskentelemään seisten, kädet pään yläpuolella. Asento on raskas, mutta huomattavasti parempi kuin jatkuva kyykistely ja pään sivulle taittaminen, joka rasittaa niskaa. [17, s. 64.]

6.5.2 Mitoitus

Työskentelytasojen vapaat pituudet ja leveydet määritellään standardin mu-kaan seuraavin perustein:

- a) työtehtävien vaatimusten mukaan, työskentelyasennot, liikkeiden luonne ja nopeus, voiman käytön tarve jne.
- b) mukana kuljetettavien työkalujen, varaosien yms. mukaan.
- c) työtehtävien ja tason käytön taajuus ja kesto.
- d) kuinka monta käyttäjää on samaan aikaan kulku- tai työskentelytasoilla.
- e) onko vastaan tulevien käyttäjien kohtaaminen mahdollista.
- f) käytetäänkö lisävarusteita, kuten suojavaatetusta tai henkilösuojaimia.
- g) mahdolliset yksittäiset esteet.
- h) loukkaantuneiden henkilöiden kuljettaminen pois.

i) kulkutason päättyminen umpikujaan.

j) käyttäjien vaatteita mahdollisesti vahingoittavat tai likaavat seinät.

k) työliikkeiden esteettömyyden vaatimus ja tarvittavat tilat ennakoitavissa olevia työkaluja käytettäessä.

Kulkukorkeuden on oltava vähintään 2 100 mm, jos se vain on mahdollista. Vapaa korkeus voi poikkeustapauksissa olla 1 900 mm, jos työskentelytason käyttö on vähäistä, tai matalampi korkeus on vain lyhyellä matkalla. Kulkutasojen leveyden on oltava vähintään 600 mm. Jos kulkutasoja käyttää samanaikaisesti useampi henkilö, leveyden tulisi olla vähintään 1 000 mm. Häätäpoistumistienä toimivien kulkutasojen on mitoitukseltaan oltava niitä koskevat säädökset täyttävät.

Lentokoneiden huoltotelakat ovat yleisesti ottaen tilavia liikkua. Ainoastaan korkeussuunnassa, työskenneltäessä esimerkiksi siiven alla, vapaa korkeus ei ole standardin mukainen.

Jos putoamiskorkeus on työskentelytasolta yli 500 mm, taso täytyy varustaa suojakaiteilla, jotka ovat standardin EN ISO 14122-3 mukaiset.

Raskaiden kappaleiden käsittelemistä varten on oltava asianmukaiset varusteet ja laitteet. Kappaleita ei saa siirrellä tasoja pitkin eikä niitä saa varastoida tasoille.

Lentokoneiden osia käsiteltäessä on itsestään selvää, ettei niitä siirrellä huoltotelakoita pitkin. Osien ja laitteiden varastointi tapahtuu niille tarkoitetuissa paikoissa. Huollon ajan, väliaikaisesti irrotetut osat, esimerkiksi erilaiset muotosuojat, voidaan säilyttää huoltotelakoilla, jos niille on erityisesti tehty säilytykseen sopiva paikka.

Kompastumisvaaran välttämiseksi vierekkäisten lattiaelementtien suurin sallittu korkeusero ei saa ylittää 4 mm:ä.

Työskentelytasojen lattiapinnassa saa olla korkeintaan niin suuria aukkoja, että halkaisijaltaan 35 mm:n suuruinen kuula ei pääse putoamaan niiden läpi. Jos työskentelytason alapuolella työskentelee henkilöitä, aukkojen läpi ei

saa päästä putoamaan halkaisijaltaan yli 20 mm:n suuruinen kuula. Alapuolella työskentelevien henkilöiden turvallisuus voidaan taata myös muilla putoamista estävillä keinoilla, esimerkiksi suojaverkolla.

Työskentely- ja kulkutasojen teknisissä tiedoissa on mainittava, kuinka suurelle kuormalle ne on suunniteltu. Vähimmäisvaatimukset ovat seuraavanlaiset:

- rakenteeseen tasaisesti kohdistuva kuormitus 2 kN/m²
- lattiarakenteen epäedullisimpaan kohtaan kohdistuva 1,5 kN kuorma jakautuneena 200 mm x 200 mm:n suuruiselle alueelle.

Työskentely- ja kulkutasojen rakenteen lujuuden turvallisuus on todennettava laskelmilla tai testeillä. [17, s. 64 – 68.]

6.6 PORTAAT, PORRASTIKKAAT JA SUOJAKAITEET

Portaat ja porrastikkaat ovat merkittävä osa lentokoneiden huoltotelakoita. Standardi EN ISO 14122-3 käsittelee tätä tärkeää osiota; päättötyön kannalta tärkeimmät asiat on otettu esille tässä osiossa. Portaat toimivat kulkureitinä siipi-, moottori- ja pyrstötelakoille, matkatavararuumiin, matkustamoon ja lentokonetta ympäröiviin runkotelakoihin sekä erilaisina sovellutuksina moneen eri huoltokohteisiin. Porrastikkaita käytetään väliaikaiseen työskentelyyn paikoissa, joihin ei suuren korkeuden vuoksi muuten päästä kunnolla käsiksi. Suojakaiteita käytetään lentokoneiden huoltotelakoiden kaikissa kohteissa turvallisuusvaatimuksien mukaan aina kun se on työn teon kannalta mahdollista. Portaiden ja porrastikkaiden eroavaisuus esitettiin luvun 6.2 alussa.

6.6.1 Rakenteiden turvallisuusvaatimukset

Kaikkien rakennemateriaalien ja -osien mitoituksen ja niiden valmistusmenetelmien on täytettävä standardin vaatimustavoitteet. Käytettyjen materiaalien on pystyttävä vastustamaan ympäristöolosuhteiden aiheuttamia vaikutuksia, kuten syöpymistä, materiaalien ominaisuuksien tai pinnoitusten avulla. Osat, jotka ovat käyttäjään suoraan kosketuksissa, eivät saa aiheuttaa

vammautumisia, jotka johtuvat esimerkiksi terävistä kulmista, hitsauspurseista tai vastaavasta. Askelpintojen täytyy olla karhennetut ja/tai kuvioidut siten, että ne estävät liukastumisia. Liikkuvien ja avattavien porttien kääntyvät ovet ja niiden mekanismit eivät saa aiheuttaa leikkausvaaraa tai muita vaaratilanteita, kuten putoamisvaaraa muille henkilöille. Kaikkien liitoskohtien, sarausten, kiinnittimien yms. pitää olla rakenteeltaan riittävän jäykkiä ja vakaita. Lisäksi askelmat ja tukirakenteet on suunniteltava kestäväksi niille tarkoitettuihin kuormituksiin. Teollisuudessa tämä tarkoittaa kuormituksen kestävyyttä 1,5-5 kN/m² käytettävyyssasteen mukaan. [17, s. 90.]

6.6.2 Portaiden turvallisuusvaatimukset

Portaiden turvallisuusvaatimukset koskevat portaiden mitoituksia, askelkorkeuksia, niiden limityksiä ja muita normaalia käyttöturvallisuutta parantavia seikkoja (kuva 7).

Portaiden etenemän, g , ja nousun, h , tulee täyttää seuraava yhtälö:

$$600 \text{ mm} \leq g + 2h \leq 660 \text{ mm}.$$

Porrasaskelmien limityksien seuraavan portaan, tason tai lattian välillä on oltava $\geq 10 \text{ mm}$.

Porrasjakson nousun tulee olla sama aina kun se on mahdollista. Jaksotusta voidaan muuttaa, jos se on välttämätöntä.

Jotta portaissa kulkeminen onnistuisi pystyasennossa, kulkukorkeuden, e , on oltava vähintään 2 300 mm ja vapaan tilan, c , vähintään 1 900 mm.

Portaikokorkeuden minimimitä normaalioloissa pidetään 600 mm, jos portaita käyttää samanaikaisesti useita käyttäjiä. Korkeuden tulisi olla vähintään 1 000 mm. Hätäpoistumistieksi tarkoitettujen portaiden on täytettävä niille erikseen säädetyt vaatimukset.

