

Opinnäytetyö

Timo Rimpioja

HELIKOPTERIKOKOONPANON LÄPIMENOMALLI

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Timo Rimpioja

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Maaliskuu 2007

Hakusanat

Helikopterikokoonpanon läpimenomalli

54 sivua

DI Simo Marjamäki

Patria Aviation Oy, valvojana DI Santtu Pyymäki

Kokoonpano, läpimenomalli, tuotanto

TIIVISTELMÄ

Ilmailuteollisuuden kokoonpano on haastava kokoonpanoteollisuuden osa-alue. Ilmailuksen kokoonpano eroaa monesta muusta kokoonpanotyöstä laatuvaatimustensa ja lupiansa osalta. Valmistusdokumentointi yhdessä materiaalien ja osien jäljitettävyyksivaatimusten kanssa asettaa kokoonpanolle erittäin korkeat vaatimukset.

Kohdeyritys tekee alihankintana miehistönkuljetushelikopterin loppukokoonpanoa. Kyseessä olevan keskisuuren helikopterin kokoonpano on monimutkainen kokonaisuus, ja tuote on suhteellisen uusi. Nykyisellään kokoonpanon suunnittelu riittävän pitkälle etukäteen ei ole mahdollista. Jotta suunnitelmallisuutta saadaan lisättyä ja kokoonpanon läpimenoaikaa lyhennettyä, tarvitaan läpimenomalli helpottamaan tuotannonohjausta ja tuotantoa.

Tässä työssä pyrittiin löytämään toimiva kokoonpanojärjestys, jonka pohjalta luotiin kokoonpanokartta. Kokoonpanokartan avulla päästään parempaan aikataulujen suunniteltavuuteen sekä optimaalisempaan kokoonpanojärjestykseen, jolloin vältetään moninkertaista työtä. Työn epäsuora tavoite oli parantaa tuottavuutta tuotannon tehokkuutta nostamalla. Kokoonpanokartan tarkoituksena on tukea sarjatuotantovalmiuksien kehittämistä.

Työssä on esitelty kokoonpanon teoriaa ja ryhdytty sen pohjalta kehittämään kokoonpanojärjestystä. Kokoonpanojärjestyksen määräävät tietyt kokoonpanon kriittiset osat, joiden asennusajankohta tai -järjestys on määriteltävä hyvin tarkkaan, jotta työt etenevät jouheasti.

Työn tuloksena syntyi karkea kokoonpanoa ohjaava työvaihekartta. Tulevaisuudessa tulee karttaa kehittää ja tarkentaa ohjaamaan myös yksittäisiä töitä työvaiheiden sisällä. Nyt kehitysvaiheessa työt käsitellään muutaman operaation ryhminä, jotta järjestettävien työvaiheiden lukumäärää saadaan vähennettyä.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aeronautical Engineering

Timo Rimpioja

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

March 2007

Keywords

NH90 Helicopter FAL Manufacturing Tree

54 Pages

Simo Marjamäki (MSc)

Patria Oyj. Supervisor: Santtu Pyymäki (MSc)

Manufacturing Tree, final assembly, assembly sequence

ABSTRACT

NH90 Helicopter is an advanced helicopter and relatively new as product. Manufacturing tree links resources, tasks and assembly sequence. Inside the commission company there is a need for manufacturing tree to make assembly more planned and to help prepare more reliable and exact schedules for NH90 helicopter final assembly. Research methods in this study are used literature research, expert interviews, meetings with production control team and practical experiments. Main goal of this research is to find all critical tasks that have to be made before other tasks can begin. As a result of this study, basis of manufacturing tree was created. This manufacturing tree can be developed to powerful tool for planning the final assembly order of NH90 helicopter. Implicit goal of this work is to speed up the production on FAL.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Patria Aviation Oy:n rahoittamana Jämsässä 4.12.2006 ja 27.3.2007 välisenä aikana.

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Simo Marjamäkeä hyvistä neuvoista ja rakentavasta palautteesta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää lentokonetekniikan linjaa hyvästä opetuksesta sekä toiminnasta, joka on edesauttanut harjoittelu- ja opinnäytetyöntekopaikan saamista Patrian NH90-projektista.

Haluan myös esittää kiitokseni NH90-projektin johdolle harjoittelu- ja päättötyöpaikan antamisesta sekä yrityksen edustajalle Santtu Pymäelle haastavasta ja mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä tuesta ja neuvoista työn aikana. Kiitokset myös NH90 projektin koko tuotannonohjaushenkilöstölle positiivisesta suhtautumisesta opinnäytetyön tekoon ja toimivasta yhteistyöstä työnteon aikana. Kiitoksen ansaitsee myös puolisoni Minni Pasanen, joka on ollut tukena päättötyön aikana ja auttanut oikoluvussa ja ollut aidosti kiinnostunut työstäni.

Tampereella 27.3.2006

Timo Rimpioja
Vihilahdenkatu 6 B 22
33900 Tampere
GSM: 0400 435189

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO.....	5
LYHENTEET JA MERKINNÄT.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 PATRIA KONSERNI JA PATRIA HELICOPTERS.....	10
2.1 Patria konserni.....	10
2.2 Helicopters-liiketoiminta.....	11
3 NH90-PROJEKTI.....	12
3.1 NH90-hankkeen historia.....	13
3.2 NH90-helikopterin valmistajien keskinäinen työnjako.....	15
I TYÖN TAUSTALLA OLEVA TEORIA.....	16
4 KOKOONPANO.....	16
4.1 Kokoonpanon tehtävät.....	16
4.2 Tuotteiden valmistettavuus.....	17
4.3 Kokoonpanon järjestelmät.....	18
4.4 Kokoonpaneva henkilöstö.....	23
5 NH90-HELIKOPTERIKOKOONPANO.....	24
5.1 Operaationumeron muodostuminen.....	24
5.2 Retrofit-operaatio.....	26
5.3 Työvaihejärjestys.....	26
5.4 Tuotannonohjauksen periaate.....	28
II SOVELTAVA OSA.....	29
6 YRITYKSEN NYKYTILANTEEN KUVAUS.....	29
6.1 Töiden jakautuminen työvaiheille.....	30
6.2 Materiaalit.....	31
6.3 Tuotannon tehokkuuden mittarit.....	32
6.4 Läpimenomallin tarpeellisuus.....	33
7 LÄPIMENOMALLIN VAATIMUKSET.....	34
7.1 Visuaalinen esitystapa.....	35
7.2 Läpimenomalliin käyttäjät.....	37
7.3 Läpimenomalliin sisällytettävät tiedot.....	37
8 TYÖPAKETIT LÄPIMENOMALLIN POHJANA.....	38

9	LÄPIMENOMALLIN TOTEUTUS.....	40
9.1	Kokoonpanossa muodostettujen työpakettien tutkinta.....	41
9.2	Tiedonhankintamenetelmät.....	41
10	LÄPIMENOMALLIN KÄYTTÖ.....	48
10.1	Operaatioiden etsintä.....	48
10.2	Tuotantopalaverit.....	48
10.3	Kopterin siirto vastualueelta toiselle.....	49
11	LÄPIMENOMALLIN PÄIVITYS, JATKOKEHITYS JA YLLÄPITO.....	49
11.1	Läpimenomallille sopiva sovellus.....	49
11.2	Läpimenomalli tietokantana käytössä tulevaisuudessa.....	50
12	TULOSTEN ARVIOINTI.....	51
	LÄHTEET.....	53

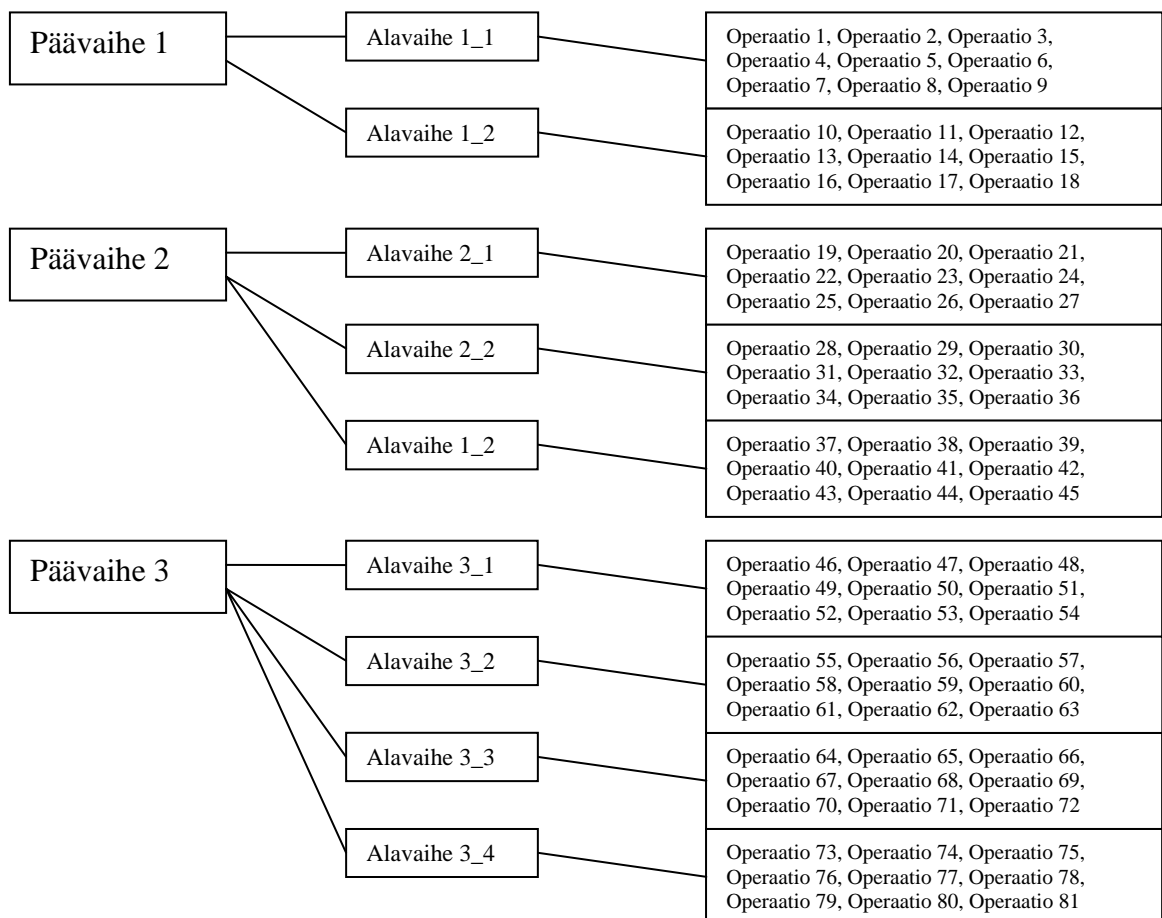
LYHENTEET JA MERKINNÄT

AECMA	European Association of Aerospace Industries
ATA	Air Transport Association
AVI	Patria Aviation
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
EC	Eurocopter
FAL	Final Assembly Line (Loppukokoonpanolinja)
FT	Fiche Technique, technical sheet, kuvallinen työohje
NAHEMA	NATO Helicopter Management Agency
NAHEMO	NATO Helicopter Management Organization
NFH	NATO Frigate Helicopter (Merivoimien käyttöön tarkoitettu helikopteri)
NH90	NATO Helicopter for the 90's
NHI	NHIndustries.
OSW	Out Standing Work (jäljelle jäänyt työ)
SQL	Structured Query Language
TAT	Technical Assistant Team (NH90-kokoonpanon Eurocopterin tekninen tukiryhmä)
TTH	Tactical Transport Helicopter (Taktinen kuljetushelikopteri)

1 JOHDANTO

Tämän työn tehtävänä on muodostaa Patrian NH90-helikopterikokoonpanoon tuotteen läpimenomallin pohja, jota on mahdollista kehittää yksityiskohtaisemmaksi ja tehokkaaksi työkaluksi. Työtä tehdessä kiinnitetään ennen kaikkea huomiota kokoonpanojärjestykseen. Tämä opinnäytetyö on osa AVI:n (Patria Aviation) kokonaisvaltaista toiminnankehitysprojektia.

Kokoonpantava tuote koostuu seitsemästä (7) päävaiheesta ja niiden alle muodostetuista 38 alavaiheesta. Alavaiheiden alle on muodostettu operaatiot, jotka pitävät sisällään varsinaisen suoritettavan työn. Operaatio on pieniin työvaihe, joka sisältää työn tekemiseen tarvittavat työohjeet ja materiaalit. Operaatioiden alavaiheille ja päävaiheille jakautumisen periaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 NH90-kokoonpanon työvaihejärjestelmän esimerkinomainen periaatekuva

Operaatiot on numeroitu lentokonejärjestelmittäin ilmailussa yleisesti käytettävää ATA (Air Transport Association) -numerointia käyttäen. NH90-helikopterin konfiguraationhallinta perustuu operaationumeroihin. Operaatiolla on työn sisältöä kuvaava nimi, mutta se ei ole virallinen tunnistustieto. Kokonaisuudessaan yhtä helikopteria kohti on operaatioita noin 2000 kappaletta. Näistä osa on operaatioita, joilla suoritetaan järjestelmän testausta, ja osa taas toimittaa pelkästään materiaalia. Suurin osa operaatioista on kuitenkin niin sanottuja asennusoperaatioita.

Kokoonpanotyön suorittamiseksi optimaalisesti mahdollisimman lyhyellä läpimenoajalla tarvitaan läpimienomalli, joka ohjaa töiden ajoitusta kokoonpanossa. EC:n (Eurocopter) alun perin muodostama alavaihejärjestys ei ole riittävän tarkka helikopterikokoonpanon läpiviemiseen. EC:n alavaihejärjestys jakaa kokoonpanon tiettyihin alueisiin, joita kokoonpannaan osittain samanaikaisesti. Läpimienomalli tarvitaan siis hiukan tarkemmalla tasolla. On pystyttävä määrittelemään yksittäisten töiden tekemisjärjestys. EC:n alavaihejärjestys antaa suuntaa läpimienomallille, mutta tietyt yksittäiset työt tulevat lopulta määrittelemään kokoonpanojärjestyksen, olivatpa työt millä hyvänsä alavaiheella. EC:n alavaihejärjestys ei anna minkäänlaista operaatiojärjestystä alavaiheiden sisällä, vaan operaatiot ovat aakkos-numeerisessa järjestyksessä. Kaikkia alavaiheiden töitä ei pystytä tekemään ennen seuraavan alavaiheen aloitusta, vaan usean alavaiheen töitä joudutaan tekemään yhtä aikaa.

Materiaalien saatavuus kokoonpanopaikalle saattaa joskus vaihdella erinäisten syiden johdosta. Läpimienomallin tulisi auttaa kaikissa tilanteissa löytämään kriittisimmät osat, joiden puuttuminen vaikuttaa eniten tuotteen kokoonpanon etenemiseen. Kun tunnistetaan kriittiset työt, pystytään varmistamaan näiden materiaalien saatavuus ennen kuin materiaalipuutteesta koituu haittaa tuotannon etenemiselle. Nämä kriittiset tekijät muodostavat kokoonpanon kriittisen polun, joka määrää tuotteen kokoonpanon kulun. Toisaalta aina on oltava vaihtoehtoisia töitä, joita voidaan tehdä sinä aikana kun työt toisella alueella syystä tai toisesta keskeytyvät, jotta kaikki työntekijäresurssit pystytään jatkuvasti työllistämään.

Alavaiheita joudutaan tekemään lähes kokoonpanon alusta alkaen limittäin. Myös eri päävaiheilta joudutaan aloittamaan samanaikaisesti. Toimivan tuotannon varmistamiseksi tulee saada toimiva suunnitelma siitä, millä ajoituksella päävaiheita ja alavaiheita aloitetaan, jotta työohjeet ja materiaalit ovat saatavilla silloin kun niiden asentaminen on ajankohtaista.

Työn tavoitteena on muodostaa taloudellinen ja järkevä kokoonpanojärjestys operaatiokokonaisuus- ja alavaihetasolla. Läpimienomallin avulla on pystyttävä arvioimaan päävaiheiden ja alavaiheiden aloitusaikataulu, mutta ei välttämättä jonkin tietyn yksittäisen operaation aloitusajankohtaa.

Tässä työssä käsitellään läpimenomallia ja kokoonpanojärjestystä alavaihetasolla, koska on mahdotonta ja tarpeetonta tässä vaiheessa käsitellä kokoonpanoa operaatiotasolla yleispätevässä läpimenomallissa kaikille kopteriyksilöille. Kokoonpantava tuote on uusi, ja erilaiset suunnittelumuutokset ja päivitykset muuttavat konfiguraatiota vielä jonkin verran. Operaatiotasolla oleva kopteriyksilökohtainen läpimenomalli on mahdollisesti ajankohtaista muodostaa silloin kun konfiguraatio vakiintuu.

En myöskään ota työssäni kantaa yksittäiseen operaation suoritustapaan enkä vaadittaviin resursseihin.

2 PATRIA KONSERNI JA PATRIA HELICOPTERS

Patria Aviation Oy on osa Patriaa, joka on kansainvälisesti toimiva ilmailu- ja puolustusteollisuuskonserni. Tässä kappaleessa esitellään koko Patria-konsernia lyhyesti ja tarkemmin perehdytään Patrian Helicopters-liiketoimintaan, jonka toimintoihin tämä opinnäytetyö liittyy.