Yksittäisen porrasjakson nousukorkeus, H , saa korkeintaan olla 4 000 mm. Jos porrasjaksoja on useampi peräkkäin, yksittäisen jakson nousukorkeus on rajoitettu 3 000 millimetriin, jolloin porrasjakso on katkaistava lepotasolla, jonka pituuden, l , on oltava portaiden levyinen, mutta vähintään 800 mm. [17, s. 90 – 92.]

Lisäksi portaat tulee varustaa suojakaitein luvussa 6.6 esitettävien vaatimusten mukaisesti.

6.6.3 *Porrastikkaiden turvallisuusvaatimukset*

Porrastikkaiden turvallisuusvaatimukset koskevat porrastikkaiden mitoituksia, askelkorkeuksia, niiden limityksiä ja muita normaalia käyttöturvallisuutta parantavia seikkoja (kuva 11).

Porrastikkaiden askelmien syvyyden, t , vähimmäismitta on 80 mm. Askelmien nousu, h , saa olla korkeintaan 250 mm.

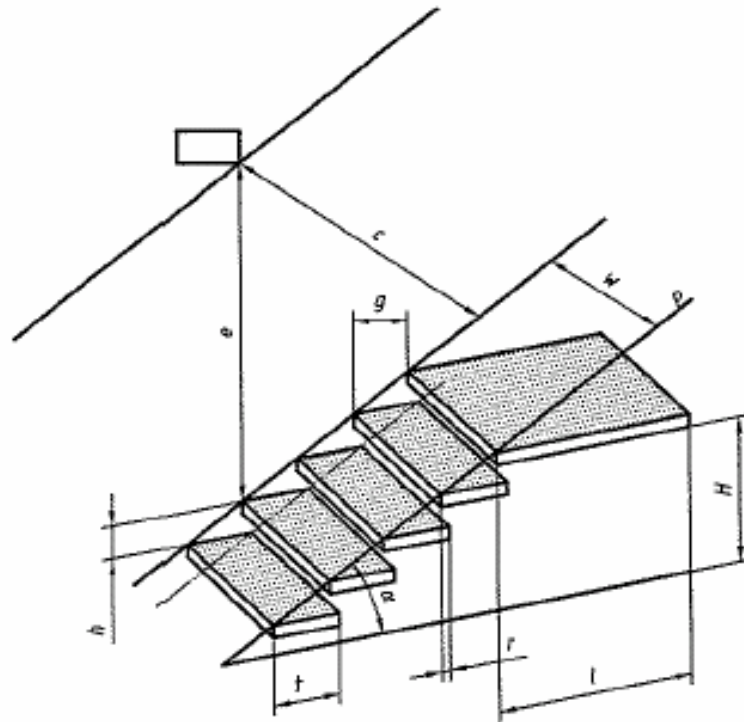
Limityksen, r , askelmien tai tasanteen välillä on oltava vähintään 10 mm.

Porrastikkaiden sivupalkkien tai suojakaiteiden vaihteluväliksi sallitaan 450-800 mm. Suositeltavaa kuitenkin on, että leveys on vähintään 600 mm.

Porrastikkaiden porrasjakson nousun tulee olla sama aina kun se on mahdollista. Jaksotusta voidaan muuttaa, jos se on välttämätöntä.

Kulkukorkeudeksi, k , on määritelty vähimmäiskorkeus 2 300 mm ja vapaan tilan, c , on oltava vähintään 850 mm.

Porrastikkaiden porrasjakson nousukorkeus, H , ei saa ylittää 3 000 mm enimmäisarvoa. Kun käytetään useampia porrasjaksoja porrastikkaissa, on suositeltavaa käyttää lisäturvallisuusvälineitä, esimerkiksi turvavaljaita. [17, s. 92.]



Kuva 11. Portaiden ja porrastikkaiden askelkorkeudet, niiden limitykset sekä muut mitoitukset. [17, s. 86.]

6.6.4 Suojakaiteiden turvallisuusvaatimukset

Standardi SFS-EN ISO 14122-3 käsittelee suojakaiteiden käyttökohteita, mitoituksia, rakenteiden lujuusvaatimuksia ja turvallisuusvaatimusten todentamistapoja. Seuraavassa on esitetty lentokoneiden huoltotasoissa käytettävien suojakaiteiden tärkeimpiä vaatimuksia standardin perusteella.

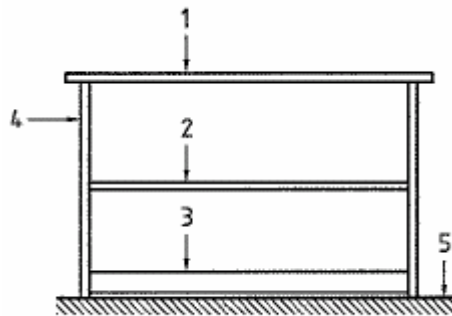
Suojakaidetta on käytettävä, jos mahdollinen putoamismatka on yli 500 mm, kun huoltotason, koneen rakenteen ja seinän välinen aukko on yli 200 mm, tai suojakaide suojaa paremmin kuin koneen rakenne tai seinä mahdolliselta putoamiselta.

Käsijohteen eli suojakaiteen yläreunan on oltava tason pinnasta vähintään 1 100 mm korkeudessa. Käsijohteet on muotoiltava niin, että niissä ei ole vahingoittavia teräviä kulmia tai vastaavaa. Suojakaiteissa täytyy olla vähintään yksi välijohte, tai jokin muu vastaava suoja. Välijohteen vapaa tila käsijohteeseen ja tason pintaan tai jalkalistaan saa olla enimmillään 500 mm. Jos välijohteen sijasta käytetään pystypienoja, niiden vapaa väli ei saa olla

suurempi kuin 180 mm. Kaidetolppien väliksi suositellaan 1 500 mm. Jos väli on suurempi, niin silloin täytyy huomioida tolppien kiinnityspisteiden riittävä lujuus. Suojakaiteiden väli saa maksimissaan olla 120 mm. Tätä suuremmis- sa väleissä on käytettävä itsestään sulkeutuvaa porttia (kuva 12).

Porttien tulee olla suojakaiteen korkuisia itsestään sulkeutuvia ja sisäänpäin aukeavia, jotta porttiin nojaaminen ei aiheuta putoamisvaaraa.

Portaissa, joiden leveys on vähintään 1 200 mm, on suojakaide oltava molemmilla puolilla. Tätä kapeammissa portaissa riittää yksi suojakaide. Porrastikkaissa on aina oltava kaksi suojakaidetta. Portaan ja käsijohteen pystytysuora korkeusero on oltava välillä 900 -1 100 mm. [17, s. 94.]



Kuva 12. Suojakaiteiden määritelmät.

Merkintöjen selitykset:

1. käsijohde
2. välijohde
3. jalkalista
4. kaidetolppa
5. kävelytaso. [17, s. 88.]

6.7 Kiinteät tikkaat

Standardi EN ISO 14122-4 käsittelee kiinteiden tikkaiden mitoitusta, rakennetta ja turvallisuusmääräyksiä. Lentokonetöissä kiinteiden tikkaiden käyttö on erittäin vähäistä, niiden käyttöä ei suositella laisinkaan. Tämän aihepiirin käsittely ei kuulu tämän päättötyön määrittelemiin asioihin, eikä näin ollen lentokoneiden huoltotelakoihin.

6.8 Varastointi vaatimukset

Huoltotelakoiden varastointi on yksi suurimmista ongelmista. Airbus 340-koneen huoltotelakoiden käyttö on ainakin aluksi suhteellisen vähäistä ja yleensä kausiluonteista. Niiden käyttöäastetta on pyritty nostamaan niin, että samoja huoltotelakoita tai niiden osakokonaisuuksia pystyttäisiin käyttämään useissa lentokonetyypeissä. Ihannetilanteessa huoltotelakat olisivat kiinteinä paikallaan hallissa, jossa huollettaisiin koneita niin useasti, että hallin ja huoltotelakoiden käyttöaste olisi korkea.