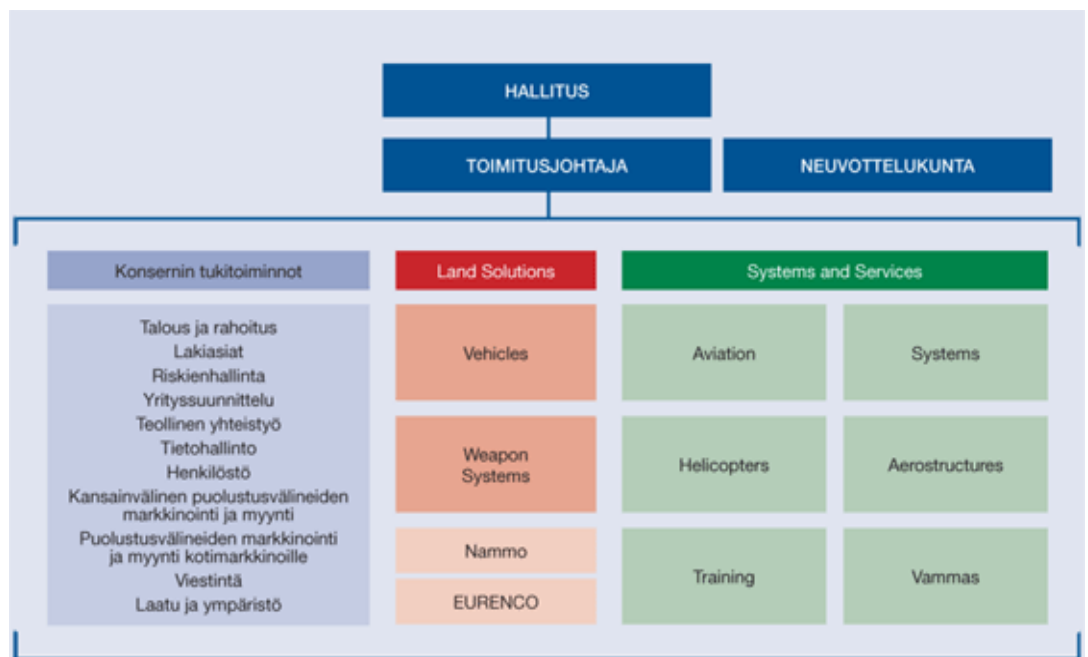
2.1 Patria konserni /8/

Patria on kansainvälisesti toimiva puolustus- ja ilmailuteollisuuskonserni. Patrian omistavat Suomen valtio (73,2 %) ja EADS (European Aeronautic Defence and Space Company) (26,8 %). Patrian päätuotealueita ovat panssaroidut pyöräajoneuvot, heitinjärjestelmät, helikopterit ja sotilaslentokoneet sekä niiden elinkaaren tukipalvelut.

Patrian toimintamalli perustuu liiketoimintojen johtamiseen kahden liiketoiminta-alueen kautta. Liiketoiminta-alueet koostuvat liiketoiminnoista ja osakkuusyhtiöistä. Konsernin tukitoiminnot tukevat näiden toimintaa (kuva 2).

Land Solutions -liiketoiminta-alue koostuu panssaroituja pyöräajoneuvoja ja elinkaaren tukipalveluita tuottavasta Vehicles-yksiköstä ja kranaatinheitinjärjestelmiä valmistavista sekä myyvistä Weapon Systems -liiketoiminnoista. Land Solutions -liiketoimintaan kuuluvat myös osakkuusyhtiöt Nammo ja Eurengo. Nammo kehittää ja valmistaa ampumatarvikejärjestelmiä sekä ohjusten ja avaruuslaitteiden raketimoottoreiden komponentteja. EURENCO puolestaan kehittää ja valmistaa räjähdysaineita ja kemikaaleja ampumatarvikevalmistajille.

Systems and Services -liiketoiminta-alue koostuu seuraavista liiketoiminnoista: Aviation, Helicopters, Training, Systems, Aerostructures ja Vammas. Aviation tuottaa sotilaslentokoneiden ja niiden moottoreiden elinkaaren tukipalveluita. Helicopters tuottaa nimensä mukaisesti helikoptereiden elinkaaren tukipalveluita ja kokoaa yhteispohjoismaiseen kuljetushelikopterihankintaan sisältyvät NH90-helikopterit. Training-liiketoiminta tarjoaa perus-, erityis- ja jatkokoulutusta lentäjille. Systems on erikoistunut vaativiin järjestelmä- ja laiteominaisuuksiin sekä puolustusvoimille että satelliittivalmistajille. Liiketoiminnan erikoisalueita ovat sensori- ja johtamisjärjestelmät, satelliittien elektroniikkajärjestelmät sekä puolustusvoimien järjestelmien elinjakson tukipalvelu. Vammas-liiketoiminta kehittää ja valmistaa lentokenttien lumenraivauskalustoa ja lentorahtikonttien käsittelylaitteita kansainvälisille ilmailulaitoksille ja lentokentille. Lisäksi sen tuotevalikoimiin kuuluvat tiehöylät, joita käytetään teiden rakennuksessa ja talvikunnossapidossa.



Kuva 2. Patria-konsernin organisaatio 31.12.2005 lähtien

2.2 Helicopters-liiketoiminta

Helicopters-liiketoiminta tuottaa helikoptereiden elinkaaren tukipalveluita. Patria helicopters kokoaa yhteispohjoismaiseen kuljetushelikopterihankintaan sisältyvät NH90-helikopterit. Elinkaaren tukipalvelut pitävät sisällään huolto- ja korjaustöiden lisäksi muutostyöt sekä

varaosien ja teknisen tuen tuottamisen merkittävimmille helikopterityypeille Pohjoismaissa ja muulla Itämeren alueella /8/

NH90 helikoptereita on tilattu myös Suomen puolustusvoimille ja ne tulevat maavoimien käyttöön. Patria lentokonetehdas Jämsän Hallissa on eräs NH90-helikoptereiden kokoonpanotehtaista. Suomeen tulevista 20 kopterista kootaan Hallissa 18. /9/

Vuonna 2005 liiketoiminnan liikevaihto oli 24,0 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä 175. Liiketoiminnan toimipaikat ovat Tukholman Arlanda ja Jämsän Halli.



Kuva 3. NH90 kuljetushelikopteri /6/

3 NH90-PROJEKTI

NH90 (Nato Helicopter for the 90s) on eurooppalainen ensisijaisesti sotilaskäyttöön suunniteltu kuljetushelikopteri. NH90-helikopterin valmistaja NHIndustries on osa EADS-konsernia.

NH90 helikopterien hankinta on viivästynyt alkuperäisestä aikataulusta noin kaksi vuotta, mikä johtuu muun muassa uuden sukupolven helikopterin haastavasta tyyppihyväksyntäprosessista. Ensimmäisiä koptereita odotettiin Suomeen vuoden 2006 aikana. Ensimmäiset kaksi helikopteria kootaan EC:n Ranskan tehtailla. EC:n tehtailla Ranskassa on koottu Suomen ensimmäinen kuljetushelikopteri on lentänyt ensilentonsa v.

2004. Patrian tehtaalla Hallissa, koottu ensimmäinen suomalainen NH90 kuljetushelikopteri lensi ensilentonsa kesällä 2005. /9/

NH90-helikopteri on eurooppalainen tuote, jota pohjoismaiden lisäksi tilattu Saksan, Ranskan, Italian, Alankomaiden, Portugalin, Kreikan, Omanin ja Australian puolustusvoimille. Myös Espanja ja Uusi-Seelanti ovat hankkimassa NH90-helikoptereita. /9/

NH90 teknisiä tietoja ja varusteita



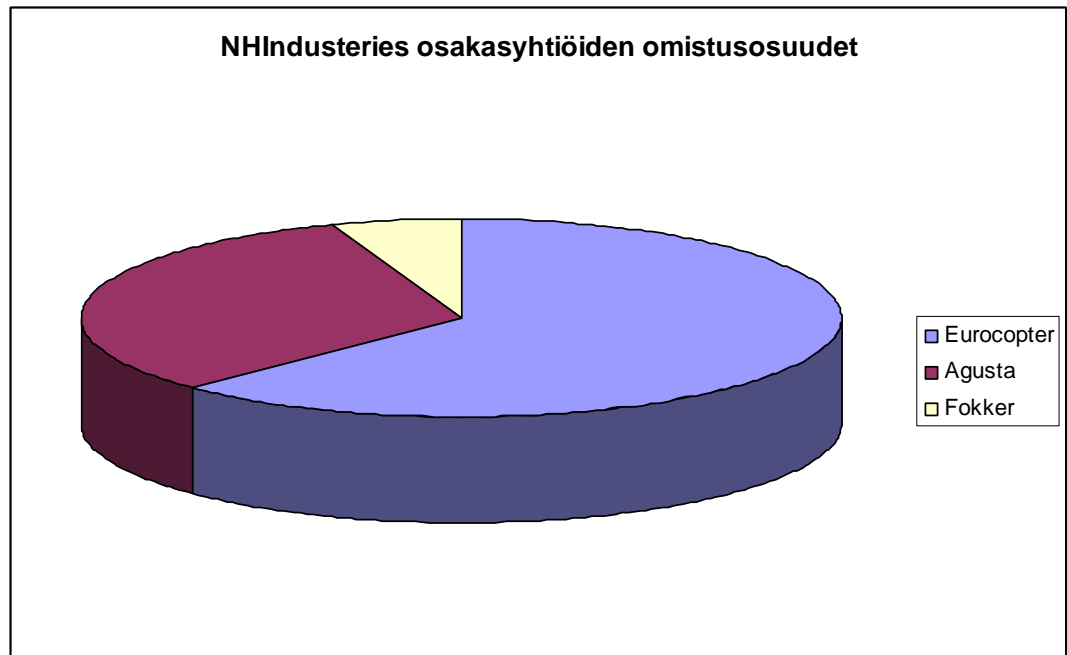
Kuva 4 NH90-Helikopterin teknisiä tietoja /9/

3.1 NH90-hankkeen historia /7/

NH90-helikopteria lähdettiin kehittämään, koska monella NATO-maalla oli tarve saada uudenaikainen helikopteri vastaamaan tulevaisuuden sotilaallisiin haasteisiin. Sen jälkeen kun oli päästy sopuun teollisuuden taloudellisesta tuesta, Ranska, Saksa, Italia ja Alankomaat allekirjoittivat yhteistyösopimuksen NH90-helikopterin kehityksestä joulukuussa 1990. Neljä yhteistyövaltiota perustivat NAHEMO:n (NATO Helicopter Management Organization), josta valmistelukomitea muodostuu sekä NAHEMA:n (NATO Helicopter Management Agency). NAHEMA edustaa neljän maan hallitusta, ohjaa ohjelman kokonaistoimintaa, on vastuussa NH90-asejärjestelmän laatuhyväksynnästä ja toimii valmistajayrityksen rajapintana neuvotteluissa, sijoituksissa ja isoissa sopimuksissa. Vuonna 1992 ranskalais-saksalainen Eurocopter, italialainen Agusta ja alankomaalainen

Stork Fokker Aerospace perustivat yhdessä yhtiön NHIndustries. NHIndustries perustettiin pääasiassa kehittämään ja valmistelemaan NHI NH90 -sarjan helikopterin suunnittelua, kehitystä, tuotteistamista, tuotantoa sekä logistiikkaa.

Yhtiön osakkuus jakaantuu seuraavasti: Eurocopter: 62,5 % Agusta: 32 % Fokker: 5,5 % (kuva 5).



Kuva 5 NHIndustries osakasyhtiöiden omistusosuudet

3.2 NH90-helikopterin valmistajien keskinäinen työnjako

NH90-helikopterin komponenttivalmistus on jaettu seuraavalla tavalla (kuva 6): Agusta-Westland vastaa muun muassa päävaihteistosta, hydraulikkajärjestelmästä, automaattisesta lennonhallintajärjestelmästä ja tehtävähallintajärjestelmästä. Agusta-Westland omistaa kokoonpanolinjan, joka on vastuussa muun muassa Italian sekä Norjan tilaamien NH90-helikopterien kokoonpanosta. Eurocopter S.A.S. Ranska valmistaa ohjaamon, voimalaitteen, roottorit, pyrstövaihteiston, sähköjärjestelmän sekä on vastuussa PT1-, PT2- ja PT3-prototyypin kokoonpanosta ja koelennoista. Eurocopter kokoonpanee muun muassa Ranskan ja Saksan NH90-NFH-version (NATO Frigate Helicopter) helikopterit. Eurocopter-Saksa huolehtii muun muassa etu-, keski- ja takarunkomoduleista, polttoainejärjestelmästä, viestintäjärjestelmästä, PT4-prototyypin kokoonpanosta ja koelennoista. Eurocopter Saksan kokoonpanolinja on vastuussa muun muassa Saksan NH90-TTH-version (Tactical Transport Helicopter) kokoonpanosta. Stork-Fokker vastaa pyrstön rakenteesta, ovista ja sponsoneista, laskeutumistelineestä, välivaihteistosta sekä tuulitunnelitestauksesta. /7/



Kuva 6 NH90-komponenttivalmistajien työnjako /7/

I TYÖN TAUSTALLA OLEVA TEORIA

4 KOKOONPANO

AVI:n yksikkö, jossa tämä opinnäytetyö on toteutettu, on erikoistunut helikopterin kokoonpanoon. Tässä luvussa käsitellään kokoonpanon yleisiä periaatteita ja teoriaa. Teorian osalta keskitytään lähinnä manuaalisen kokoonpanon teoriaan, koska ilma-alusten kokoonpanossa ei tyypillisesti pystytä hyödyntämään laajamittaista kokoonpanon automatisointia.

4.1 Kokoonpanon tehtävät

Kokoonpanolla tarkoitetaan tässä tapauksessa muualla valmistettujen komponenttien, osakokonaisuuksien sekä standardikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi laitteeksi.

Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on erittäin suuri, usein jopa 20 – 40 %. Kokoonpanotyön sisältö on kappaleiden käsittelyä, siirtämistä paikasta toiseen, varastointia, liittämistä, asentamista, sovittamista, testausta ja tarkastusta. Ainostaan pieni osa tehdystä työstä eli asentaminen nostaa valmistusarvoa. Muut luetellut osat työstä eivät jalosta tuotetta, vaan aiheuttavat sekä aikaviivettä että kustannuksia. Ilman näitä toimintoja kokoonpano ei kuitenkaan ole mahdollista. Tuotteen valmistusarvoa parantamattomien työvaiheiden osuus pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä. On kuitenkin huomioitava, että mitä paremmin työ on valmisteltu, sitä vähemmän itse asennustyöhön kuluu aikaa. Syyt siihen, että kokoonpanon osuus kustannuksista on suuri, eivät aina johdu loppukokoonpanon toiminnasta, vaan ne periytyvät aikaisemmista vaiheista, joissa kokoonpanoa ei ole otettu riittävästi huomioon. /2, s. 111, 112./

4.2 Tuotteiden valmistettavuus

Tuotteen valmistettavuus pitää sisällään kaikki menetelmät ja järjestelyt, jotka yksinkertaistavat tuotekokoonpanon valmistamista ja alentavat kaikkia tuotteen valmistuskuluja /3, s.13/.

Valmistettavuuden parantamiseen liittyy vahvasti tuotteen suunnittelu. Tässä työssä käsiteltävän tuotteen suunnitteluun ei pystytä vaikuttamaan, koska kokoonpano tehdään alihankintana, ja tuotteen suunnittelu on EC:n vastuualueella. Kokoonpantavuuteenkaan ei pystytä vaikuttamaan, mutta sitä on pystyttävä hyödyntämään. Valmistettava tuote on erittäin laaja kokoonpano, ja oikealla kokoonpanojärjestyksellä yhdessä kokoonpantavuuden hyödyntämisen kanssa on suuri vaikutus kokoonpanon läpimenoaikaan. Koska tuote on näin monimutkainen, se sisältää monia alikokoonpanoja, joiden oikea-aikaisella ajoituksella pystytään edesauttamaan sujuvaa päätuotteen kokoonpanoa. Edellä mainittua oikea-aikaisuutta kuvaa hyvin lause, jota Lempinen /3/ teoksessaan käyttää: "Tee oikeita asioita ennen kuin teet asioita oikein".

Erittäin tärkeää tuotteen valmistettavuudessa on yhteistyö suunnittelijoiden ja valmistuksesta vastaavien henkilöiden välillä. Valmistettavuudesta tietoisien suunnittelijan on osattava yhdistää myös valmistusmenetelmät, valmistusjärjestys ja valmistavan henkilöstön työhön liittyvät tarpeet. Kun optimoidaan kokoonpanoa, ei päämäärää koskaan saavuteta sattumalta, vaan ensin käytetään alustavaa tuoterakennetta ja yksityiskohtien suunnittelussa käytetään tapauskohtaisia toteutuksia. /3, s. 13, 16./

Tässä tapauksessa alustava optimaalinen tuoterakenne tehdään alavaihejärjestyksellä. Alavaiheiden järjestyksen optimoimiseen tulee käyttää takaisinkytkentää kokoonpanohenkilöstöltä kokoonpanon työsuunnitteluun, jotta prosessia voidaan kehittää. Alavaiheiden sisäinen operaatiokohtainen työjärjestys tulee tutkia erikseen, ja se voi vaihdella tapauskohtaisesti eri tekijöiden takia, esimerkiksi materiaalien saatavuuden takia.

Valmistettavuuden optimoinnissa kannattaa kiinnittää huomiota siihen, millä tasolla kyseinen ongelma on. Lempinen-Savolainen /3/ jakaa tuoterakenteen neljään osaan:

Yritystaso; tutkitaan ja vertaillaan yrityksen eri tuotteita

Tuoteperhetaso: tutkitaan ja vertaillaan erilaisia tuotevariaatioita

Rakennetaso; tutkitaan tuotteen rakennetta ja rakenteen sisäisten osien yhteensopivuutta

Komponenttitaso; tarkastellaan pieniä yksityiskohtia

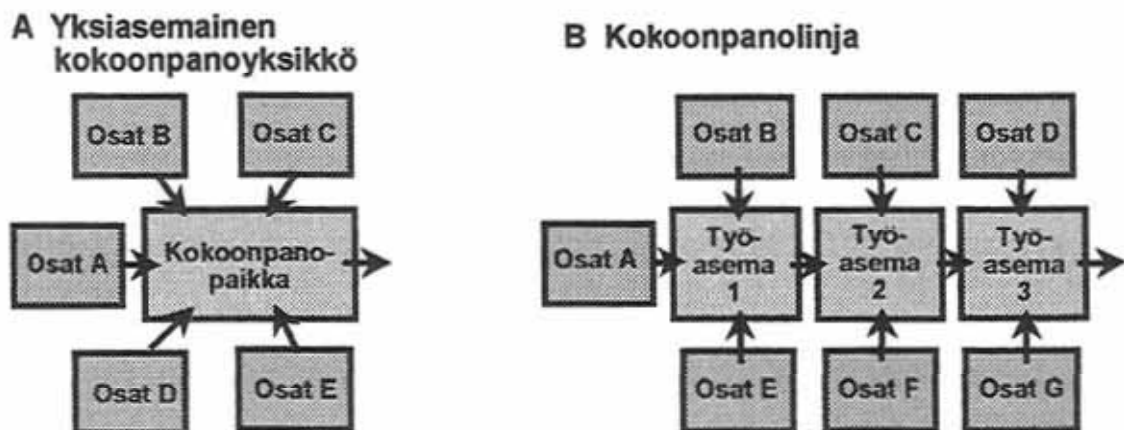
Mitä ylemmällä tasolla ongelma on, sitä enemmän sen ratkaisemiseen tulee panostaa. Valmistettavuutta tulisi myös kehittää eniten ylemmillä tasoilla, koska ylemmät valmistustasot rakentavat perustan alemmille tasoille. Helposti käytännössä kuitenkin käy niin, että parannusehdotuksia tulee eniten alempien tasojen asioihin. Komponenttitasolla tulee keskittyä ainoastaan kriittisimpiin komponentteihin. Komponenttitason ongelmista vain sellaiset ovat huomionarvoisia, joilla on välillinen vaikutus ylempien tasojen ongelmiin. Komponenttitason ongelmiin tulee panostaa vasta sitten kun ylempien tasojen ongelmat on voitettu. /3, s. 17-18./

4.3 Kokoonpanon järjestelmät

Kokoonpano voidaan järjestää paikkakokoonpanoksi tai linjakokoonpanoksi. Suurien tuotteiden kokoonpano tapahtuu kokoonpanotehtaalla. Olennaista kokoonpanossa on osien saaminen mahdollisimman lähelle paikkaa, jossa ne asennetaan. /2, s.112/

4.3.1 Kokoonpanopaikka ja kokoonpanolinja

Pienemmät kokoonpanojärjestelmät ovat kokoonpanopaikka ja kokoonpanolinja. Kokoonpanopaikka soveltuu yksittäis- ja pienerätuotantoon. Kokoonpanopaikalla työn hoitaa yksi henkilö tai työryhmä. Kokoonpanolinja, jossa henkilöstön työ on jaettu vaiheisiin, soveltuu suurien erien valmistukseen. Kokoonpanolinjan työskentely on sitä lähempänä liukuhihnatyöskentelyä, mitä pidemmälle työ ositellaan. /2, s.112/. Kuvassa 7 on esitetty kokoonpanoyksikön ja kokoonpanolinjan periaatteellinen rakenne.



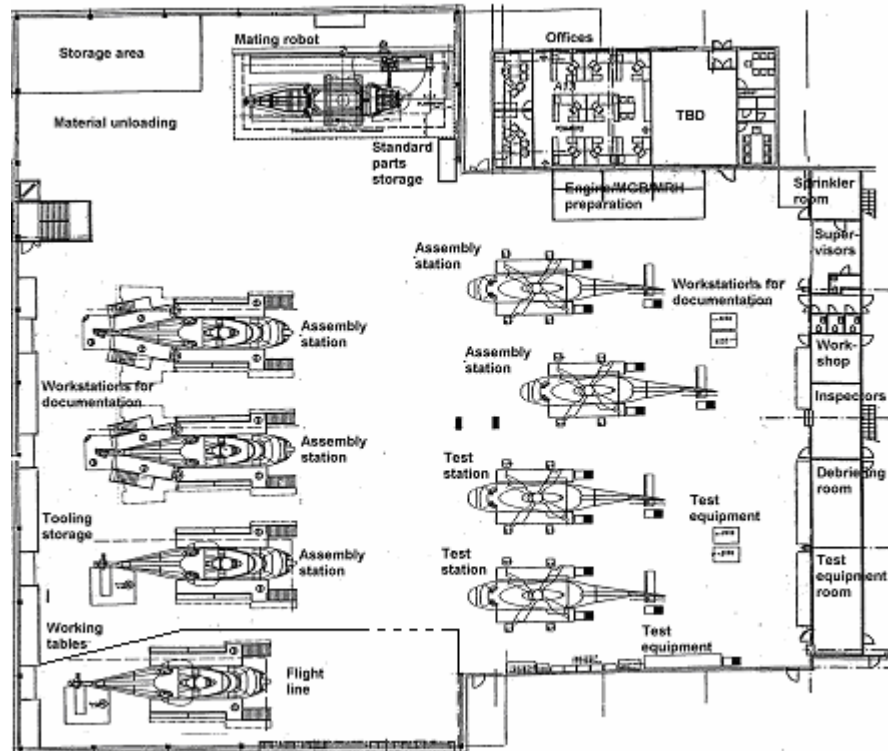
Kuva 7 Yksiasemainen kokoonpanoyksikkö ja kokoonpanolinja /1, s.129/

4.3.2 Kokoonpanotehdas

Kokoonpanotehdas soveltuu suurille tuotteille ja tuotantomäärille. Kokoonpanotehdas muodostuu yleensä osakokoonpanopaikoista ja linjoista sekä loppukokoonpanolinjasta. Kokoonpanoon liittyy läheisesti myös muita työvaiheita, kuten pintakäsittelyt, sähkö- ja putkityöt sekä pakkaus. Kokoonpanoon on usein tarkoituksenmukaista yhdistää muita toimintoja, kuten lopputarkastus ja asiakkaalle luovutus. /2, s.112./

AVI:n kokoonpano tapahtuu kokoonpanotehtaalla. Kokoonpanolinjaan on yhdistetty tehdaskoelennot, lopputarkastukset, testaus ja asiakkaalle luovutus. Kokoonpantavan tuotteen tuotantomäärä ei sinänsä ole suuri, mutta tuote on suuri sekä fyysisiltä mitoiltaan että komponenttimäärältään. Tehtaalla on myös pieniä kokoonpanopaikkoja, joissa tehdään pieniä osakokoonpanojen töitä. Muun muassa sähköverkostojen modifiointiin ja tuotteen maalaukseen on oma kokoonpanopaikkansa. Myös kokoonpanolinja-ajattelua toteutetaan siltä osin, että samoja toistuvia töitä pyritään ohjaamaan kokoonpanopaikoille. Kun työt tehdään kokoonpanosoluissa, saadaan aikaan toistoja, asiantuntemus lisääntyy ja tuotannon tehokkuus paranee.

Kokoonpano on jaettu soluihin seuraavalla tavalla: kokoonpanon ensimmäinen työvaihe eli rungon liittäminen tapahtuu niittausrobotilla heti liimauksen jälkeen. Runkoliitoksen jälkeen runkoa aletaan varustella. Rungon varusteluvaihe tehdään päätuotantotilasta erillään olevassa tilassa. Varustelussa asennetaan kaikki kiinnittimet, tuliseinät, poraustyöt ja muut alkupään valmistelevat työt. Nämä kokoonpanon alkupään työt ovat yhden työnjohtajan ja yhden tuotannonsuunnittelijan vastuualuetta, kaikkien kopterien osalta. Varusteluvaiheen jälkeen kopteri siirretään päätuotantotilaan (kuva 8), jossa kokoonpano jatkuu aina lennätysvaiheelle saakka. Kokoonpanon loppuvaiheilla tehdään testejä, ja kun kopteri on kokoonpanon osalta valmis, siirtyy se lentolinjalle. Lentolinja on EC:n vastuualuetta. Lentolinjan toimintojen päätyttyä EC luovuttaa valmiin tuotteen loppuasiakkaalle.



Kuva 8 Patria Aviation Oy:n helikopterikokoonpanotehtaan päätuotantotilan layout. Päätuotantotilan lisäksi kokoonpanoon liittyviä toimintiloja ovat varasto, rungon esivarustelutila ja maalaamo.

4.3.3 Manuaalinen kokoonpano

Tässä työssä tarkasteltava tuote on suuri ja monimutkainen. Kokoonpano tapahtuu pääosin käsityönä, koska kokoonpanon työvaiheiden monimutkaisuuden sekä eräkoon pienuuden vuoksi on suurinta osaa työvaiheista taloudellisesti kannattamatonta automatisoida; useimmissa tapauksissa se on jopa mahdotonta. Osa manuaalisesta kokoonpanosta voi kuitenkin olla automatisoitua, jolloin ihminen ainoastaan valvoo ja ohjaa kokoonpanoa. NH90-helikopterikokoonpanossa automatisointia käytetään ainoastaan helikopterin rungon niittauksessa. Helikopterin runko toimitetaan kolmena runkomoduulina, jotka liitetään yhteen niitti-liimaliitoksella kokoonpanopaikalla. Rungon liimaus suoritetaan käsityönä ennen niittausta. Juuri tätä työvaihetta varten suunnitellulla robotin työkalulla suoritetaan rungon poraus, kitin levitys ja niittaus.

Manuaalinen kokoonpano on perinteinen kokoonpanotapa. Kokoonpanija kokoaa tuotteen osista ja tarvikkeista ohjeiden ja piirustusten mukaisesti, yhdistäen ja kiinnittäen osat sopivassa järjestyksessä toisiinsa. Manuaalisen kokoonpanijan työpaikkana toimii työpiste,

jossa on tarvittavat työkalut työn suorittamiseen. Työpiste voi olla pöytä tai liikuteltava pyörillä varustettu vaunu. Kookkaat tuotteet kootaan lattialla tai pukeilla. /2, s.116/.

Kokoonpanijat käyttävät kevyitä ja yksinkertaisia käsityökaluja, puristimia, pora- ja hiomakoneita. Kokoonpanokiinnittimiä eli jigejä käytetään myös jonkin verran /2, s.117./

4.3.3.1 Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen

Verrattuna moneen muuhun teollisuuteen, kokoonpanoon on sidottu suuret kustannukset ja tilankäyttö. Tämän takia on selvää, että toiminnan kehittäminen on tärkeää. Tuote tulee koota mahdollisimman optimaalisesti. Keskenäiset tuotteet varaavat turhaan tilaresursseja. AVI:n toiminta perustuu tuotteen kokoonpanoon EC:lta tulevista osista, EC:n toimittamien piirustusten ja työohjeiden mukaisesti. Näin ollen optimaalisen kokoonpanon tärkeys korostuu. Kokoonpanon suunnittelulla pystytään vaikuttamaan kokoonpanon toteutukseen, mutta varsinaisen kokoonpantavuuden suunnitteluun osatasolla ei suoranaisesti pystytä vaikuttamaan.

Lapinleimu toteaa teoksessaan /2/ : "Kokoonpaneuvassa yrityksessä olisi sopivasti valitun työryhmän analysoitava karkeasti oma tilanne kilpailijoihin verrattuna". Tässä tapauksessa varsinaisia kilpailijoita ovat muut helikopteri- ja lentokonekokoonpanolinjat sekä projektit varsinkin Euroopan alueella. Vaikka tämänhetkisen tuotteen kokoonpanoa ei kovin helposti pystytä siirtämään kilpaileviin yrityksiin, vaikuttaa menestyminen tässä projektissa mahdollisuuksiin saada tilauksia tulevaisuudessa. Vertailussa selvitettäviä asioita ovat seuraavat alueet:

- Kokoonpanon osuus työtunneista ja valmistuskustannuksista
- Kokoonpanon osuus tuotantotiloista
- Kokoonpanon työtunnit
- Miten paljon tehdään turhaa työtä
- Mikä on kokoonpanon läpimenoaika
- Miten paljon osapuutteita esiintyy?

Jos selvityksessä esiintyy tarvetta rationalisointiin, on syytä arvioida tilanne tarkemmin. Tämän jälkeen voidaan aloittaa kehitystyö, jonka tavoitteena on selvä tason korottaminen yksilöityine osatavoitteineen. /2, s.120./

Ennakkosuunnittelulla ja työnvalmistelulla on erittäin suuri vaikutus työn onnistumiseen häiriöttömästi käytännössä. Valmisteleva työ joudutaan joka tapauksessa tekemään joko konttorissa tai työpaikalla. Vaikka valmisteleva työ ei tuotakaan suoranaisesti tuotteen valmistusasteen nousua, on se erittäin tärkeää. Tuotteen kokoonpano on mahdollista kun: /2, s.122/

tiedetään, mitä kootaan

tiedetään, mitä osia ja komponentteja tarvitaan kokoonpanon missäkin vaiheessa

tiedetään mitä työkaluja ja apuvälineitä työpaikalla tarvitaan

tiedetään, miten kokoonpano tapahtuu

tarvittavat materiaalit ovat paikalla, järjestyksessä ja ulottuvilla täydennykset tulevat ajallaan

ammattitaitoista työvoimaa on riittävästi käytettävissä

Kokoonpanon kehittämisen tulisi alkaa osasuunnittelusta ja -valmistuksesta, mutta koska tässä tapauksessa osat tulevat EC:lta, eikä materiaalien saatavuuteen yrityksen välivarastoon pystytä täysin vaikuttamaan, pitää keskittyä varsinaiseen tuotteen kokoonpanoon ja siihen liittyviin asioihin. Kaikki jäljelle jäävät kehitettävissä olevat asiat tulee saada toimimaan siten, että kokoonpano toimii näiden asioiden osalta häiriöttömästi.

Varsinainen kokoonpanon kehittäminen jakautuu kahteen osa-alueeseen: turhan työn poistamiseen ja tuottavan työn kehittämiseen. Turha työ ei jalosta tuotetta tai on tarpeetonta kaikkien kannalta. Tuottava työ on työtä, joka tarvitaan tuotteen valmistusasteen kasvattamiseen.

Jo olemassa olevaa ja toimivaa kokoonpanoa kehitettäessä ei tule tuijottaa liikaa nykyiseen toimintaan, tiloihin ja järjestelmiin. Parempi lähtökohta on ideoida erilaisia menetelmiä ja ottaa niistä toteutuskelpoiset tarkempaan käsittelyyn. /2, 122/. On kannattavaa ottaa kaikki mahdollisuudet huomioon ennakkoluulottomasti, jolloin luultavasti kaikkia mahdollisuuksia verrattaessa löydetään paras vaihtoehto tai toimiva kokonaisuus, jossa käytetään useamman idean osia.

Toimivan kokoonpanon lähtökohtana on toimiva materiaalihallinto. Materiaalihallinnon on pystyttävä toimittamaan oikeat materiaalit juuri oikeaan aikaan kokoonpanopaikalle. Liian myöhäinen materiaalien saapuminen kokoonpanopaikalle viivästyttää kokoonpanoa ja liian aikainen materiaalien saapuminen taas saa aikaan tilaongelman ja lisää osien etsinnän osuutta tuotannossa. Jotkin komponentit ovat tälle asialle kriittisempiä kuin toiset. Kriittisten komponenttien puuttuminen tuotannosta estää jo saatavilla olevien komponenttien ja osakokonaisuuksien asentamisen. Materiaalihallintoa onkin pystyttävä ohjaamaan siten, että osat saapuvat tuotantoon juuri silloin kun niitä tarvitaan.

4.3.3.2 Manuaalisen kokoonpanon automatisointi

Automaation soveltamisen edellytyksenä kokoonpanossa katsotaan tällä hetkellä yleisesti olevan soveltuva konstruktio sekä riittävä volyyymi. Myös kokoonpantavien osien määrän on oltava rajallinen. Kokoonpanotyön automatisointi vaikeutuu huomattavasti, jos kokoonpanotyö käsittää mittauksia, säätöjä tai korjauksia. Automaation käyttämisen kokoonpanossa katsotaan olevan tehokasta vasta vuorokäytössä, jolloin koneisiin investoitu omaisuus tuottaa jatkuvasti, vuorokauden ympäri. /2, s.126/

NH90-helikopterikokoonpanossa automaation käyttö rajoittuu rungon niittaamiseen, joten automatisoitua kokoonpanoa ei kannatta tässä laajemmalti käsitellä.