Nämä Airbus 340-koneelle suunniteltavat huoltotelakat on kuitenkin tarkoitettu halliin, jossa huolletaan pääsääntöisesti muita koneita. Huoltotelakoista on siis suunniteltava liikuteltavat ja mahdollisimman vähän tilaa vievät (kuva 13). Suurimmat huoltotelakoiden moduulit on tarkoitettu siiville, laskutelineille, moottoreille sekä rungolle. Näistä rungon telakointi suoritetaan kokonaan purettavilla kevytrakenteisilla rakennustelakoilla, jotka asentaa ja purkaa alihankkija. Muiden huoltotelakoiden kohdalla rakenteista on pyritty tekemään sellaiset, että ne voidaan säilöä sisäkkäin, jolloin ne vievät mahdollisimman vähän säilytystilaa.

Huoltotelakoiden säilytys ulkona ei tule kysymykseen sään vaihtelun ja saasteiden aiheuttaman eroosion vuoksi. Lisäksi hallin ulkopuoliset alueet kuuluvat Finavialle eli entiselle ilmailulaitokselle, joka saattaa kieltää huoltotasojen ulkosäilytyksen.



Kuva 13. Airbus 320-lentokoneen huoltotelakoita 6-hallissa varastoituna. Huoltotelakat vievät paljon tilaa huoltohalleista.

6.9 Muita vaatimuksia

6.9.1 *Liikuteltavuus*

Olen tiedustellut Finnairin tekniikan lentokonekorjaamolla työskenteleviltä asentajilta ja mekaniikoilta mitä ominaisuuksia he toivoisivat uusiin telakoihin. Vastauksena on ollut lähes poikkeuksetta telakoiden keveys ja liikuteltavuus. Nämä asiat kulkevat pitkälti käsi kädessä; kevyitä telakoita on helpompi liikuttaa. Tietysti myös hyvin laakeroidut ja oikein mitoitetut pyörät ovat oleellinen asia. Pyörien yhteydessä on lyhyt tappi, johon ohjaustangon saa helposti liitettyä ja näin suunnanohjaus telakoita liikuttaessa parantuu.

Telakoiden liikuteltavuus on erityisen tärkeää niissä osissa, joita joudutaan huollon kuluessa siirtelemään, näitä kohteita ovat laskutelineiden alue laskutelineiden testikäytön ajaksi sekä moottoritelakat, jos moottorin irrotus ja asennus vaatii telakoiden hetkellisen siirron. Airbus 340 -koneen kohdalla myös oikean siiven uloimman huoltotelakan moduulin täytyy olla helposti liikuteltava. Tämä johtuu 6-hallin ahtaudesta. Airbus 340 sijaitsee huollon ajan hallin 1 ja 2 huoltopaikkojen välissä, jotta hallin 3 paikka olisi käytettävissä Airbus 320 -sarjan lentokoneille. Uloin huoltotelakan moduuli täytyy siirtää sivuun siirrettäessä Airbus 320 3-telakkaan tai sieltä pois. Koneiden siivet ovat korkeussuunnassa niin paljon eri tasoilla, että pienemmän Airbus 320 -lentokoneen siiven kärki mahtuu menemään Airbus 340 -koneen siiven kärjen alta. Tämä erityisjärjestely on tehtävä, että hallissa voidaan huoltaa kahden konetta samanaikaisesti. Pienempiä lentokoneita, kuten Airbus 320, voi olla kolme kerrallaan huollossa 6-hallissa.

6.9.2 *Korkeuden säätö*

Huoltotelakoiden käyttöasteen tulisi olla mahdollisimman korkea. Jotta siihen päästään, pitäisi samantyyppisiä lentokoneita olla huollossa useasti. Toinen vaihtoehto on, että huoltotelakat sopivat useammalle lentokonetyypille. Se ei yksin riitä, esimerkiksi siipien huoltotelakoissa, että ne peittävät tarvittavan alueen siiven alapinnasta, vaan niiden on oltava myöskin hyvällä työskentelykorkeudella. Korkeuden säädöllä on suuri merkitys; esimerkiksi siipien kohdalla siiven ja työtason väli pitäisi olla noin välillä 180 - 200 cm. Yhden

suunnitelman mukaan Airbus 320 -koneelle suunniteltuja siipitelakoita voitaisiin käyttää lähes suoraan Airbus 340 -koneen siipien kärkiosiin ja uloimpaan moottoriin, jos niitä pystyttäisiin korottamaan noin 150 cm. Telakoiden rakenteen täytyy olla sellainen, että telakat ovat tukevat käyttää myös korotettuina. Myös Airbus 340 -koneelle suunnitteilla olevien telakoiden käytettävyyks muihin mahdollisiin konetyyppeihin vaatii korkeuden säädön.

6.9.3 Valaistus

Riittävä valaistus on ehdottoman tärkeää lentokoneen huoltotöitä tehtäessä. Yksityiskohtaisissa tarkastuksissa käytetään taskulamppuja, mutta taustalla oleva yleisvalaistus on myös tärkeä. Hallin valaistus ei ole aina tarpeeksi tehokas siiven alapintoihin, eikä etenkin laskutelinealoihin. Erillisiä putkivaloja käytetään paljon etenkin laskutelinealueella. Huoltotelakoiden lattiatasoihin kiinnitettävät valot antaisivat hyvän valaistuksen, sellaisia kannattaisi käyttää niin siipialueella kuin laskutelinekuilujenkin kohdalla. Valojen lasit kannattaisi suojata ohuilla läpinäkyvillä kalvoilla, jotka olisi helppo vaihtaa niiden likaannuttua. Näin hyvän valaistuksen saanti taattaisiin pidemmäksi aikaa, eikä kalliita laseja tarvitse vaihtaa kovinkaan usein. Siipien alapintojen valoisuutta edesauttaa alumiiniset huoltotelakan pintalevyt, jotka puhtaina heijastavat valoa myös siipien alapinnoille.

6.10 Työntekoa helpottavat ratkaisut

6.10.1 Paineilmasyötöt

Paineilmalla toimivia työkaluja käytetään lentokoneiden huoltojen yhteydessä. Tarvetta paineilmalle on koko huoltojen ajan. Etenkin levytöiden yhteydessä käytetään paineilmaporakoneita ja niittipyssyjä. Paineilman syöttöpisteitä on hyvä sijoittaa siipien huoltotelakoiden etu- ja takareunoihin, yhteensä vähintään kuusi kappaletta. Kuuden paineilmasyöttöpisteen avulla saadaan katettua siiven, laskutelineen ja moottoreiden alueet (liite 3). Paineilmaletkujen on hyvä olla kelojen sisällä, kun niitä ei käytetä. Näin telakat pysyvät siistinä ja turvallisina käyttää. Kelat ovat räikkäpalautteisia, joten letkut on helppo kelata sisään. Paineilmasyötöt saadaan telakan syöttöpisteisiin huoltohallin lattiakaivoista.

6.10.2 Pistorasiat

Lentokoneiden huoltotöissä ei saa käyttää kuin suojamaadoitettuja pistorasioita. Pistorasioiden on hyvä olla lähellä työpistettä, jossa työskennellään. Parhaiten tämä onnistuu sijoittamalla riittävä määrä pistokkeita huoltotela-koille. Suojamuuntajia, joissa on useita pistorasioita, tulee siipitelakan alu-eelle sijoittaa vähintään kaksi kappaletta. Suojamuuntajiin tarvittava voima-virta saadaan huoltohallin lattiakaivoista, joissa on voimavirtapistokkeet. Pis-torasioiden sijoitusehdotukset on esitetty liitteessä (liite 3).

6.10.3 Polttoainetankkien tuuletus

Airbus 340 -lentokoneessa polttoainetankit sijaitsevat suurelta osin siipien sisällä. On mahdollista, että tankit alkavat vuotamaan kiinnittimien ja pintale-vyjen saumoista. Vuodon paikkaus tehdään siiven sisältä, eli tankista. C4- ja C8-huolloissa siipiin tehdään sisäpuolisia rakennetarkastuksia, mikä vaatii työskentelyä siiven sisällä. Tankissa työskentely vaatii tietysti ensin sen tyh-jentämisen polttoaineesta. Tämä ei yksi riitä, vaan tankkeja on tuuletettava erityisiä tuuletusimureita käyttäen. Tuuletusputket on vedettävä hallin lattias-sa sijaitsevista tuuletuspisteistä. Tuuletusputket kannattaa vetää siipitelakoi-den läpi niitä varten erikseen tehdyistä reistä. Reikien vieressä, huoltotela-kan tason alapinnassa, on kaksi koukkua, jonka varaan putket on helppo asettaa roikkumaan tarvittavaksi ajaksi. Kun tuuletusta ei tarvita, reiät on pei-tetty saranoiduilla luukuilla. Tuuletusputkille varattuja paikkoja on siipitelak-kaan sijoitettava viisi kappaletta (liite 3).