4.4 Kokoonpaneva henkilöstö

Henkilöstön kompetenssivaje ei saa aiheuttaa kokoonpanon hidastumista. Työt pitää pystyä jakamaan henkilöstölle oikein. Ammattitaidon ja työnopeuden parantamiseksi kannattaa samoille henkilöille suunnata samantyyppisiä työtehtäviä, koska tuote kokonaisuudessaan on erittäin monimutkainen. Toimivan läpimenomallin eli kokoonpanojärjestyksen löytyessä tulee tutkia, minkä kokosiin osakokonaisuuksiin tuote jaetaan. Osakokonaisuuksien kokoonpanosta vastaavat osaamisryhmät, joiden työntekijöillä on asiantuntemusta omasta osakokonaisuudestaan. Kun kokoonpanon edellytykset sarjatuotannolle paranevat, voidaan harkita täysin kokoonpanolinjamaista kokoonpanon rakennetta. Tuotantolinja rakentuu soluista, joissa on tarkkaan määrätty kopteriyksilöistä toiseen toistuvat tehtävät. Tällaisessa tilanteessa työn esivalmistelu on tehokasta ja helpompaa, koska seuraava työvaihe on täysin yksityiskohtaisesti tiedossa. Jos näin monimutkaisella tuotteella ei päästä täysin vakiintuneeseen läpimenoon, kannattaa panostaa nykyisellään toimivien yksiasemaisten kokoonpanoyksiköiden kehittämiseen.

5 NH90-HELIKOPTERIKOKOONPANO

NH90-helikopterikokoonpanossa on monia erityispiirteitä verrattaessa muuhun kokoonpanoteollisuuteen. Jotta lukijalla on edellytykset ymmärtää tämän opinnäytetyön toteutus ja sisältö, esitellään tässä luvussa helikopterikokoonpanon periaatteet ja erityispiirteet.

5.1 Operaationumeron muodostuminen /4/

NHIndustries ja kaikki sen alihankkijayritykset käyttävät NH90-tuotannossa yhtenäistä numerointijärjestelmää. Kaikki NH90 dokumentit, piirustukset, osat ja ohjelmistot on numeroitu NH90-standardissa HS 311 määriteltyjen perusteiden mukaisesti. Numerointijärjestelmää käytetään määrityksen mukaan suunnittelussa, tuotannossa ja huollossa, mukaan lukien koulutusta varten laaditut aineistot. Numerointi perustuu alun perin AECMA (European Association of Aerospace Industries) spesifikaatioon 1000 D, 1999-01-31. Perehtyminen ohjeeseen auttaa tulkitsemaan pelkän operaationumeron avulla, minkä tyyppistä työtä operaatio sisältää. Numerointijärjestelmän tunteminen helpottaa huomattavasti helikopterikokoonpanolinjalla työskentelyä, kun pitää tunnistaa tietty operaatio. Operaatiot voivat olla nimetyt ranskan kielellä, ja ne eivät välttämättä ole kuvaavia. Operaation nimi voi olla myös lähes sama jonkin toisen operaation nimen kanssa. Operaationumeron ensimmäiset numerot kertovat, mistä työstä on kyse, vaikka saman työn tekevä operaatio olisikin eri muutostasolla eri kopteriyksilöillä, koska muutostason vaihtuessa muuttuu ainoastaan operaationumeron neljä viimeistä merkkiä.

Piirustuksien, ohjelmistojen ja osien numeroinnissa on omat erikoismerkinsä, joita en tässä käy läpi. Sen sijaan selostan seuraavaksi, kuinka operaation numero muodostuu. Kuvassa 9 on esimerkki NH90-standardista, dokumentin numeron määritelmä. Operaationumero koostuu merkkijonosta, joka sisältää kirjaimia ja numeroita. Kirjainnumerosarja alkaa joko S- tai N- kirjaimella. Nämä kirjaimet kertovat helikopterityypin, ja tässä tapauksessa yksilöivät numeron NH90-helikopterille. Toinen ja kolmas merkki, eli kuvan 9 merkit B ja C, ovat numeroita jotka kertovat AECMA spec 1000D-pääryhmän numeron, eli mikä lentokonejärjestelmä on kyseessä. Pääryhmittäin järjestelmät on jaettu samoille numeroille kuin ATA-järjestelmässä. Neljäs merkki, kuvassa 9 merkki D, kertoo mikä järjestelmän alaryhmä on kyseessä. Järjestelmän alaryhmä on jaettu enimmillään yhdeksään osaan, joihin järjestelmät on pilkottu pienempiin osiin. Viides merkki, kuvassa 9 merkki E, on kirjain, joka kertoo mikä valmistaja on kyseessä. Riippuen numeron tyyppistä, - osanumero, dokumenttinumero tai ohjelmisto-, on jokaiselle valmistajalle ja jokaiselle

numerotyypille määritelty oma kirjain. Kuudes merkki, kuvassa 9 merkki F, määrittelee järjestelmän alaryhmän osan, johon järjestelmän alaryhmä on jaettu vielä pienempiin osiin, esimerkiksi rungon alueiden mukaan tai järjestysnumeron kyseiselle artikkelille järjestelmän sisällä. Kolme seuraavaa numeroa, kuvassa 9 merkit G,H ja I, määrittelevät tyypikohtaisesti eri asioita, joiden tarkempi merkitys ei tästä standardista selviä. Nämä kolme numeroa liittyvät osan tai dokumentin tarkempaan yksilöintiin. Jos kyseessä on dokumentin numero, seuraavana on taas kirjain joka kertoo dokumentin kielen. Kolmanneksi ja toiseksi viimeinen merkki yksilöivät samassa järjestelmässä, samassa ensimmäisessä ja toisessa alaryhmässä sijaitsevat, mutta eri asiaan liittyvät artikkelit. Viimeinen merkkijonon merkki kertoo kyseessä olevan muutostason.

page- 4 - HS 311 – 04 – 2005

5.2 Document number structure

PART NUMBER

TSC S or 6 2 0 A 0 7 5 1 E 0 1 A

_____ A B C D E F G H I J K L M N

Description of the positions

First 3 digits:	Document code (see 6.1)
Digit A:	H/C model/phase code letter (see 6.2)
Digits B-C:	AECMA Spec 1000 D main-chapter (see 6.3)
Digit D:	AECMA Spec 1000 D sub-chapter (see 6.4)
Digit E:	Partner designation (see 6.5)
Digits F:	a) For documents belonging to the drawing set: sub-sub-chapter b) For documents not belonging to the drawing set: part of sequence number
Digits G-H-I:	Sequence number first level (see 6.7)
Digits J:	Language code (see 6.9)
Digits K-L:	Sequence number second level (see 6.10)
Digits M-N:	Issue (see 6.11)

NOTE: SPACE BETWEEN CHARACTER AND DIGITS A TO L ARE NOT AUTHORISED IN THE IDENTIFICATION OF ALL THE DOCUMENT AND DATA COMPUTER FIELDS

Kuva 9 NH90-Standardin mukainen dokumentin numeron määrittely /4/

Operaationumerointijärjestelmään perehtymisen jälkeen voidaan todeta, että esimerkiksi osanumeron ensimmäisten merkkien perusteella tiedetään osasta jo perustiedot, joiden avulla on mahdollista etsiä haluamaansa lisätietoa.

5.2 Retrofit-operaatio

Retrofit-operaatio on tehty muuttamaan jonkin toisen operaation sisältöä. Retrofit-operaatiolla voidaan vaihtaa osia, poistaa tai lisätä osia, muuttaa asennusohjetta, modifioida osia, vaihtaa osien paikkaa tai periaatteessa muuttaa melkein mitä tahansa operaation sisällöstä. Retrofit-operaatioilla tuodaan aikaisemmin valmistetut koneyksilöt samalle konfiguraatiotasolle uusien yksilöiden kanssa ja korjataan sekä päivitetään pääoperaation tekemää työtä, ilman että pääoperaatio pitäisi ensin perua ja sen jälkeen julkaista sama operaatio muutettuna uudelleen. Retrofit-operaatio pitää kohdistaa aina pääoperaatiolle, mikä onnistuu valmistajan toimittaman konfiguraationimikepuun avulla. Pääoperaation löytäminen on tärkeää, koska annettaessa pääoperaatiota tehtäväksi tulee samalla lisätä tehtäväksi myös mahdolliset retrofit-operaatiot, jotta operaatio voidaan tehdä suoraan uusimmalle retrofit-operaation vaatimalle muutostasolle. Konfiguraationimikepuun avulla nähdään, mitä piirustuksia mihinkin operaatioon liittyy, mukaan lukien retrofit-piirustukset. Tyypillisesti retrofit-operaation piirustuksissa on piirustus retrofitin muutostyötä koskevasta alueesta ennen muutostyötä ja sen jälkeen.

5.3 Työvaihejärjestys

NH90-helikopterin kokoonpano perustuu operaatioihin, jotka on jaettu päävaiheille ja edelleen alavaiheille. Alkuperäinen tarkoitus työvaiheilla on, että pää- ja alavaiheet aloitettaisiin yksitellen sopivalla limityksellä. Käytännössä kuitenkin kokoonpanojärjestys täysin alun perin määritellyssä alavaihejärjestyksessä on osoittautunut vaikeaksi ja osittain jopa mahdottomaksi ilman osien irrottamista ja uudelleen asentamista. Ongelmia ilmenee, kun komponentteja täytyy asentaa aiemmalla työvaiheella asennetun operaation osien alle tai läheisyyteen, jolloin aiemmin asennetut komponentit joko estävät tai vaikeuttavat asentamista. Myös alavaiheiden aloittamisen aikataulut on hankalaa ilman läpimenomallia.

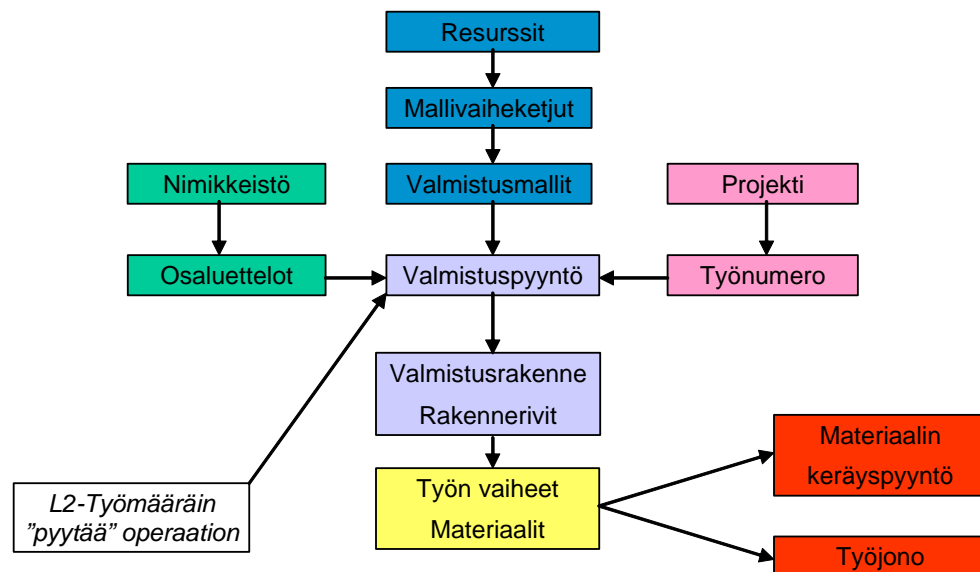
Ilma-aluksen kokoonpanossa asennettujen osien irrottaminen ja uudelleen asentaminen ei ainoastaan lisää asennusaikaa, vaan lisää myös dokumentointia. Laatuvaatimusten mukaan irrotuksesta ja uudelleen asennuksesta ei saa koitua haittaa osien jäljitettävyydelle. Purettu ja uudelleen asennettu operaatio pitää myös tarkastaa uudelleen.

Läpimenomallin tärkeimpiä vaatimuksia onkin tuoda esille kaikki tällaiset poikkeukset, jolloin seuraavalla asennuskerralla komponentit voitaisiin kiinnittää oikeassa järjestyksessä. Kun tiedetään tällaiset kriittiset virheet työvaihejärjestyksessä, voidaan niistä tiedottaa EC:lle, jolloin on mahdollista että seuraavilla kopteriyksilöillä operaatio on siirretty oikealle alavaiheelle. Tämän työn tekovaiheessa tuotannossa on vasta muutamia kopteriyksilöitä; muutos kannattaa siis tehdä mahdollisimman nopeasti, jotta saadaan työjärjestys paremmaksi mahdollisimman monelle kopterille. Projektin sopimuksessa on sovittu 50 helikopterin kokoonpanosta, jolloin toimivasta läpimenomallista ehditään vielä saada merkittävä hyöty.

Oikealla alavaihejärjestyksellä voidaan aikaansaada tasainen työkuorma koko tuotannon ajan. EC:n laatima työvaihejärjestys on hyvin suuntaa-antava, jolloin yhtä tärkeä on alavaiheiden aloitus järjestys. Alavaiheiden sisältämät operaatiomäärät vaihtelevat. On pystyttävä arvioimaan, kuinka kauan alavaiheen töiden tekeminen vie aikaa, jotta seuraavan alavaiheen sisältämät työt saadaan aloitettua oikeaan aikaan. Pelkkä operaatiomäärä ei kerro mitään työvaiheen laajuudesta, koska operaatioiden vaatimat asennustyömäärät vaihtelevat todella paljon.

5.4 Tuotannonohjauksen periaate

Alavaiheen työt käynnistyvät siitä, kun työsuunnittelu pyytää L2-valmistusdokumentin EC:lta. L2 on EC:n alavaihekohtainen paperityömääräin. AVI:lla on käytössä tuotannonohjausjärjestelmä V10, jonka avulla kokoonpanoa seurataan. Työsuunnittelu luo L2:n pohjalta valmistusrakenteen ja osaluettelot, jotka kiinnittyvät toisiinsa työnumeron kautta V10-tuotannonohjausjärjestelmässä. Varmistuttuaan työhjeen olemassaolosta työsuunnittelija hyväksyy työhjeen ja kuormittaa L2-valmistusdokumentin pyytämän operaation V10:ssä ja toimittaa dokumentin tuotantoon. L2-valmistusdokumentti on EC:n koplerin valmistusastetta seuraava virallinen dokumentti ja jäljitettävyyssasiakirja. L2 määrää, mitä operaatioita helikopteriin on tehtävä. Valmistusdokumentit sijaitsevat koplerin välittömässä läheisyydessä, ja niihin kuitataan kaikki työt sen jälkeen kun ne on tehty ja tarkastettu. Asentajat ja työnjohtajat raportoivat operaation tilanteen L2:n lisäksi V10-tuotannonohjausjärjestelmään. Kuvassa 10 on esitetty AVI:n V10-tuotannonohjausmallin toimintakaavio.



Kuva 10 V10-tuotannonohjausmallin toimintakaavio /5/

II SOVELTAVA OSA

6 YRITYKSEN NYKYTILANTEEN KUVAUS

Tällä hetkellä tuotannon- ja työnsuunnittelulla ei ole täydellisiä edellytyksiä valmistella työtä riittävästi ennakoiden. Työnsuunnittelun tulisi olla enemmän edellä tuotantoa ja tiedostaa tuotannon tulevat tarpeet. Työnsuunnittelu tarvitsee tarkemmin määritellyn alavaihekohtaisen aikataulun, jotta pystytään ennakoimaan työvaiheiden alkamisajankohdat. Myös tuotannonsuunnittelijat tarvitsevat enemmän tietoa kokoonpanojärjestyksestä, jotta he pystyvät ajoittamaan useista operaatiosta koostuvien kokonaisuuksien läpivientiä. Tuotannonsuunnittelu tarvitsee työkalun ja yhtä lailla aikataulun, jolla hallita kokoonpanoa suuremmissa kokonaisuuksissa.

Työn esivalmistelu yrityksessä toimii seuraavasti. Työnsuunnittelija varmistaa, että EC:n toimittama työmääräinpaperi L2 sekä operaatiokohtainen osaluettelo ja työohje FT (Fiche Technique) on saatavilla. Kun työnsuunnittelija on varmistunut dokumenttien saatavuudesta, hän kirjaa operaation tuotannonohjausjärjestelmään sekä kuormittaa kyseisen operaation. Tuotannonsuunnittelija tekee tuotannonohjausjärjestelmässä kuormitettuna olevasta operaatiosta materiaalin saatavuustarkastelun ja varmistuttuaan materiaalien saatavuudesta tekee varastolle materiaalin keräyspyynnöt, jonka jälkeen siirtää operaation työnjohtajan työjonoon. Käytännössä työnsuunnittelija käsittelee kokonaisen alavaiheen kerrallaan, ja tuotannonsuunnittelija käsittelee yksittäisiä tai muutamia operaatiota kerrallaan.

Aikataulullisesti nyrkkisääntö on, että tuotannonsuunnittelija on noin yhtä viikkoa edellä tuotannon tapahtumia ja hallinnoi materiaalien saatavuutta sekä operaatioiden valmistumista. Työnsuunnittelijan taas tulee olla vähintään kahta viikkoa edellä tuotannonsuunnittelijaa ja hallinnoida työohjeiden saatavuutta sekä alavaiheiden käynnistymistä.

Työn- ja tuotannonsuunnittelijoiden vastualueet on jaettu siten, että työnsuunnittelijoilla on alavaihekohtaiset vastualueet ja tuotannonsuunnittelijoilla on konekohtainen vastuu.

6.1 Töiden jakautuminen työvaiheille

Yrityksessä on alettu jo jonkin aikaa sitten rakentaa niin sanottuja työpaketteja eli useista operaatioista rakentuvia järjestelmäkohtaisia kokonaisuuksia. Työpaketteja ovat esimerkiksi hydrauliputkien asentaminen, polttoainesäiliöiden asentaminen ja ohjausjärjestelmä. Työpakettiajattelu on erittäin hyvä kokoonpanotapa ainakin siltä osin, että voidaan muodostaa työryhmiä, jotka tekevät aina tietyn työpaketin työt. Työpaketin materiaalit voidaan myös paremmin muutaman toiston jälkeen kerätä tuotantoon ja tarkastaa, että kaikki tarvittava on paikalla ennen työn aloittamista. Tällöin varsinainen työ sujuu nopeasti keskeytyksettä. Työn valmistelemaan materiaalien tarkastamiseen ei tarvita kuin yksi henkilö, kun taas puutteen tullessa esille työn tekovaiheessa saattaa monen henkilön työaikaa kulua puuttuvan materiaalin etsimisessä.