7 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tehdä Airbus 340 -lentokoneen C-huolloissa käytettävien huoltotelakoiden layout-suunnitelma. Huoltotelakoiden suunnittelu edellytti lentokoneiden huoltotoiminnan tuntemista, koska toimintaympäristö sekä toimintatavat poikkeaa selvästi muista toimialoista. Insinööriyö vaati selvitystyötä Airbus 340 -lentokoneen huoltovaatimuksista, niin koneen mittojen kuin huoltokohteidenkin osalta.

Tässä projektissa suunniteltiin C-huoltotelakat, jotka sopivat Airbus 340 -lentokoneen lisäksi pienin muutoksin myös Airbus 330 -lentokoneen huolloissa käytettäväksi. Projektissa tutkittiin huoltotelakoiden käyttömahdollisuutta myös Airbus 350 ja MD11/DC10 -lentokoneiden huolloissa. Työssä tehdyn investointilaskelman perusteella todettiin kiinteiden huoltotelakoiden tulevan edullisemmaksi vaihtoehdoksi kuin purettavat huoltotelakat kymmenen vuoden ajan jaksolla. Suunniteltuihin huoltotelakoihin on kysytty mielipiteitä lentokoneita huoltavalta henkilöstöltä sekä aikaisemmin huoltotelakoita suunnitelleilta henkilöiltä. Näin pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman käyttäjä ystävälliset huoltotelakat. Huoltotelakoissa on otettu huomioon muun muassa paineilman syöttöpisteet sekä pistorasioiden ja polttoainetankkien tuuletusputkistojen paikkojen sijoittaminen huoltotelakoihin.

Insinööriyön tuloksena syntyi kaksi erilaista layout-suunnitelmaa Airbus 340- sekä Airbus 330 -lentokoneille. Ensimmäisessä mallissa on suunniteltu kokonaan uudet huoltotelakat, tarvittaviin huoltokohteisiin pääsemisen takaamiseksi. Huoltotelakat koostuvat erikokoisista moduuleista, jotka yhteen liitettyinä muodostavat huoltotelakka kokonaisuuden.

Toisessa vaihtoehdossa on käytetty siipien kärkiosissa Airbus 320 -lentokoneen huoltotelakoita. Ne sopivat lähes sellaisenaan käytettäväksi Airbus 340 -lentokoneen huolloissa, jos niitä korotetaan 160 cm. Airbus 330 -lentokoneen kohdalla muutoksia lisää Airbus 320 huoltotelakoissa oleva moottorin kohta, joka täytyy "paikata" irtonaisilla alumiinilevyillä. Finnairin tekniikalla on aikomuksena hankkia toiset Airbus 320 -huoltotelakat. Niiden suunnittelussa voisi ottaa selkeästi huomioon telakoiden käyttömahdollisuuden myös Airbus 330- ja Airbus340 -lentokoneiden telakointien yhteydessä.

Airbus 320 -lentokoneen huoltotelakoita ei voi käyttää silloin kuin Airbus 330 - tai Airbus 340 -lentokone on C-huollossa 6-hallissa. Kyseiset lentokoneet vievät hallista huoltotilat, jotka on suunniteltu uudeksi C-huolto paikaksi Airbus 320 -lentokoneille.

Tämän insinööriyön tuloksena syntyneitä investointilaskelmia tullaan käyttämään hyödyksi huoltotelakoiden valinnan päätöksenteossa sen jälkeen, kun selviää tehdäänkö Airbus 340 -lentokoneen huollot Finnairin tekniikassa. Jos huollot suoritetaan Finnairilla ja huoltotelakoiksi valitaan kiinteät vaihtoehdot, tullaan niiden valmistuspiirustukset todennäköisesti tekemään tähän työhön sisältyvien layout-piirustuksien mukaisesti.

VIITELUETTELO

- [1] Finnair Oyj, Technical procedures manual, chapter 1.1, revisio 15.10.2006.
- [2] Kopra, Minna. *Lentokonekorjaamo* [verkkodokumentti]. Päivitetty 12.12.2006 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: <http://intranet.finnair.fi/tek/osastot/Huolto/Lekokor/lekointranetpääsivu.htm>
- [3] Finnair Oyj, Technical procedures manual, chapter 7, revisio 15.10.2006.
- [4] Finnair Oyj, Technical procedures manual, chapter I(vi)-(viii), revisio 15.10.2006.
- [5] Jouste, Harri. *EASA – European Aviation Safety Agency* [verkkodokumentti]. Päivitetty 13.10.2004 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: <http://intranet.finnair.fi/tek/osastot/TT/sisustus/viranom/easa/easa.htm>
- [6] European Aviation Safety Agency. *Euroopan lentoturvallisuusvirasto* [verkkodokumentti]. Copyright 2006 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: <http://www.easa.eu.int./level1/filangverstempl.php>
- [7] European Aviation Safety Agency. *Regulations structure* [verkkodokumentti]. Copyright 2006 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: http://www.easa.eu.int/home/regul_en.html
- [8] Nokkala, Markku. *Finnairin laivasto* [verkkodokumentti]. Päivitetty 6.3.2007 [viitattu 20.3.2007]. Saatavilla: http://intranet.finnair.fi/tek/Finnair_Fleet.htm
- [9] Hassinen, Taneli, Olga ja siskot lähtevät. Finnair-konsernin henkilöstölehti Okay 2007 nro 3.
- [10] Airbus 340-200/-300 Maintenance Facility Planning (MFP).
- [11] Wikipedia. *Airbus A330/340* [verkkodokumentti]. Päivitetty 9.3.2007 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: http://fi.wikipedia.org/wiki/Airbus_A330/340.
- [12] Damex. *Plettac Contur* [verkkodokumentti]. Julkaisuaika tuntematon [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: <http://www.telinerami.fi/www/popupcard.php?id=5>.
- [13] Airila, Mauri ym. *Koneenosien suunnittelu*. Porvoo: WS Bookwell Oy. 3. uud. painos. 2001
- [14] *suunnittelijan opas, Rautaruukin terästuotteet*. Keuruu: Otava. 6. painos. 2000 (1988).
- [15] Finnair technical operations. *340 maintenance program* [verkkodokumentti]. Copyright 2004 [viitattu 27.3.2007]. Saatavilla: <http://intranet.finnair.fi/reittiliikenne/tekniikka/Maintenance%20Programs/340%20Maint%20Prog%20TOI%20340-05-00-00-R0.pdf>.

- [16] Työpäällikkö Jani Bolitinin kanssa käydyt keskustelut ja häneltä saadut sähköpostit. 1.3-15.3.2007. Teline-rami Oy.
- [17] Työvälinesuunnittelija Heikki Sivosen kanssa käydyt keskustelut. 1.1-21.3.2007. Finnair Oyj.
- [18] SFS-käsikirja, *koneiden turvallisuus. Osa 5: kulkutiet*. Helsinki: SFS. 2. painos 2006-01.

LIITE 2
6-hallin pohjapiirustus

LIITE 3

Paineilmakelojen, suojamuuntajien ja polttoainesäiliöiden tuuletusputkien läpivientikohtien sijoittaminen siiven huoltotelakkaan

LIITE 4

Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat ylhäältäpäin kuvattuna

LIITE 5

Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat edestä - ja takaapäin kuvattuna

LIITE 6

**Airbus 340 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat
toteutettuna Airbus 320 -lentokoneen huoltotelakan avulla, edestäpäin kuvattuna**

LIITE 7

**Airbus 330 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat
ylhäältäpäin kuvattuna**

LIITE 8

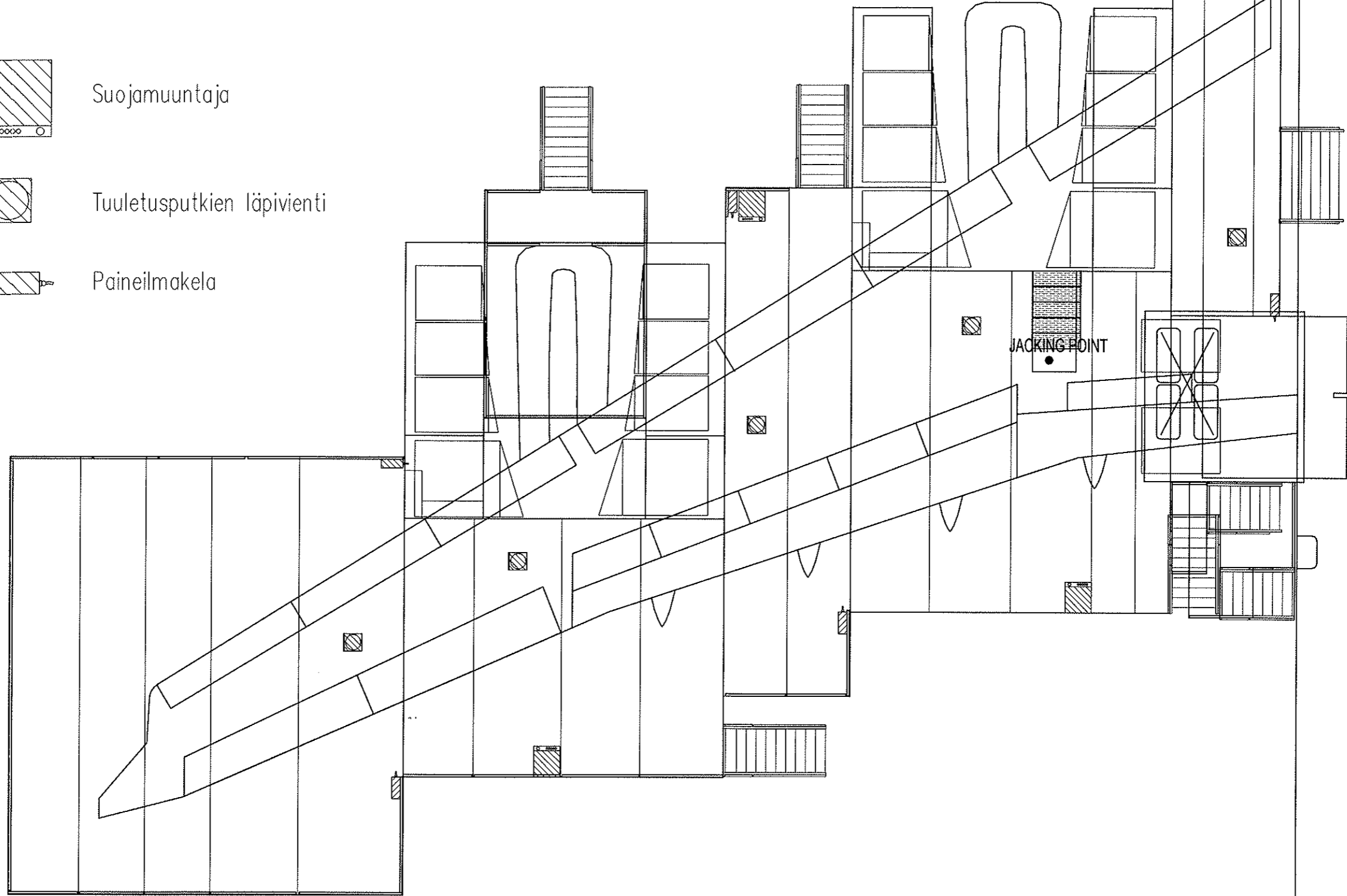
**Airbus 330 -lentokoneen siipien huoltotelakoiden layout-suunnitelmat edestä - ja
takaapäin kuvattuna**



LIITE 9

**Airbus 330- ja 340 -lentokoneiden rungon, nokkalaskutelineen ja ruumien
huoltotelakoiden layout-suunnitelmat**

Airbus 340 –lentokoneen siipitelakoiden paineilmakelat,
suojamuuntajat ja polttoainesäiliöiden tuuletusputkien läpiviennit.

-  Suojamuuntaja
-  Tuuletusputkien läpivienti
-  Paineilmakela

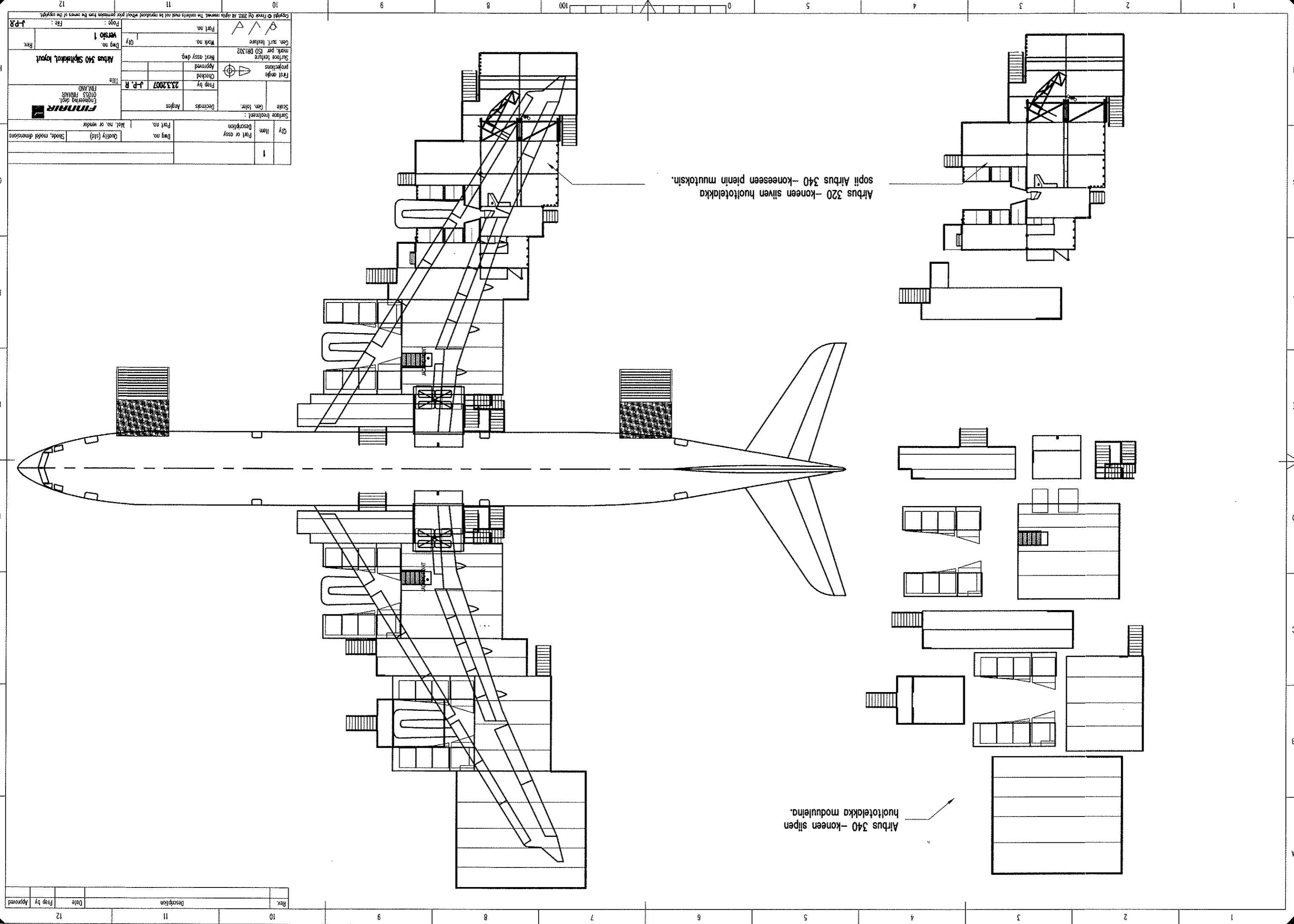


1					
Qty	Item	Part or assy Description	Dwg no. Part no.	Quality (std) Mat. no. or vendor	Shade, model dimensions
Surface treatment :					
Scale	Gen. toler.	Decimals	Angles	 Engineering dept. 01053 FINNAIR FINLAND	
First angle projections		Prep by	23.3.2007	J-P. R	Title
Surface texture mark. per ISO DR1302		Checked			Paineilma, pistorasiat ja tuuletusputket
Gen. surf. texture		Approved			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Next assy dwg.			Dwg no. versio 1
		Work no.		Qty	Rev.
		Part no.			Page : File : J-P-R
Copyright © Finnair Oy 2002. All rights reserved. The contents must not be reproduced without prior permission from the owners of the copyright.					