Työpakettiajattelua hankaloittaa se, että työpaketin sisällä olevat operaatiot monesti jakautuvat usealle alavaiheelle. Osa töistä tulee alavaiheilta, jonka muut työt on tarkoitus suorittaa vasta pitkän ajan päästä. Tällaisissa tapauksissa kyseinen alavaihe on aloitettava pahimmassa tapauksessa yhden operaation takia turhan aikaisessa vaiheessa. Alavaiheen aloittaminen ennenaikaisesti lisää työsuunnittelun työmäärää, koska se joutuu pitämään valmistusdokumentit ajan tasalla mahdollisien tulevien konfiguraatiomuutoksien kanssa. Työpakettien operaatioiden yhteydessä tuleekin punnita onko selvästi myöhäisemmällä alavaiheella oleva työ välttämätöntä tehdä työpaketin yhteydessä.

Valmistusdokumentti L2 pitää sisällään kaikki kopteriyksilön konfiguraatioon kuuluvat operaatiot. L2 on käytössä AVI:ssa alavaihekohtaisena paperiversiona. Paperiversiota käytetään koko kokoonpanon ajan, joten kaikki muutokset pystytään jäljittämään. Kaikki muutokset konfiguraatiossa näkyvät L2-valmistusasiakirjasta. Valmistusdokumenttiin uusi operaatio tulee aina uudella sivulla, josta on nähtävissä päävaihe, alavaihe ja valmistusdokumentin päivitystaso. Operaatio perutaan vastaavasti uudella sivulla, jossa on peruttava operaatio ja merkintä operaation perumisesta. Työnsuunnittelu päivittää L2-valmistusdokumenttia ja pitää AVI:n tuotannonohjausjärjestelmää ajan tasalla L2-päivitysten kanssa, koska paperiversion selaaminen olisi aivan liian aikaavievää. Eurocopter toimittaa L2-valmistusdokumentit alavaiheittain työnsuunnittelun pyytämässä järjestyksessä. Niin kauan kuin alavaiheen L2-dokumenteja ei ole tulostettu EC:n järjestelmästä, ei työnsuunnittelun tarvitse tehdä mitään toimenpiteitä, koska konfiguraation hallinta tapahtuu Eurocopterin järjestelmässä. Heti kun L2-valmistusdokumentti otetaan kokoonpanoon, AVI:lla on konfiguraation seurantavastuu, vaikka konfiguraation hallinta kuuluukin helikopterin EC:lle. Alavaiheita ei siis kannata aloittaa liian aikaisin, jos sille ei ole tuotannollista tarvetta.

Kun kaikki yhdellä L2-sivulla olevat operaatiot on peruttu tai leimattu tehdyksi, kirjaa EC operaatioiden tilan omaan järjestelmäänsä, minkä jälkeen AVI:n tarkastamo arkistoi dokumentit.

6.2 Materiaalit

EC toimittaa kaikki kokoonpanossa tarvittavat materiaalit. Kaikki helikopteriin asennettavat materiaalit ovat myös EC:n omaisuutta. Kaikki materiaalit on kiinnitetty tietyille kopteriyksilölle pois lukien arvoltaan vähäiset materiaalit, niin sanotut kulutusmateriaalit kuten kiinnitystarvikkeet ja kemikaalit, jotka toimitetaan yrityksen kulutusmateriaalivarastoon. AVI:n vastuulla ovat kuljetukset EC:n varastosta kokoonpanotehtaalle.

Materiaalien saatavuus on kaikissa kokoonpanotehtaissa elinehto.

Helikopterikokoonpanossa materiaalien saatavuuden tärkeys korostuu, koska kaikki materiaalit on kiinnitetty tietyille kopteriyksilölle. Jos jostain syystä kriittistä materiaalia ei jollekin tietyille kopteriyksilölle saada tai osa esimerkiksi rikkoontuu asennuksen aikana, joudutaan materiaalia siirtämään kopteriyksilöltä toiselle. Osan siirto tehdään materiaalihallinnossa varastosirtona kopteriyksilöltä toiselle. Osan siirtoon on oma käytäntönsä, mutta osan siirtoa käytetään vasta äärimmäisessä tapauksessa, jossa komponentti on saatava nopeasti, eikä ole aikaa odotella kopteriyksilön omaa osalähetystä. Osan siirtoa vältetään, koska se saa aikaan lisätyötä materiaalihallinnolle. Vaikka kaikki materiaalit ovat EC:n omaisuutta, osan siirrot kopteriyksilöltä toiselle ovat AVI:n vastuulla. Osan siirroissa on pystyttävä varmistamaan, että myös se kopteriyksilö jonka osa on siirretty toiselle kopterille, saa aikanaan korvaavan osan takaisin. Osan siirto ei saa heikentää osan jäljitettävyyttä.

6.3 Tuotannon tehokkuuden mittarit

Tuottavuuden arvioimiseksi yritys tarvitsee mittareita, joilla pystytään mittaamaan kokoonpanotyön tehokkuutta. AVI:ssa yksi tärkeä mittari on yhtä operaatiota kohti keskimäärin kuluva tuotannollisen työn tuntimäärä. Näin ollen, jotta toiminta olisi kannattavaa, tulee operaatiot pystyä suorittamaan keskimäärin alunperin suunnitellussa ajassa. Keskimääräistä operaation tuotannolliseen työhön kuluva aikaa halutaan saada nykyistä lyhyemmäksi. Kokoonpanon alussa on tehty resurssisuunnitelma, jossa on otettu huomioon oppimiskäyrän kulku. Tuotanto on nyt toiminut jo kaksi vuotta, joten tuntimäärän tulee olla jo lähellä sarjatuotannolle laskettua tuntimäärää. Tämän työn vaikutusta tuotantoon on vaikeaa yksinään mitata, mutta jos operaatiota kohti kuluva tuntimäärä saadaan merkittävästi laskettua osittain tämän työn avulla, joka on osa yrityksen mittavaa toiminnankehityshanketta, kertoo se työn onnistumisesta ja tarpeellisuudesta.

Sarjatuotannolle laskettuun keskimääräiseen tuotantotyöaikaan operaatiota kohden pääseminen vaatii erittäin hyvin suunniteltuja ja valmisteltuja työkokonaisuuksia. Jotta aikaa ongelmien ratkaisemiseen kuluisi mahdollisimman vähän työn tekovaiheessa, on myös oikean kokoonpanojärjestyksen oltava tiedossa. Jos kokoonpanojärjestyksestä ei ole riittävästi tietoa olemassa, ei ole riittäviä edellytyksiä toimivalle työsuunnittelulle. Kun työtä ei pystytä valmistamaan tarpeeksi hyvin edellytyksien puuttumisen vuoksi, laskee myös työntekijöiden motivaatio, mikä puolestaan helposti huonontaa yhteistyötä työntekijöiden ja työtä suunnittelevan sekä valmistelevan henkilöstön välillä.

NH90-projektin aikana on sovittu lisätyösopimus, jonka mukaan lisätöistä laskutetaan erillisen sopimuksen mukaan. Lisätyöt ovat varsinaisten kokoonpanotyön lisäksi tehtävää työtä. Tyypillinen lisätyö on esimerkiksi EC:n OSW-työstä (Out Standing Work) johtuva ylimääräinen asennettujen osien irrotus- ja asennustyö. OSW-työ on osavalmistajan modifikaatio tai tekemättä jäänyt työ kokoonpanotehtaalle jo toimitetulle komponentille.

Operaatiolle kertyviä tunteja kasvattaa osaltaan myös asentajien tuntikirjaus. Tuntikirjauksen tarkkuuteen on kiinnitettävä huomiota. Yksi tehokas tapa operaatiokohtaisen tuntimäärän pienentämiseen on tarkentaa tuntikirjausmenettelyä. On oltava selkeä ohjeistus, millä työnumerolla kulloinkin pitää toimia. Ohjeistusta pitää sen olemassaolon lisäksi noudattaa ja noudattamista valvoa. Tuntikirjaus on tärkeä tekijä mittareiden luotettavuutta arvioitaessa. Jos tuntikirjausta ei käytetä ohjeen mukaan, eivät liiketoiminnan mittarit toimi.

Yleisestä parannustarpeesta kertoo se, että nykyisellään tuotanto ei ole riittävän suunnitelmallista ja tasaisesti etenevää. Kokoonpanossa on liikaa epäselvyyksiä, puuttuvia

osia, työohjeita tai lupia. Liian usein joudutaan odottamaan, mikä aiheuttaa turhautumista ja tuotanto hidastuu. Kun työt ovat selkeitä ja tuttuja, ja tiedetään mitä tehdään nyt ja mitä seuraavaksi, on työnteko joustavaa ja ripeää. Asiat varmasti helpottuvat tuotteen konfiguraation vakiintuessa. Moni asia on jo kehittynyt kokoonpanon alkuvaiheista mutta, kehityksen täytyy jatkua.

6.4 Läpimenomallin tarpeellisuus

Tämä työ on osa AVI:ssa käynnistettyä toiminnankehitysprojektia. Kyseinen projekti alkoi kaikkien kehitysprojektiin nimettyjen henkilöiden kokouksella, jossa käytiin läpi nykyinen NH90 projektin tila ja tuottavuuden tunnusluvut. Kehitysprojektille on asetettu erittäin korkeat tavoitteet, joiden saavuttamiseen tarvitaan selkeää parannusta monilla helikopterikokoonpanon osa-alueilla. Kehitysprojektia aloitettaessa yhdeksi ongelmaksi osoittautui juuri tämän työn tuloksena rakentuvan läpimenomallin puuttuminen. Läpimenoaikataulu yhdessä läpimenomallin kanssa vaikuttaa merkittävästi moniin NH90-projektin toimintoihin.

Läpimenomallin tarpeellisuus korostui myös koko ajan työtä tehdessäni. Kun työtä tehdessäni perehdyin aiheeseen kunnolla helikopterikokoonpanossa, huomasin monien toimintojen vaativan läpimenomallia. Työt sujuisivat joustavammin, jos tietyt materiaalikokonaisuudet osattaisiin pyytää varastosta samaan aikaan ja osapuutteen huomattaisiin ajoissa eikä tuotantovauhti kärsisi. Myös asentajien oma-aloitteisuus uuden työn aloittamiseen lisääntyisi, kun heillä olisi mahdollisuus itse havaita, mitä on suunniteltu tehtävän seuraavaksi.

Läpimenomalli auttaa myös tekemään operaatiot kerralla valmiiksi. Uusi operaatio on aina nopeampaa aloittaa kuin keskeytynyt operaatio. Keskeytyneen operaation uudelleen aloittaminen vie aina aikaa, kun tutkitaan mitä on jo tehty tai mihin asentamattomat osat on varastoitu. Toimiva läpimenomalli kertoo, milloin operaatio voidaan aloittaa ja tehdä kerralla valmiiksi.

Läpimenomallissa ei kuitenkaan tarvita liian tarkkoja määrityksiä, koska helikopteria ei pystytä joka kerralla kokoamaan täsmälleen yhdessä oikeassa järjestyksessä. Vaikka sama asennusjärjestys olisikin mahdollista, se ei välttämättä aina ole järkevää AVI:sta riippumattomista syistä. Kokoonpanojärjestyksen vaihteluun vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat: tietty työntekijäresurssi ei ole hetkellisesti käytettävissä, materiaalien saatavuus ja OSW-työt. Näiden edellä mainittujen muuttujien takia läpimenomallin on annettava tieto, mitä töitä kussakin kokoonpanovaiheessa voidaan tehdä, ettei myöhemmin asennettavien komponenttien asennus vaikeudu tai tule mahdottomaksi.

7 LÄPIMENOMALLIN VAATIMUKSET

Jokaisella käyttäjäryhmällä on omat erityisvaatimuksensa läpimenomallille. Pääpiirteittäin läpimenomallin käyttäjiä tulevat olemaan työnsuunnittelu, tuotannonsuunnittelu, työnjohto, materiaalihallinto ja asentajat.

Läpimenomallin muodostaminen on monivaiheinen prosessi, jonka käynnistäminen on haasteellista. Kaikkien kokoonpanossa työskentelevien on sitouduttava läpimenomallin kehitykseen. Läpimenomallin lopullinen vaatimus on kertoa kaikille järkevä kokoonpanojärjestys ja ennen kaikkea kokoonpanoa rajoittavat tekijät. Tietyt komponentit, jotka on pakko asentaa juuri oikeaan aikaan muodostavat kriittisen polun, joka määrää lopulta koko kokoonpanon etenemisen. Kriittisen polun rajapyykit pystytään aikataulutamaan, jolloin tuotteen valmistusasteen seuranta helpottuu. Läpimenomalli antaa perusteet työhön myös uusille henkilöille, joilla ei ole aiempaa kokemusta helikopterikokoonpanosta. Myös henkilöt, jotka eivät työskentele fyysisesti kopterin kanssa eivätkä siten voi huomata pieniä yksityiskohtia asennusjärjestyksessä saavat, tarvittaessa tietoa läpimenomallista.

Heti alusta alkaen, jo tiedonhankintavaiheessa, aloin miettiä erilaisia esitystapoja läpimenomallille. Esitystavan tulee näin alkuvaiheessa olla sellainen, että sitä on kaikkien helppo lukea ja seurata. Kaikilla tulee myös olla mahdollisuus vaikuttaa läpimenomallin kehitykseen. Niin asentavan kuin suunnittelevankin henkilöstön on pystyttävä vaikuttamaan läpimenomallin tietoihin. Läpimenomalli on siis aluksi osittain tietoa keräävä työkalu, jonka pohjalta voidaan muodostaa läpimenomallin lopullinen rakenne.

Läpimenomallilla on pystyttävä tasaamaan työkuorma koko kokoonpanoajalle. Tasainen työkuorma kaikilla alueilla on tärkeää, koska tuotteen läpimeno on juuri niin hidas kuin sen hitain osa. Toimintaa pitää siis kehittää siellä, missä niin sanotut tuotannon pullonkaulat ovat. Työkuorman tulee olla tasainen niin materiaalihallinnossa, tuotannossa kuin suunnittelussakin.

7.1 Visuaalinen esitystapa

Opinnäytetyön alkupalaverissa sovittiin, että hyvä visuaalinen esitystapa voisi olla esimerkiksi vuokaaviomuoto. Vuokaaviossa pystytään hyvin esittämään valmistusjärjestys ja kuvaamaan alueet ja järjestelmät, joita voidaan tehdä samaan aikaan. Toinen vaihtoehtoinen tapa voisi olla esittää läpimenomalli Gantt-kaavion muodossa. Gantt-kaaviossa on vaikeampaa esittää vaihtoehtoisia etenemisreittejä, joita tässä kokoonpanossa muodostuu useita. Gantt-kaavio tulee kyseeseen, kun esitetään päävaiheiden aikataulullista etenemistä, jolloin ei oteta kantaa vaiheiden sisältämiin töihin. Ensimmäisten taulukoiden tekemisen jälkeen, lähinnä aiheeseen ja taulukoiden tekotekniikkaan tutustuessa, todettiin että vuokaaviomallinen taulukko on visuaalinen hyvä tapa esittää läpimenomalli ja kriittinen polku, mutta teknisesti työläs tehdä.

Läpimenomallille ei tule löytymään yhtä oikeaa vaihtoehtoa, eikä ole tarkoituskaan. Tarkoituksena parhaimmillaan onkin, että vaikka jollain osa-alueella ei hetkellisesti päästä eteenpäin, nähdään heti mistä voidaan jatkaa. Hyvästä visuaalisesta esitysmuodosta näkee yhdellä silmäyksellä, mitä vaihtoehtoja etenemiselle on ja mitkä työt pitää olla tehty ennen toista työkokonaisuutta. Esitystapa voisi mahdollisesti olla myös sellainen, että siitä voitaisiin seurata koneen valmistumisastetta. Valmistumisasteen seurantaan on jo olemassa tuotannonohjausjärjestelmä, ja luultavasti tätä ominaisuutta ei läpimenomalliin tarvita. Valmistumisasteen seuranta läpimenomallissa voisi olla lähinnä kokonaiskuvan hahmotusta, ei siis tarkkoja lukuja.

Työn aloitusvaiheessa visuaalisella esitystavalla ei ole kovin suurta merkitystä. Pääasia on, että saadaan tarpeelliset tiedot ylös myöhemmin käytettäväksi. On tärkeää, että oikeat tiedot merkitään muistiin, jotta tietoa pystytään käyttämään. Muuten suuri työ menee hukkaan. Tässä tapauksessa yksilöivä tieto on operaationumero tai operaationumeron ensimmäiset 6 - 8 merkkiä, ja lukemista sekä löytämistä helpottava tieto on nimi.

Sen lisäksi, että läpimenomallin tulee olla helppolukuinen ja loogisesti etenevä, lopullinen toteutustapa tulee valita sellaiseksi, että sen päivittäminen myöhemmin ei ole liian monimutkaista tai työlästä. Päivityksen helppous on tärkeää, koska on erittäin todennäköistä, että tulevaisuudessa läpimenomallia tullaan tarkentamaan ja täydentämään. Kun läpimenomalli saadaan täysimittaiseen käyttöön ja löydetään läpimenomallista puuttuvia, mutta sinne kuuluvia asioita sekä mallissa olevia virheitä, jäävät tiedot helpommin päivittämättä, jos päivittäminen on työlästä tai vaikeaa.

Työn edetessä vuokaavion avulla toteutettu esitystapa osoittautui työlääksi toteuttaa käytännössä lähinnä sopivan sovelluksen puuttumisen vuoksi. Lähdin toteuttamaan läpimenon esitystapaa yksinkertaisella taulukolla, jossa on muutama sarake, ja tehtävät

työt voidaan siinä helpommin ajoittaa aikatauluun. Kyseisestä taulukosta on helpompi seurata, mitä milloinkin voidaan tehdä yhtä aikaa. Myös aikataulun seuraaminen reaaliaikaisesti on helpompaa. Taulukkomuodossa on teknisesti helppoa siirrellä, lisätä ja tarkentaa tietoja. Töiden riippuvuussuhteiden merkitseminen on vaikeampaa tässä taulukkomuodossa, koska taulukko saattaa mennä sekavaksi, jos riippuvuuksia syntyy paljon ja niitä merkitään viiteviivoilla. Värien käytöllä saattaa olla sama vaikutus, varsinkin kun tulevaisuudessa riippuvuuksia huomataan lisää läpimenomallin yksityiskohtien lisääntyessä. Jonkinlainen koordinaattisysteemi voisi olla mahdollinen, mutta sekin toisaalta hankaloittaa päivittämistä, kun pitää varmistaa että myös koordinaatit, jotka viittaavat johonkin tiettyyn soluun, päivittyvät. Kyseinen taulukko on muodoltaan sellainen, että sen muokkaaminen on helppoa käytössä olevilla sovelluksilla. Muokkaamisen ja päivittämisen helppous ainakin nyt alkuvaiheessa on erittäin tärkeää, koska pieniä muutoksia tehdään läpimenomalliin niin kauan kunnes se on hyväksyttävällä tasolla. Vuokaaviomuotoinen malli tulee mahdollisesti uudestaan käytännölliseksi muodostaa, kun on kerätty riittävästi tietoa kokoonpanoa rajoittavista tekijöistä, jotka määrittelevät vuokaavion kulun.

Tulevaisuudessa tulee kehittää sellainen esitystapa, josta mahdollisimman moni kokoonpanossa työskentelevä pääsee katsomaan läpimenomallin rakennetta mahdollisimman vaivattomasti. Tällöin visuaalisen mallin ominaisuuksista korostuvat ymmärrettävyys, loogisuus ja helppokäyttöisyys. Jokaisen käyttäjän tulee löytää tietoa niin karkealla tai tarkalla tasolla kuin tarve vaatii. Tämä vaatii käyttöympäristöltä mahdollisuutta nähdä ensin isompi kokonaisuus, jonka osa-alueita eli alatasoja sekä niiden sisältöä voi tarkastella erikseen halutulta alueelta. Olisi myös hyödyllistä, jos sovelluksessa olisi hakutoiminto, johon voisi määritellä erilaisia hakuehtoja.

Kolmannessa palaverissa esittelin kaikki löytämäni läpimenomallin esitysmuodot. Yhteisesti tiedonkeruumalliksi läpimenomallin tietojen täydennysvaiheessa valittiin taulukkomuoto, johon on teknisesti helppoa lisätä tietoa. Tulevaisuuden esitysmuotona tulee kokouksen perusteella kehittää vuokaaviomuotoa sekä tietokantapohjaista läpimenomallia. Nämä molemmat muodot on mahdollista kehittää ja niihin on mahdollista sisällyttää kaikki tarvittava tieto, kunhan tieto ensin saadaan vain kerättyä, ja kokoonpanon kriittinen polku hahmottuu.

7.2 Läpimenomalliin käyttäjät

Läpimenomallin käyttäjinä tulevat olemaan lähes kaikki kokoonpanossa työskentelevät henkilöt. Eniten läpimenomallia tulevat käyttämään kuitenkin työsuunnittelu, tuotannonsuunnittelu, työnjohto, materiaalihallinto ja asentajat. Luultavasti myöhemmässä vaiheessa myös testihenkilöstölle on hyötyä läpimenomallista, kun he aikatauluttavat järjestelmien testauksia. Läpimenomalli yhdistää kaikkien edellä mainittujen henkilöiden työn toisiinsa, koska pystytään paremmin suunnittelemaan seuraavaksi tehtävä työ. Juuri tämä suunnitelmallisuuden lisääminen lyhentää läpimenoaikaa ja vähentää itse tuottavaan työhön kuluva aikaa. Kuten teoriaosassakin todetaan, vaikkei työtä valmisteleva osuus olekaan suoranaisesti tuottavaa työtä, se lyhentää työhön kuluva aikaa ja sitä kautta parantaa tuottavuutta.

Tuotannonohjauspäällikkö tulee tarvitsemaan läpimenomallilta aikataulullisia tietoja. Pyrkimyksenä on, että kun läpimenomalli on tiedossa, pystytään aikatauluttamaan päävaiheiden aloitus ja lopetus. Aikataulun perusteella suunnitteleva henkilöstö pystyy kuormittamaan tuotantoa ja pysymään paremmin aikataulussa.

Työsuunnittelu tarvitsee läpimenomallia alavaiheiden avaamisen aikataulutukseen. Läpimenomalli on myös hyvä yhteinen työkalu tuotannonsuunnittelun kanssa. Läpimenomallin avulla pystyvät molemmat seuraamaan helikopterin valmistusastetta, ja molemmilla on parempi kokonaiskuva siitä, mitä on tehty ja mitä on tekemättä. Pääpaino läpimenomallin käytössä on kuitenkin tulevaisuudessa: mitä tehdään seuraavaksi.

Työjohto käyttää läpimenomallia työtehtäviä jakaessaan. Kun työnjohtaja näkee yksittäisten töiden riippuvuuksia jostain toisesta työstä, voi hän antaa samalle henkilölle tai henkilöille tiettyjä työpaketteja, jolloin työ sujuu nopeasti ja tulee kerralla valmiiksi. Tulevaisuudessa olisi myös käytännöllistä, jos asentajat voisivat itsekkin katsoa läpimenomallista, mitä voi tehdä seuraavaksi, jolloin työtä voisi jatkaa selvissä tapauksissa oma-aloitteisesti eikä tarvitsisi odottaa että työnjohtaja antaa uuden työn. Nykyisin asentajilla ei aina ole mahdollisuutta oma-aloitteiseen työn jatkamiseen, koska ei ole välttämättä tietoa, mitä on suunniteltu tehtävän seuraavaksi, vaikka itse haluaisi aloittaa uuden työn ilman työnjohtajan erillistä ohjausta.

7.3 Läpimenomalliin sisällytettävät tiedot

Tuotannonsuunnittelulle ja työnjohdolle olisi eniten hyötyä läpimenomallista, joka kertoo kokoonpanon läpiviennin operaatiotasolla. Operaatiotasolla läpimenomallia ei kuitenkaan

kannata vielä tässä vaiheessa tehdä, koska konfiguraatio elää jonkin verran ja muutoksia tulee. Operaatiot ovat usein voimassa eri muutostasolla eri helikopteriyksilöille, jolloin läpimenomallia ei voisi käyttää kaikille koneille. Mahdollista onkin, että tulevaisuudessa joudutaan tekemään oma läpimenomalli eri kopteriversioille, koska pieniä eroja varustuksessa löytyy. Operaatiokohtainen läpimenomalli on mahdollista kehittää tulevaisuudessa, kun konfiguraatio jäädytetään ja muutokset vähenevät. Operaatiotasolla olevan läpimenomallin muodostaminen on myös niin suuritöinen ja aikaa vaativa työ, etteivät tämän työn aikataulu ja laajuus riitä. Tämä opinnäytetyö kuitenkin valmistele operaatiotasolle menevän valmistusmallin toteutusta, koska on mahdollista että tulevaisuudessa tullaan menemään operaatiokohtaiseen valmistusmalliin.

Varaston henkilökunnalle on työsuunnittelun tavoin hyötyä alavaihetasolla olevasta aikataulusta; käytännössä siis alavaiheiden aloitusjärjestyksestä, joka määräytyy läpimenomallin pohjalta rakennetusta aikataulusta. Materiaalit saapuvat kopteriyksilölle, alavaiheelle ja operaatiolle kiinnitettynä. Kun varasto on tietoinen, mikä alavaihe tuotannossa on alkamassa, osataan etukäteen kotiuttaa alavaiheen materiaalit ja on mahdollista tehdä puuttuvista materiaaleista puuteraportit. Kun kaikki alavaiheen materiaalit ovat etukäteen tarkastettuina ja etsittyinä, ne pystytään nopeasti siirtämään tuotantoon keräyspyynnön tullessa.

8 TYÖPAKETIT LÄPIMENOMALLIN POHJANA

Jo työn aloituspalaverissa päätettiin, ettei läpimenomallista voi tehdä liian yksityiskohtaista. Päätöstä tuki se, että eräänlaista läpimenomallia on kerran jo yritetty muodostaa suoraan operaatiotasolla. Tämä ei kuitenkaan käytännössä osoittautunut mahdolliseksi. Läpimenomallin pohja on rakennettava operaatioryhmistä, jotka sisältävät tietyn järjestelmän tai alueen operaatiot, muutoin läpimenomalli hajoaa niin pieniksi palasiksi, että sen hallinta ja seuraaminen on vaikeaa. Työpaketeista on mahdollista muodostaa nykyistä tarkempi tuotantoaikataulu, jota kukin kokoonpanossa työskentelevä pystyy seuraamaan. Kun aikataulu on hyvissä ajoin tiedossa, pystytään työt valmistelemaan siten, että kaikki työhön tarvittavat materiaalit ja dokumentit ovat saatavilla kun niitä tarvitaan.

Työpaketteja täytyy hyödyntää läpimenomallissa myös sen takia, että monia työpaketteja on jo muodostettu, ja muutamia on jopa muodostettu osaamisryhmiä, jotka ovat erikoistuneet juuri tämän työpaketin tekemiseen.

Tämän työn tekemisen alkuvaiheessa läpimenomallin rakenneperiaatteet alkoivat hahmottua. Läpimenomalli koostuu selkeistä kokonaisuuksista, joissa yksittäiset operaatiot

unohdetaan tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta. Operaatioiden alavaihetta ei tule ottaa liikaa huomioon, koska yleensä kaikki työpaketin työt eivät ole samalla alavaiheella. Alavaiheiden aloitusjärjestys voidaan määrittellä läpimenomallin tarpeen mukaan. Kaikki työpaketin operaatioiden alavaiheet tulee aloittaa silloin, kun kyseinen kokonaisuus asennetaan. On kuitenkin käytettävä harkintaa, millä aikataululla alavaiheet aloitetaan, koska monen alavaiheen työnvalmistelu samanaikaisesti kuormittaa työnsuunnittelua erittäin paljon.

Alavaihejärjestys määräytyy järkevän kokoonpanojärjestyksen mukaan. Tämä käytäntö saattaa aiheuttaa ylimääräistä L2-dokumenttien ja V10-valmistusrakenteen päivittämistä, jos operaatioiden EC:n alavaihejärjestys on pahasti ristiriidassa läpimenomallin ajoituksen kanssa. Tällaisessa tapauksessa tuotannosta on tultava tieto työnsuunnitteluun, jotta voidaan ehdottaa EC:lle työn siirtämistä sopivammalle alavaiheelle. Työpaketit tulevat olemaan enemmän tai vähemmän linkitettyinä toisiinsa, jolloin nämä linkitykset määräävät työpakettien keskinäisen ajoituksen.

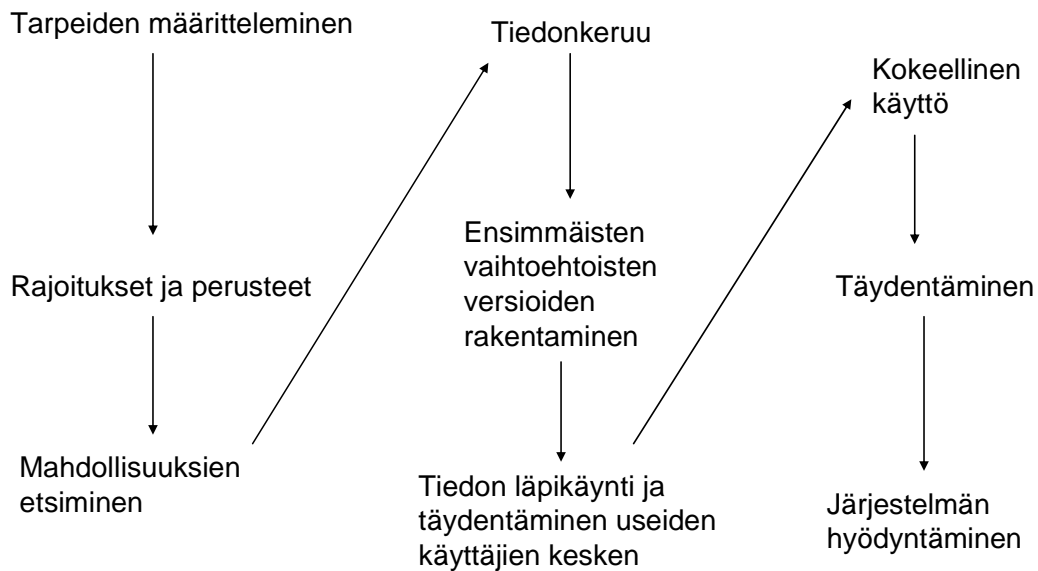
Työpaketit tulevat siis sisältämään useita operaatioita, ja paketeista tulee erikokoisia. Työpaketteja voidaan konekohtaisesti jalostaa aina operaatio- ja osatasolle asti, jos tarpeellista. Työpaketit ovat pääosin kooltaan 5 - 20 operaatiota. Läpimenomallissa operaatioryhmät on ryhmitelty numerosarjalla, joka sisältää vähintään operaationumeron seitsemän ensimmäistä merkkiä. Tällä numerosarjalla pystytään haarukoimaan noin yhdestä viiteen operaatiota voimassaolevien operaatioiden listalta kullekin kopteriyksilölle. Nämä operaatiot voidaan ajoittaa tarvittaessa keskenään tilanteen mukaan. Mikään ei estäisi laittamasta koko operaationumeroa läpimenomalliin, mutta siinä tapauksessa malli ei enää olisi yleispätevä ja vaatisi jatkuvaa päivitystä.

Kun on olemassa toimiva läpimenomalli, joka määrittelee kriittisen polun, pystyy tuotannonsuunnittelija paremmin huolehtimaan siitä, että kaikki kriittiset työt tulevat tehdyiksi ajallaan. Kun läpimenomalli on olemassa, pystyy tuotannonsuunnittelija laatimaan suunnitelman tehtävistä töistä esimerkiksi aina yhtä viikkoa aikaisemmin. Läpimenomalli auttaa myös valitsemaan töistä kriittisimmät, jolloin kriittisimpiä ongelmia voidaan ennakoitua ratkoa. Sellaisten töiden, jotka eivät ole riippuvaisia muista operaatioista, tulee olla näkyvillä läpimenomallissa yhtenä ryhmänä, josta niitä voidaan ajoittaa aloitettavaksi silloin kun materiaalit ja valmistusdokumentit ovat saatavilla. Tällaiset riippumattomat työt, joita voidaan tehdä lähes missä tilanteessa tahansa, ovat erittäin tärkeä ryhmä, koska ne toimivat tarvittaessa niin sanottuna työpuskurina.

9 LÄPIMENOMALLIN TOTEUTUS

Tässä kappaleessa kerrotaan tämän läpimenomallin käytännön toteutuksesta tämän opinnäytetyön osalta. Tämä opinnäytetyö on vain osa läpimenomallin kehitystä ja loppuu pohjatiedon keruuseen ja ensimmäisen kehitysversion luomiseen. Valmis läpimenomalli syntyy vasta AVI:n sisäisen jatkokehitystyön tuloksena. Läpimenomallin toteutuksen kulku on kuvattu kuvassa 11.

Läpimenomalli rakentuminen



Kuva 11 Läpimenomallin kehitystyön kulku

Työn aloittamista ja toteuttamista helpotti huomattavasti se, että olin jo ehtinyt työskennellä helikopterikokoonpanossa noin puoli vuotta ennen työn aloittamista. Tämän puolen vuoden aikana olin toiminut työnsuunnittelun ja tuotannonsuunnittelun tehtävissä. Toimin kesän aikana myös muutaman viikon ajan työnjohtajan sijaisena ja sain sitä kautta näkemystä kokoonpanoon myös työnjohtajan silmin. Ilman minkäänlaista tuntumaa olisikin tämän työn toteutus ollut käytännössä huomattavasti vaikeampaa.