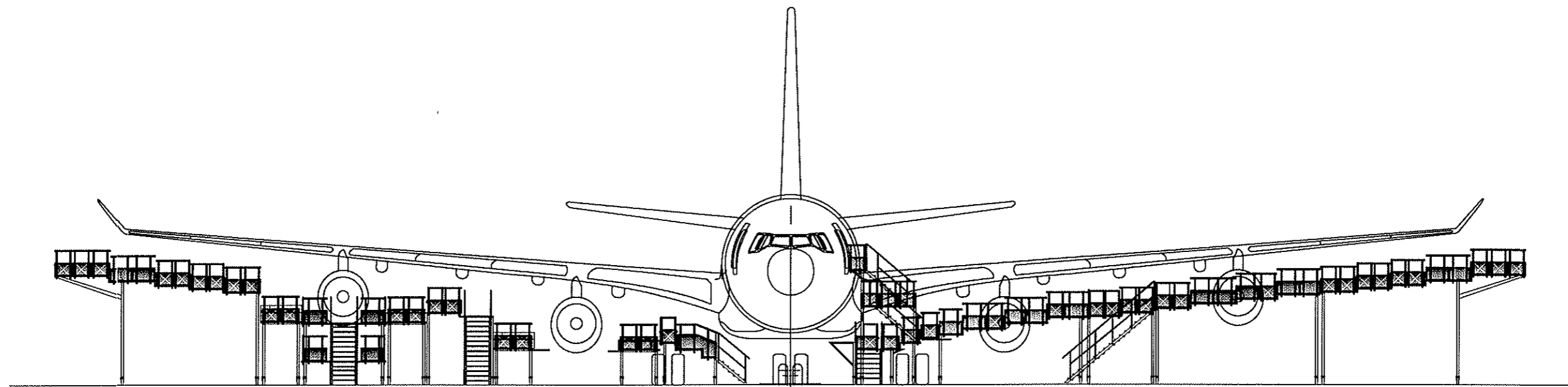
Qty		Item	Part or assy	Description	Part no.	Mat. no. or vendor
1						
Surface treatment:		Scale				
Gen. toler.		Decimals				
Angles		Prep by				
Checked		23.2007 J-P, R				
Approved		Tilaaja				
First angle projections		FINRRIR				
Surface texture mark. per ISO DRI.302		Engineering Dept.				
Gen. surf. texture		FINRRIR				
Work no.		Part no.				
Qty		Mat. no. or vendor				
Rev		Shade, model dimensions				
Page: 1		Quality (std)				
Version 1		Part no.				
File: J-P-R		Shade, model dimensions				

Rev.	Description	Date	Prep by	Approved
10				
11				
12				



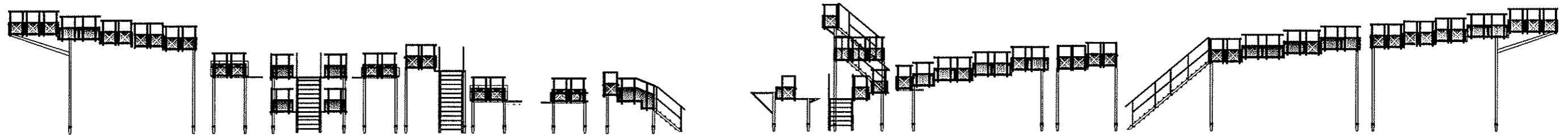
Airbus 320 - koneen siiven huoltotelakka sopii Airbus 340 - koneeseen pienin muutoksin.

Airbus 340 - koneen siiven huoltotelakka moduuleina.

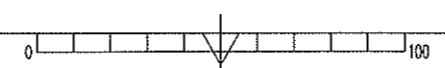


Huoltotasot edestäpäin

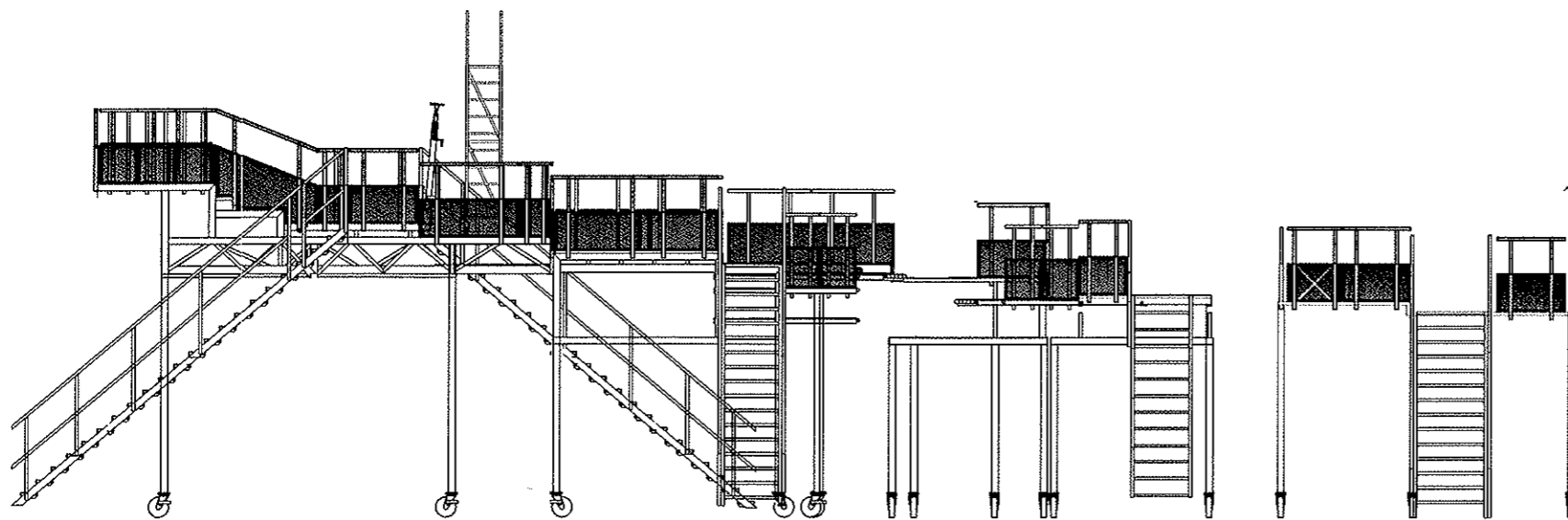
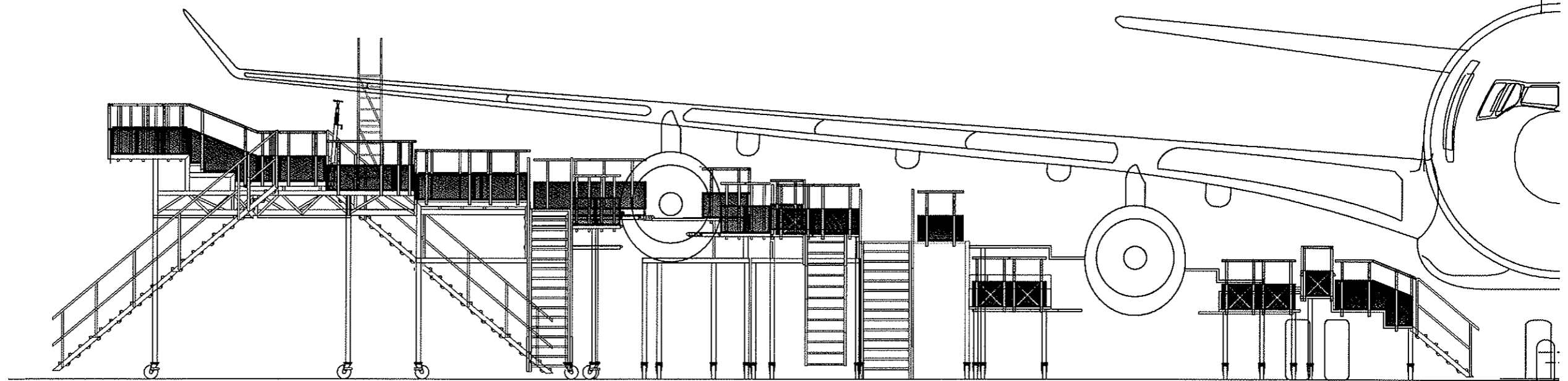
Huoltotasot takaapäin