9.1 Kokoonpanossa muodostettujen työpakettien tutkinta

Kokoonpanossa on muodostettu työpaketteja, joihin on kerätty yhteen muutamia tiettyihin kokonaisuuksiin liittyviä samantyyppisiä operaatioita. Yhteen työpakettiin on kerätty esimerkiksi hydrauliputkien asennusoperaatiot. Aloitin operaatioiden tutkimisen kokoonpanossa tehtyjen taulukoiden avulla. Excelillä laadittuja taulukoita, joihin oli hahmoteltu työpakettien sisältöä, oli olemassa muutamia. Muodostettuja työpaketteja tutkimalla sain yleiskuvan työpakettien koosta ja sisällöstä. Ennen haastatteluja pyrin saamaan kaikki tiedot kokoonpanon nykytilanteesta, jotta haastatteluissa minulla olisi parempi valmius sisäistää ilmitulevaa tietoa. Kun taulukoista oli kaikki mahdollinen tieto otettu, siirryin haastattelemaan tuotannosuunnittelijoita ja työnjohtajia. Heillä on paras tieto valmistusjärjestyksestä, koska he ovat käytännössä koko ajan fyysisesti koneen kanssa tekemisissä kokoonpanon edetessä. Ongelmana on se, että vaikka tuotannosuunnittelijoilla ja työnjohtajilla on oman vastualueensa töistä paljon yksityiskohtaista tietoa, ei kenelläkään ole tarkkaa kokonaiskuvaa kokoonpanon läpimenoa.

9.2 Tiedonhankintamenetelmät

Aloitin työn tekemisen perehtymällä olemassa olevaan aineistoon kokoonpanojärjestyksestä. Kokoonpanon lähtökohdat perustuu EC:n työvaihejärjestyksen, L2:n ja FT:n lisäksi EC:n toimittamiin Excel-taulukkomuodossa oleviin tiedostoihin. Excel-taulukkoina toimitetaan määräajoin tiedot voimassaolevista operaatioista, materiaalisatavuustiedoista ja konfiguraationimikepuu, josta kerrottiin retrofit-operaation yhteydessä. Mitään tarkkaa kokoonpanojärjestyksestä EC ei toimita.

Yrityksen sisällä on olemassa jo paljon kokemusperäistä tietoa valmistusjärjestyksestä. Olemassa oleva tieto täytyy vain saada muotoon, jossa sitä voidaan järjestellä ja edelleen jalostaa. Ainoat tavat, joilla tieto saadaan kirjalliseen muotoon, ovat haastattelut ja palaverit.

9.2.1 Haastattelut /10/

Kun läpimenomallia aletaan rakentaa täysin puhtaalta pöydältä, ongelmana on se, kuinka koota tieto helposti ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi. Tietoa on vaikeaa ensinnäkin järjestää läpimenomallissa oikein, koska selkeätä toimivaa pohjaa ei ole vielä olemassa. Pyrkimyksenä onkin ensin saada muodostettua isompia kokonaisuuksia ja laittaa ne järjestykseen. Kun läpimenon runko ja periaatteet ovat selvillä, on helpompi tarkentaa tietoa yksityiskohtaisemmalle tasolle.

Kokoonpanossa työskentelevillä henkilöillä on paljon tietoa siitä, mikä kokonaisuus tai osa voidaan milloinkin asentaa ja mitä kunkin operaation suorittaminen edellyttää. Tehtäväksi jää tiedon saattaminen kaikkien käyttöön.

Kuten Lempinen-Savolainen /3/ toteavat, tulee ongelmia ja poikkeuksia etsittäessä helposti eniten esiin pieniä yksityiskohtia, komponenttitason ongelmia. Näistä pienistä ongelmista on pystyttävä suodattamaan ne, jotka ovat lähempänä rakennetasoa. Yksittäinen komponenttitason ongelma voi aiheuttaa myös useamman uuden komponenttitason ongelman, jolloin siihen tulee kiinnittää huomiota. Monen pienen ongelman yhteysvaikutus voi olla suurikin. Tässä tapauksessa komponenttitason ongelmia ovat yhtä konetta koskevat ja tilapäiset ongelmat, joita on kuitenkin syytä tarkastella tapauskohtaisesti. Rakennetason ongelmiksi voidaan lukea ongelmat, jotka toistuvat monella koneyksilöllä. Aina ongelman esiintyessä tulee tutkia, mistä se johtuu.

Jo ensimmäisten haastattelujen aikana huomasin, että on mahdotonta laittaa töitä yksiselitteiseen järjestykseen. Järjestyksen pystyy toki tekemään, mutta sitä ei pysty kuitenkaan toteuttamaan täysin yksiselitteisesti jokaisella kopteriyksilöllä. Tuotteen ollessa näin monimutkainen jokaisen tuoteyksilön kokoonpano on yksilöllinen. Valmistusjärjestys tulee rakentaa perustalle, jossa kriittiset työt muodostavat kriittisen polun; tämän sivuhaaroilla on töitä, jotka ajoitetaan sopivasti. Sivuhaarojen töillä ei ole yhtä tarkkaa ajoitusta, vaan niitä voidaan pääsääntöisesti tehdä heti, kun materiaalit ja valmistusdokumentit ovat saatavilla. Rakennepuu paisuu myös tässä tapauksessa todella suureksi. Yhtä aikaa tehtävien töiden määrä lisääntyy radikaalisti kokoonpanon edetessä.

Haastattelujen avulla sain tiedossa olevia kriittisiä operaatioita ja työkokonaisuuksia selville. Kokoonpantava helikopteri on kooltaan suuri ja rakenteeltaan sellainen, että monta aluetta pystytään kokoonpanemaan yhtä aikaa. On kuitenkin olemassa sellaisia monista operaatioista koostuvia alueita, jotka joudutaan tai ainakin on kannattavaa koota tiettyssä järjestyksessä. Näistä toisiinsa vaikuttavista operaatioista ja alikokoonpanoista ei ole

mistään saatavilla tietoa, vaan tieto tulee suoraan käytännön kokemuksen kautta. Ainoa tapa saada tällainen yksityiskohtainen tieto esille on haastatella henkilöitä.

Asentajilla on yksityiskohtainen tietämys operaatioista, mutta työn ollessa näin laaja ei ole mahdollisuutta haastella kaikkia asentajia. Tarkoituksena on ensin hahmotella kokoonpanon läpimenomalli ja tehdä esitysasusta sellainen, että tietoa voidaan lisätä käyttöönoton alkuvaiheessa, jolloin myös asentajat pystyvät kertomaan tietonsa kokoonpanon kriittisistä operaatioista.

9.2.2 Operaatioiden läpikäynti työohjeiden avulla

EC on ranskalainen, joten monet dokumentit ja nimet ovat ranskankielisiä. Työohjeet on kirjoitettu sekä englanniksi että ranskaksi. Joidenkin nimikkeiden kuvaus saattaa olla kirjoitettu osaan dokumenteista ja lähtötiedoista vain ranskaksi. Ranskan, englannin ja suomen kielen lisäksi NH90-projektin sisällä puhutaan myös saksan, Italian ja hollannin kieltä. Tämä monikulttuurinen työyhteisö on muodostanut monia nimityksiä samoille asioille, jolloin voidaan puhua samoista asioista eri nimillä varsinkin sellaisen henkilön kanssa, joka on uusi kyseisessä työyhteisössä. Operaationumerot, nimikekoodit ja standardimerkinnot ovat ainoat nimikkeet, joilla voidaan yksiselitteisesti puhua samoista asioista. Tästä johtuen haastatteleminen on vaikeaa saada kaikkea tietoa, koska samoista asioista puhutaan eri nimityksillä, jolloin on vaikeata tunnistaa mistä on puhe. On siis saatava kaikki kopterin järjestelmät ja osa-alueet kerättyä läpimenomalliin, jonka jälkeen työpaketteja voidaan muodostaa ja järjestää oikeaan järjestykseen. Tällä tavoin varmistetaan, että kaikki pohjatieto on läpimenomallissa ja puhutaan samoista asioista. Ainoa mahdollisuus varmistua siitä, että kaikki tarpeelliset operaatiot ovat läpimenomallissa, on käydä yhden kopteryyksilön kaikki voimassaolevat operaatiot läpi.

Ensimmäisten haastattelujen jälkeen, kun olin saanut hahmoteltua kokoonpanon suurimmat kokonaisuudet jonkinlaiseen järjestykseen, lähdin käymään operaatioita läpi yksitellen. Aloitin operaatioiden läpikäynnin suodattamalla yhden helikopteryyksilön operaatiot voimassaolevien operaatioiden listalta. Aluksi operaatioita oli 2048 kappaletta. Kaikkia operaatioita olisi turhaa näin alkuvaiheessa käydä läpi.

Koin parhaaksi tavaksi käydä kokoonpanoaluetta läpi EC:n alkuperäisessä alavaihejärjestyksessä, koska muuta järjestystä ei tällä hetkellä ole saatavilla. EC:n alkuperäisessä alavaihejärjestyksessä ei pääosin ole mitään vikaa, sen heikkous on ainoastaan se, että työvaiheet ovat liian suuria. Yhdellä työvaiheella voi olla operaatioita muutamasta pariin sataan. Alavaiheiden sisällä operaatiot ovat ainoastaan aakkos-

numeerisessa järjestyksessä. Tästä syystä sitä ei voida käyttää suoraan kokoonpanojärjestyksenä.

Aloitin operaatioiden läpikäynnin loogisesti alusta, runkoliitoksesta. Alkuvaiheiden operaatiot on helpompaa nimetä ja laittaa järjestykseen kuin myöhemmän työvaiheen operaatiot, koska töitä on vähemmän. Alkupään työnjohdolla, suunnittelijoilla ja työntekijöillä on myös paras kokemus alkupään kokoonpanon läpiviemisestä, koska operaatioita on lukumäärällisesti vähemmän kuin pääkokoonpanossa. Kokoonpanon alkupään työt on ehditty tehdä jo useaan kopteriyksilöön, jolloin työntekijät ja toimihenkilöt ovat olleet pisimpään töissä samojen työvaiheiden kanssa.

Työntekoa nopeuttaakseni ja yksinkertaistaakseni poistin kaikki testioperaatiot. Testioperaatioiden läpiviennistä on jo olemassa oma rakennepuu. Testioperaatioiden sisällyttämistä läpimenomalliin tulee tutkia myöhemmin, kun läpimenomallia viedään tarkemmalle tasolle.

Poistettavien listalla olivat myös Retrofit-operaatiot. Retrofit-operaatiot liittyvät aina johonkin pääoperaatioon, joten niiden poistaminen läpimenomallista ei vaikeuta niiden löytämistä. Retrofit-operaatiot tulee aina käsitellä jokaisen kopteriyksilön kohdalla erikseen, joten niitä ei kannata tarkastella, kun tehdään yleispätevää läpimenomallia.

Kolmas poistettava operaatioryhmä oli sähköverkostojen asennusoperaatiot. Sähköverkostojen asennus käsitellään ainakin näin alkuvaiheessa läpimenomallissa muutamana isompana kokonaisuutena. Sähköverkoston asennus sisältää Routing-operaation, joka kertoo verkoston reitityksen helikopterissa ja verkostojen osanumeroiden perusosan ilman muutostasoa. Routing-operaatiolla toimitetaan verkoston kiinnitysosat ja alkuperäisen konfiguraation mukaiset sähköverkostot. Alkuperäisen verkostotoimituksen lisäksi on monia yhden tai muutaman uudemmalla muutostasolla olevan verkoston osan toimittavia operaatiota ja operaatioita, joilla verkoston osa modifioidaan muutostyön kautta uudelle muutostasolle tai korvataan uudella sähköverkostolla. Sähköverkostojen asennuksen hallinnointiin on kehitetty omat työkalut. Harness-operaatiot poistetaan ainoastaan tiedon määrään vähentämiseksi läpimenomallin kehitysvaiheessa, jotta kokonaisuus selkeytyy. Ainoastaan muutamat yksittäiset kriittiset verkostoasennukset tulee mainita erillisinä.

Nämä edellä mainitut neljä operaatioryhmää oli mahdollista poistaa listalta operaationumeroiden perusteella. Testioperaatioissa esiintyy 14-merkkisen operaationumeron kymmenentenä ja yhdentenätoista merkkinä merkintä E0. Tämä voidaan havaita seuraavasta testioperaationumeron esimerkistä: SXXXZXXXXE0XXX. Retrofit-operaatioiden operaatinumero alkaa merkinnällä N008 tai S008, esimerkiksi S008ZXXXXXXXXX ja N008ZXXXXXXXXX. Näissä esimerkeissä merkki X merkitsee

numeroa 1...9 ja Z kirjainta, turvaluokituksen takia operaationumeroita ei tässä työssä julkaista. Sähköverkostojen reititys ja verkostojen toimitusoperaatiot taas alkavat S88, esimerkiksi S882ZXXXXXXXXXX. Sähköverkostojen operaatioita poistettaessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että myös joissakin muissa sähköverkostoihin liittyvissä operaatioissa esiintyy alku S88. S88-alkuiset operaatiot piti siis tutkia jokainen erikseen työohjeen ja osaluettelon kautta, jotta varmistuttiin siitä, että kyseessä on sähköverkosto-asennusoperaatio, eikä esimerkiksi kampojen eli verkoston kiinnitystarvikkeiden liimaus runkoon. Verkostojen muutos- tai vaihto-operaatiot alkavat kirjaimilla SR tai loppuvat kirjaimiin DR, verkostojen retrofitit taas S008Z88 tai S008Z88.

Karsimisen jälkeen operaatiota oli jäljellä 1064 kappaletta. Karsinnassa saattoi lähteä pois myös sellaisia operaatioita, joita tulee lisätä läpimenomalliin myöhemmin. Nyt oli kuitenkin tarkoituksena saada kaikki selkeästi asennustyötä sisältävät operaatiot läpimenomalliin, jotta nähdään kokonaiskuva läpimenosta. Vaikka valmistusjärjestyksestä on vasta osa selvillä, sijoitin kaikki operaatiot ja operaatioryhmät taulukkoon, jossa niitä olisi helppo järjestellä oikeaan järjestykseen sekä etsiä keskinäisiä riippuvuuksia. Lajittelin operaatiot ryhmiin tämänhetkisen tietoni ja kokemuksen mukaan. Oikea järjestys selkeytyy, kun haastattelen lisää kokoonpanoa suunnittelevaa henkilökuntaa pienemmissä, kahden tai useamman hengen keskusteluissa ja isommissa palavereissa. Ennen kaikkea oikea työjärjestys selviää läpimenomallin jatkokehitysvaiheessa.

Kokoonpanon läpikäynti alavaihe kerrallaan osoittautui helpoimmaksi tavaksi saada käytyä operaatiot läpi. Huomasin, että läpikäynti järjestelmittain vaatisi enemmän kokemusta tuotteesta ja järjestelmästä, jotta osaisin poimia samaan järjestelmään liittyvät operaatiot eri alavaiheilta. Kun kävin operaatiot läpi alavaiheittain, lajittelin operaatioita muutaman operaation nipuissa eri alueisiin. Näitä syntyviä ryhmiä olisi mahdollista järjestellä Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Merkitsin operaation tai operaatioryhmän kuvauksen yhteyteen pää- ja alatyövaiheen sekä operaationumeron alkuosan. Näin ne voidaan helposti löytää voimassaolevien operaatioiden listalta ja yhdistää kopteryksilökohtaiset operaatiot ja niihin liittyvät toimitus-, muutos- ja asennusoperaatiot. Operaatiot voi lajitella joissain tapauksissa ainoastaan operaation numeron ja nimen perusteella tai katsomalla operaation työohjetta.

9.2.3 Palaverit /12/

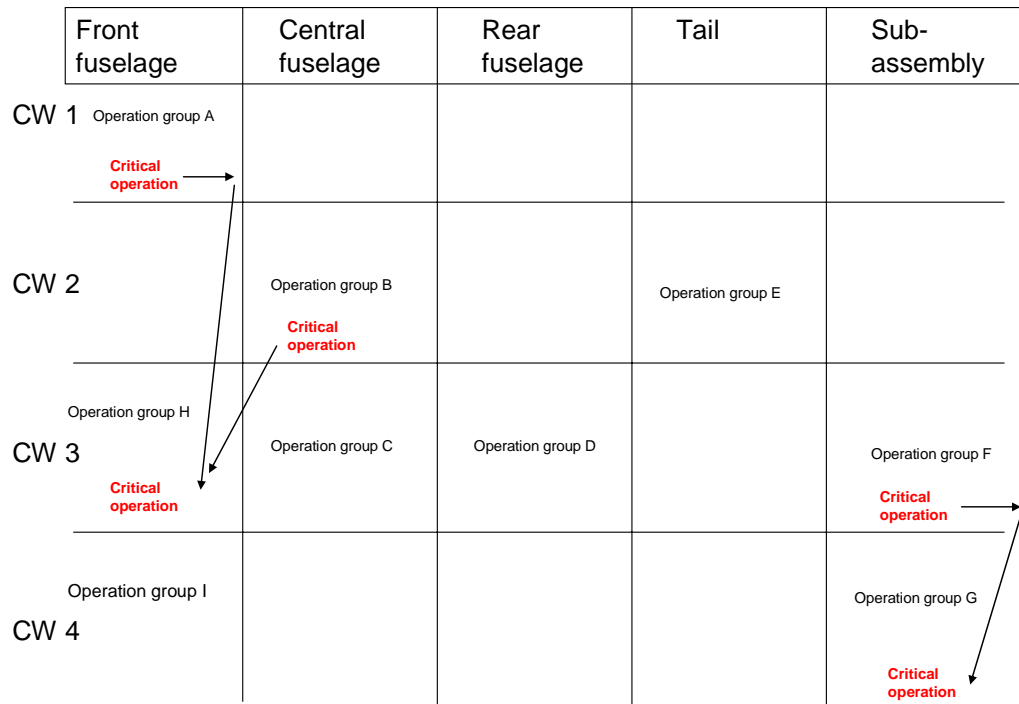
Muutaman haastattelun jälkeen pidin ensimmäisen isomman palaverin, jonka tarkoituksena oli herättää kaikkien mielenkiinto läpimenomallin kehitystä kohtaan. Kaikkien ollessa koolla pohdittiin reunaehtoja muodostettaville työkokonaisuuksille työnsuunnittelun esimiehen, tuotannonsuunnittelijoiden ja työnjohtajien kesken. Ensimmäisen isomman palaverin tarkoituksena oli myös tuoda tarkemmin esille kunkin käyttäjän tarpeet sekä pohtia yhdessä tiedonkeruutapoja ja parasta esitysmallia. Ensimmäinen palaveri selvensi nykytilannetta siitä, kuinka isoa tuotetta kokoonpanolinjalla kootaan. Palaverissa tuli myös hyvin ilmi, kuinka monella tapaa helikopteri voidaan koota. On kuitenkin olemassa tietyt reunaehdot, joita tulee noudattaa, jotta kokoonpano etenee järkevästi.