Qty	Item	Part or assy Description	Dwg no. Part no.	Quality (std) Mat. no. or vendor	Shade, model dimensions
Surface treatment:					
Scale	Gen. toler.	Decimals	Angles	 Engineering dept. 01053 FINNAIR FINLAND	
First angle projections	Checked	Prep by	23.3.2007	J-P. R.	Title
Surface texture mark. per ISO DR1302	Approved	Next assy dwg.			
Gen. surf. texture	Work no.	Qty	Airbus 340 Siipileikat, layout		
	Part no.	Dwg no. versio 1		Rev.	
Copyright © Finnair Oyj 2002. All rights reserved. The contents must not be reproduced without prior permission from the owners of the copyright.			Page:	File:	J-P.R.



Airbus 340 -lentokoneen siiven kärkiosa
ja ulompi moottori on telakoitu Airbus
320 -lentokoneen siipitelakoilla, joita on
korotettu 160 cm.



Moduuli, joka on suunniteltu
yhteensopivaksi, Airbus 320
-siipitelakoiden kanssa.

Rev.	Description		Date	Prep by	Approved
1					

Qty	Item	Part or assy Description	Dwg no.	Quality (std)	Shade, model dimensions	
			Part no.	Mat. no. or vendor		
Surface treatment :						
Scale	Gen. toler.	Decimals	Angles	 Engineering dept. 01053 FINAIR FINLAND		
First angle projections		Prep by	23.3.2007			J-P. R.
Surface texture mark. per ISO DR1302		Checked				
Gen. surf. texture		Approved				
		Next assy dwg.				
		Work no.				
		Part no.				
		Qty				
		Dwg no.				
		Part no.				
		Rev.				
		Page :				
		File :				

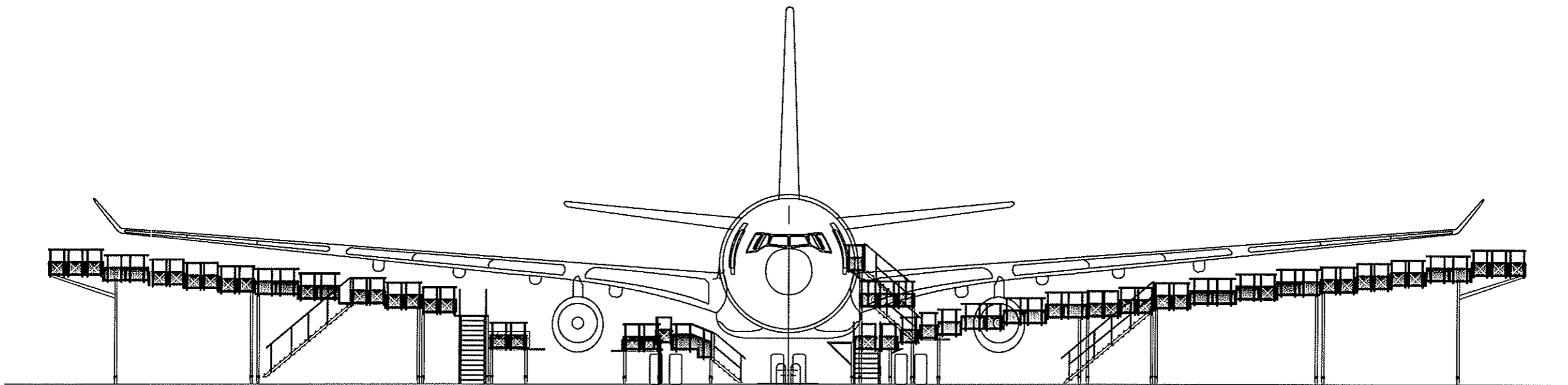
Copyright © Finnair Oyj 2002. All rights reserved. The contents must not be reproduced without prior permission from the owners of the copyright.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Rev.	Description	Date	Prep by	Approved

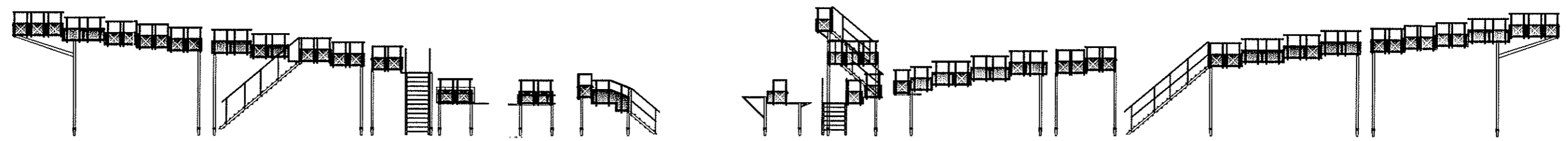
A
B
C
D
E
F
G
H







A
B
C
D
E
F
G
H



Huoltotasot edestäpäin

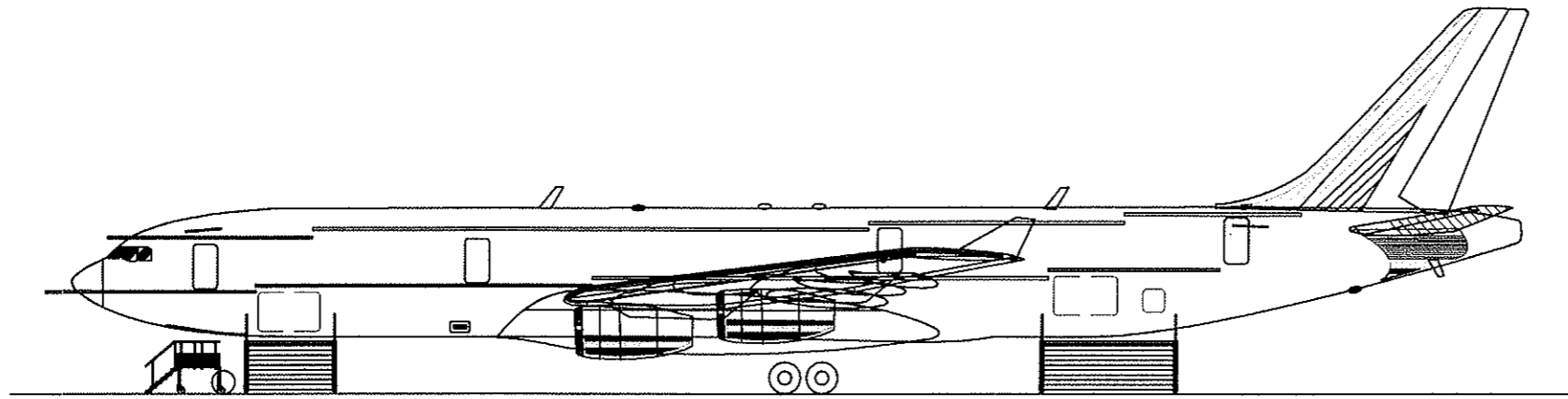
Huoltotasot takaapäin



Qty	Item	Part or assy Description	Dwg no. Part no.	Quality (std) Mat. no. or vendor	Shade, model dimensions
Surface treatment:					
Scale	Gen. toler.	Decimals	Angles	 Engineering dept. 01053 FINNAIR FINLAND	
First angle projections		Prep by	23.3.2007	J-P, R	Title
Surface texture mark. per ISO DR1302		Checked	Approved	Next assy dwg.	Airbus 330 Säpitelakat, layout
Gen. surf. texture		Work no.	Qty	Dwg no.	Rev.
		Part no.	Qty	version 1	Page : File : J-P,R
Copyright © Finnair Oyj 2002. All rights reserved. The contents must not be reproduced without prior permission from the owners of the copyright.					

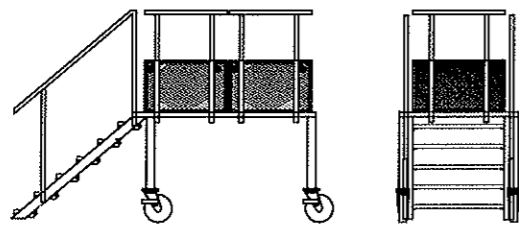
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Airbus 330- ja 340 -lentokoneiden rungon ja nokkalaskutelineen telakka sekä ruumien portaat.

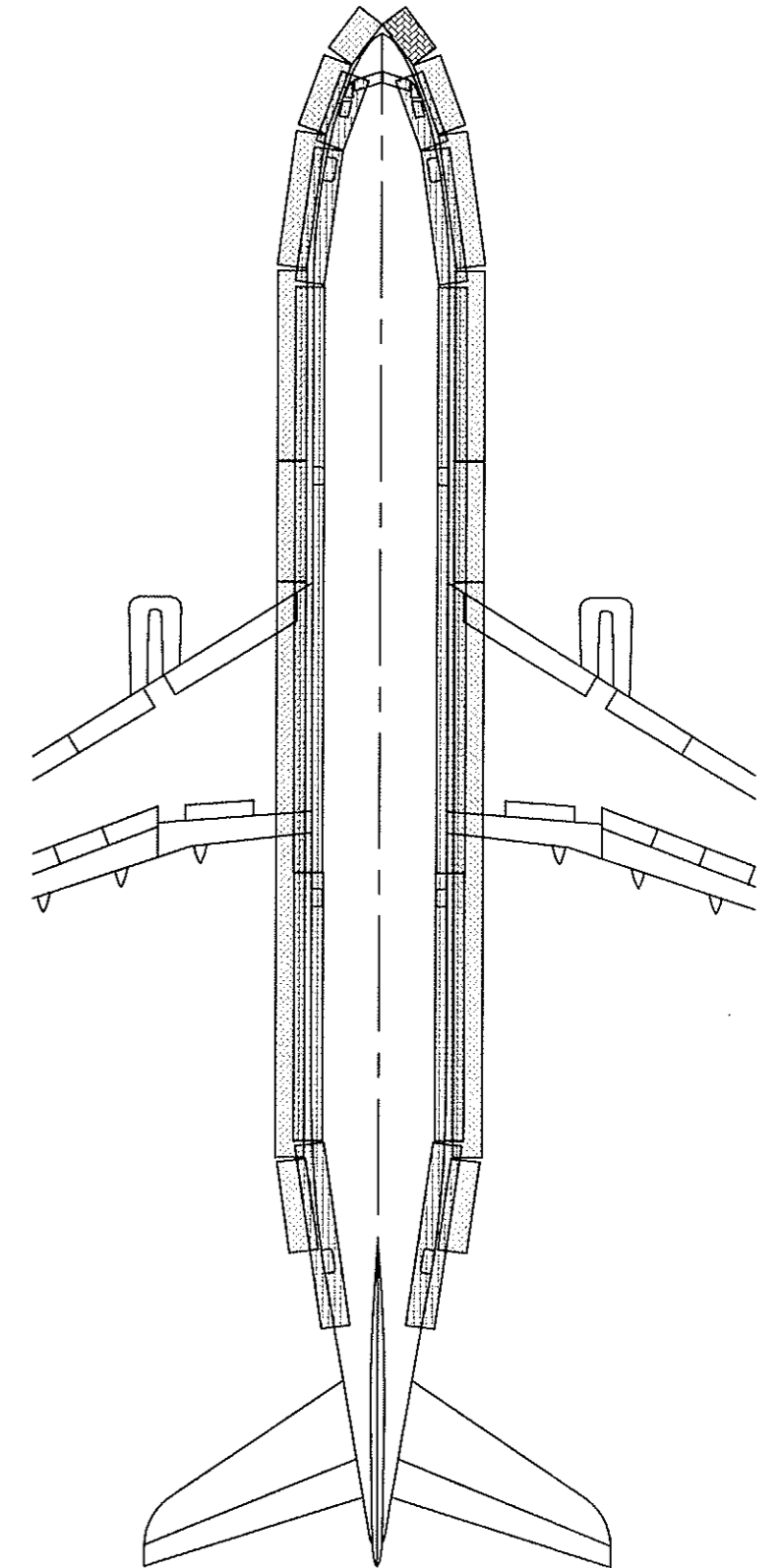
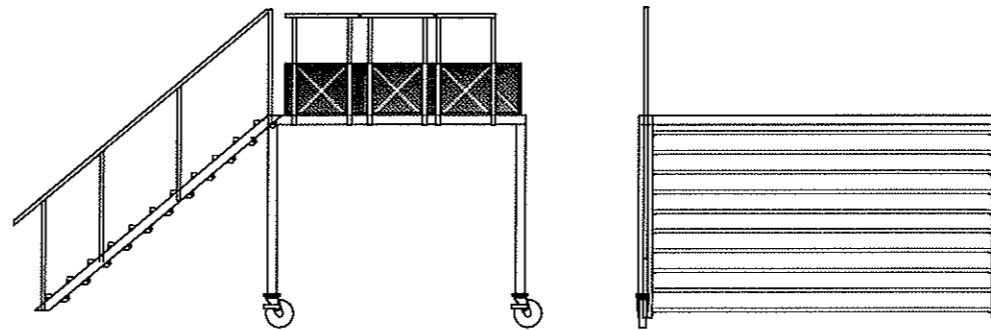


Rev.	Description	Date	Prep by	Approved

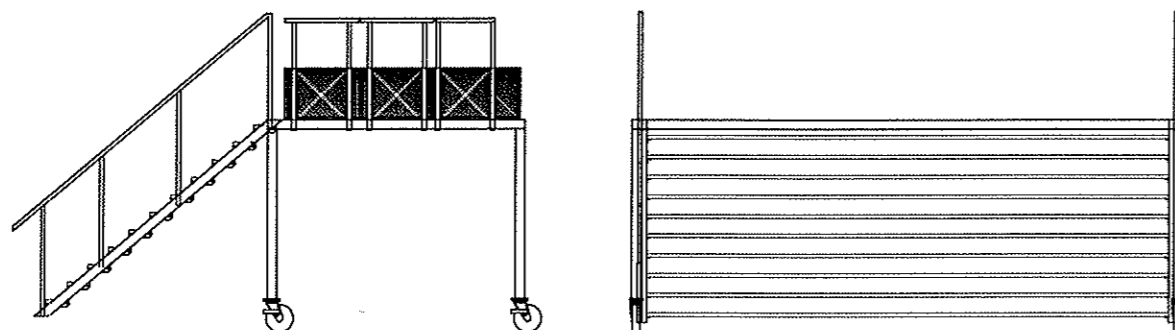
Nokkalaskutelineen tekakka



Eturuuman portaat



Takaruuman ja bulkruuman portaat



Qty	Item	Part or assy Description	Dwg no. Part no.	Quality (std) Mat. no. or vendor	Shade, model dimensions
Surface treatment:					
Scale	Gen. toler.	Decimals	Angles	 Engineering dept. 01053 FINAIR FINLAND	
First angle projections	Prep by	23.3.2007	J-P. R.	Title	
Surface texture mark. per ISO DR1302	Checked	Approved		runko ja ruumat	
Gen. surf. texture	Next assy dwg.	Work no.	Qty	Dwg no.	Rev.
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Part no.			v8FSIO 1	
Copyright © Finnair Oyj 2002. All rights reserved. The contents must not be reproduced without prior permission from the owners of the copyright.				Page:	File: J-P.R.