Asentajilla on luonnollisesti paljon yksityiskohtaista tietoa valmistusjärjestyksestä. Heitä monesti kuunnellaankin liian vähän asioita mietittäessä. Asentajilta tullaan saamaan tarkinta saatavilla olevaa tietoa. En tähän ensimmäiseen palaveriin kuitenkaan ottanut asentajia mukaan juuri liian yksityiskohtaisen tiedon takia. Yksityiskohtaisia tietoja pystytään hyödyntämään vasta jatkokehitysvaiheessa, kun läpimenomallin runko on valmis.

Käytäntö osoitti, että tiedonhankinta onnistuu parhaiten haastattelujen avulla, ja palaverissa kannattaa aina käydä läpi kaikki esille tulleet merkittävät asiat, jotta kaikki ovat tietoisia mitä tapahtuu. Monesti viimeistään palaverien jälkeen tulee uusia asioita ilmi.

Toisen palaverin pidin vasta kun olin saanut laadittua eri vaihtoehtoja läpimenomallin esitysmuodoille. Työtä tehdessä kävi ilmi, ettei pelkästään haastattelemalla saada riittävästi tietoa. Oli siis aika julkaista läpimenomalli ja jatkaa kehitystä siten, että läpimenomalli on osittain samalla käytössä. Palaverissa käytiin läpi eri mahdollisuudet läpimenomallin esitykselle ja valittiin taulukkomuotoinen esitysmuoto (kuva 12) läpimenomallin ensimmäiseksi kehitysversiona.

NH90 Final Assembly critical assembly components



Kuva 12 Läpimenomallille valitun esitysmuodon periaate

Valitun läpimenomallin esitysmuodon periaate on seuraavanlainen. Läpimeno koostuu eri osa-alueista, joilla voidaan tehdä asennuksia yhtäaikaaisesti. Mallia luetaan ylhäältä alaspäin, ja kokoonpanon määräävät tekijät ovat kriittiset työt, joilla on toisiin vaikutus. Mallia on tarkoitus tulevaisuudessa käyttää siten, että kriittiset työt muodostavat kriittisen polun, jota pitää noudattaa. Muut työt, joiden ajoitus ei ole niin tarkka, voi tuotannosuunnittelija sijoittaa tietylle viikolle tehtäväksi. Suunniteltu asennusviikko on luettavissa vasemmanpuoleisesta sarakkeesta. Valitun läpimenomallin esitysmuodon periaate on esitetty kuvassa 12 mainitsematta operaation ryhmien nimiä tai numeroita.

Palaverissa päätettiin, että laadin aikataulun läpimenomallin käyttöönotolle sekä jatkokehitykselle. Valittu läpimenomalli jaetaan tuotantohenkilöstölle paperiversiona ja se on saatavilla myös Excel-taulukkona verkkolevyllä yhteistä käyttöä varten. Käyttöönotto- ja jatkokehityskaudella pidetään muutan viikon välein kehityspalavereja. Palavereissa käydään läpi, mitä muutoksia kukin läpimenomalliin ehdottaa. Kun kaikki listaavat omat tietonsa ja niistä keskustellaan ryhmässä, ilmenee varmasti myös uusia seikkoja, joita kukaan ei ole vielä huomannut. Kaikki operaatioryhmät ovat kehitysversiossa esillä. Kokoonpanojärjestys hioutuu, kun läpimenomallia aletaan soveltaa tuotannossa. Kehitysvaiheessa voidaan tarvittaessa siirrellä operaatioita eri ryhmien välillä ja tehdä muutoksia läpimenomallin esityssasuun ja muihin seikkoihin. Kun saadaan oikeat työt

niputettua sopiviin ryhmiin ja oikeaan kohtaan valmistusketjua, väärän valmistusjärjestyksen takia keskeytyneiden operaatioiden määrä vähenee.

Palaverissä tuli myös ilmi, että läpimenomalli kannattaa tulevaisuudessa rakentaa tietokantaan, josta voi erilaisilla hakuehdoilla etsiä työpaketteja. Tässä tapauksessa läpimenomalliin lisättävien tietojen määrää ei periaatteessa rajoita mikään, koska halutut tiedot saadaan haussa rajattua näkyviin.

10 LÄPIMENOMALLIN KÄYTTÖ

Läpimenomallista saadaan suurin hyöty kun suunnitellaan, mitä operaatioita kannattaa aloittaa seuraavaksi. Toimivaa yhteisessä käytössä olevaa läpimenomallia voidaan lisäksi käyttää monessa muussakin tilanteessa. Tilanteita, joissa läpimenomallista on hyötyä ovat seuraavat.

10.1 Operaatioiden etsintä

Monesti tuotannossa tulee sellainen ongelmatilanne, että osan nimi tiedetään, mutta asennusoperaatio pitäisi löytää. Tällaisessa tilanteessa harjaantunut läpimenomallin lukija löytää mallista nopeasti, mihin ryhmään operaatio kuuluu, jolloin itse operaation löytäminen onkin helpompaa.

10.2 Tuotantopalaverit

AVI:ssa on viikoittainen tuotantopalaverikäytäntö. Jokaisella kopteriyksilöllä käydään viikoittain tuotantotilanne läpi konekohtaisessa tuotantopalaverissa. Palaverin pitää tuotannonsuunnittelija, ja hänen lisäksi siihen osallistuvat työnsuunnittelija, työnjohtaja, varastohenkilökunnan jäsen sekä TAT-henkilö (Technical Assistant Team). Kun läpimenomallin käyttö vakiintuu, pystyy tuotannonsuunnittelija käymään viikkopalaverissa läpimenomallia apuna käyttäen tuotantotilanteen läpi ja esittelemään seuraavalle viikolle suunnitellut työt.

10.3 Kopterin siirto vastualueelta toiselle

Kopterin siirrossa vastualueelta toiselle on läpimenomallin avulla helppo esitellä, mitkä työt on tehty ja mitä on kesken. Näin ollen kopteria vastaanottava tuotannosuunnittelija pääsee heti jatkamaan kokoonpanon läpivientiä, kun kopteri saapuu esimerkiksi esivarustelusta päätuotantotilaan. Siirto onnistuu jouheasti esimerkiksi siten, että kopterin vastaanottava tuotannosuunnittelija alkaa muutamaa viikkoa ennen siirtoa osallistua saapuvan kopterin viikkopalaveriin.

11 LÄPIMENOMALLIN PÄIVITYS, JATKOKEHITYS JA YLLÄPITO

Läpimenomallin esitystavan tulee olla sellainen, että läpimenomallia on helppo ylläpitää ja päivittää. Läpimenomalliin on oltava jokaisella yrityksen työntekijällä ja toimihenkilöllä mahdollisuus vaikuttaa, jotta saadaan kaikki valmistusjärjestykseen vaikuttava olemassa oleva tieto kaikkien saataville. Läpimenomallin kehityksen ja ylläpidon tulee olla jatkuvaa, jotta kokoonpano kehittyy koko ajan, ja ylimääräiset väärästä kokoonpanojärjestyksestä johtuvat turhat työt saadaan vähenemään ja optimitilanteessa lopulta poistettua kokonaan.

Läpimenomallin kehitykseen on varattu ensisijaisesti aikaa noin kolme ja puoli kuukautta. Läpimenomallin pääkehittäjänä jatkan minä, mutta käytännössä kaikkien käyttäjien tulee aktiivisesti osallistua läpimenomallin kehittämiseen, jotta lopputulos tyydyttää kaikkia. Kun malli rakennetaan yhdessä, sen käyttö sujuu kitkattomasti, koska eri näkökannat ja erityistarpeet on otettu huomioon.

11.1 Läpimenomallille sopiva sovellus

Kun läpimenomallin kehitysversio saadaan kehitettyä lopulliseen muotoonsa, tulee lopulliselle läpimenomallille rakentaa ympäristö, jossa sitä on helppo käyttää. Kun kaikki haluttu tieto on saatu sisällytettyä läpimenomalliin, tulee läpimenomallin käyttösovellusta harkita uudestaan.

Käytössä tulee olla ainoastaan yksi lähdetiedosto, josta pystytään ottamaan tarvittaessa tulosteita ulos. Lähdetiedoston tulee olla helposti päivitettävä tai mahdollisesti sen tulee päivittyä ainakin jossain määrin automaattisesti. Sovelluksen ei tule toimia päällekkäin minkään nyt käytössä olevien sovellusten kanssa, vaan ennemminkin korvata aikaavievää

Excel-taulukoiden selaamista. Sovelluksen avulla on pystyttävä rakentamaan tuotantoaikataulun rakenne, jonka kaikki ymmärtävät ja jota kaikki pystyvät seuraamaan.

Nyt alkuvaiheessa tämän opinnäytetyön puitteissa on aikataulullisesti mahdollista toteuttaa pohja, jolla pystytään keräämään tietoa tarkasta kokoonpanojärjestyksestä. Jo lyhyen kehitysvaiheen jälkeen pystytään aikatauluja tarkentamaan. Tämä ensimmäinen malli on apuna aikatauluja laadittaessa ja helpottaa seuraamaan aikataulua, koska aikataulusta voidaan nähdä pienempiä kokonaisuuksia, jolloin on helpompi seurata aikataulun kulkua päivittäin.

Läpimenomallista on mahdollista tehdä tehokas työkalu, mutta se tarvitsee toimiakseen ympäristön, jossa sitä pystytään konekohtaisesti päivittämään ja seuraamaan. Sovelluksen tulee olla sellainen, että siihen voidaan määritellä eriasteiset oikeudet muuttaa tietueita ja sen tulee voida olla kaikkien käytössä samanaikaisesti sekä yhteydessä tuotantoaikatauluun.

Yrityksen nykyinen toiminnanohjausjärjestelmä V10 olisi paras ympäristö läpimenomallin toiminnalle, jos toteutus on teknisesti mahdollinen. Aikataulujen ja materiaalisaaatavuuden tieto olisi mahdollista saada V10-järjestelmästä. V10-järjestelmä on monille jo ennestään tuttu, jolloin ei tarvittaisi kovin paljon uuden sovelluksen toiminnan opetustakaan. Järjestelmän kehitykseen on myös aikaisemmin jo panostettu, ja kyseisen järjestelmän toimintoihin pystytään vaikuttamaan hyvin sen ansiosta, että järjestelmäversiota on mukautettu Patrian käyttötarpeita silmälläpitäen.

11.2 Läpimenomalli tietokantana käytössä tulevaisuudessa

Yrityksen käyttöön on myös kehitetty SQL (Structured Query Language) tietokantoja. Kyseisiä tietokantoja käytetään kokoonpanon aputyökaluina, V10-järjestelmän tukena. Nämä työkalut ovat kaikkien niitä tarvitsevien käytössä AVI:n intranetin kautta. Näiden työkalujen hyvä puoli on niiden helppo päivitettävyyys ja muokkausmahdollisuus. On mahdollista, että läpimenomalli olisi myös käytössä samankaltaisessa sovelluksessa. Läpimenomallin rakentaminen tietokantaan on otettu huomioon läpimenomallin suunnitteluvaiheen alusta lähtien, koska jos läpimenomallia halutaan käyttää enemmän kuin tietoa jakavana työkaluna ja aikataulun pohjana, on se tulevaisuudessa rakennettava jonkin tietokannan pohjalle. /11/

12 TULOSTEN ARVIOINTI

Tämän työn tavoitteena oli muodostaa läpimenomallin pohja, jota pystytään kehittämään ja käyttämään tulevaisuudessa aikatauluja muodostaessa. Syntyneen läpimenomallin avulla kokoonpanon laajuus konkretisoitui ja aikataulu pystytään tulevaisuudessa muodostamaan nykyistä tarkemmilla välitavoitteilla. Heti työn alkuvaiheessa kuitenkin huomattiin, että täysin yleispätevää kokoonpanojärjestystä ei pystytä muodostamaan. Määräviksi tekijöiksi osoittautuivat tietyt operaatiot ja operaatioryhmät. Nämä kriittiset operaatiot on tehtävä tietyssä järjestyksessä, mutta on paljon operaatioita, joiden ajoituksen ei tarvitse olla tarkka.

Haastattelemalla kaiken tiedon saaminen osoittautui haastavaksi. Aikaisemmin ei ole pidetty minkäänlaista rekisteriä kokoonpanojärjestystä rajoittavista operaatioista, ja tiedot ovat kokoonpanohenkilöstön muistin varassa. Vaikka kokoonpanevilla henkilöstöllä on paljon tietoa, on sen kerääminen erittäin aikaavievää. Osa tiedoista unohtuu kertoa ja tarvitaan useita haastattelukertoja, sekä kahden kesken että suuremmissa ryhmissä, jotta kaikki tiedot tulevat esiin. Asentajilta rajoittavia operaatioita ja muita yksityiskohtaisia tietoja olisi toden näköisesti saatu paljon, mutta aika tämän opinnäytetyön puitteissa ei riittänyt kaikkien asentajien haastatteluun.

Päätavoitteeseen päästiin, mutta alavaihejärjestystä tai aikatauluja ei kannata vielä muodostaa syntyneen läpimenomallin pohjalta, koska tietoja ei ole tarkistettu eikä läpimenomalli ole ollut koekäytössä. Läpimenomallin lopullisen esitysversion tulee olla sellainen, että kaikki kokoonpanossa työskentelevät ymmärtävät sisällön ja ovat päässeet vaikuttamaan siihen, jolloin myös käyttö on mielekkäämpää. Kokoonpanon ideaalinen alavaihejärjestys jäi siis toteutumatta, koska tietoja ei ole vielä riittävän hyvin todennettu. Työn tuloksena syntyi kuitenkin läpimenomalli, johon kaikki löydetty tieto on sisällytetty ja johon pystytään lisäämään tietoa kokoonpanojärjestyksestä.

Nyt kun läpimenomallille on saatu muodostettua selkäranka, vaatii se vielä kehitys- ja koekäyttökäytön, jonka aikana käyttäjät sisäistävät läpimenomallin toimintaperiaatteen ja etsivät puutteita. Koekäyttökäytön aikana on löydettävä loput kriittiset operaatiot, jotka määräävät kokoonpanojärjestyksen. Tällaiset kriittiset operaatiot tulevat muodostamaan tuotantoaikataulun osatavoitteet.

Tulevaisuudessa, kun läpimenomalli saadaan kehitettyä toimivaksi ja kokoonpanon kriittinen polku muodostuu, antaa se riittävän pohjatiedon jopa yksittäisten operaatioiden aikataulutukseen. Tuotannonsuunnittelija pystyy aikatauluttamaan yksittäisten operaatioiden ja muutamien operaatioiden ryhmien tekohetken läpimenomallin avulla.

Tuotannosuunnittelija pystyy läpimenomallin avulla viemään kopterin kokoonpanoa eteenpäin monella alueella. Jos työt eivät jostain syystä onnistu, pystytään töitä jatkamaan muulla alueella. Tulevaisuuden tavoitteena on, että useimmilla koptereilla on koko ajan töitä enemmän kuin ehditään tehdä, jolloin kaikki työresurssit ovat täysipäiväisesti käytössä. Tällaisessa tilanteessa, vaikka jollain kopteriyksiköllä työt vähenevät, voidaan työvoimaa siirtää toiselle kopterille töihin. Läpimenomallia voidaan myös tulevaisuudessa käyttää yhteisenä tiedonjakovälineenä siten, että kun uutta tietoa ilmenee, saadaan se heti kaikkien käyttöön.

Samaan aikaan kun tämä työ valmistui, käynnistettiin läpimenomallin jatkokehitysjakso, jonka aluksi läpimenomalli jaettiin käyttöön ja tehtiin aikataulu kehitysjaksolle. Kehitysjakson aikana pidetään määrätyn väliajoin kehityspalavereja, joissa keskustellaan läpimenomallin vaatimista muutoksista. Palaverin jälkeen sovitut muutokset tehdään läpimenomalliin ja päivitetty versiot jaetaan jälleen käyttöön. Kehitysjakson yhtenä tarkoituksena on saada tietoa myös asentajilta. Tiedon kerääminen asentajilta vaatii työnjohtajilta aktiivisuutta, heidän täytyy tietää läpimenomallin periaatteet ja tavoitteet. Asentajat ovat ryhmänä niin suuri, että käytännössä tiedon lisäämisen täytyy tapahtua työnjohtajien kautta, jotta tieto pystytään ohjaamaan ja jäljittämään hallitusti.

Kun jatkokehitysjakson tuloksena saadaan kaikki tieto tuotantohenkilöstöltä irti, voidaan arvioida uudestaan tiedon esitysmuotoa. Läpimenomallin ensimmäiseen kehitysversion esitysversion yhtenä valintakriteerinä oli tiedon helppo järjestäminen, muuttaminen ja lisääminen. Tiedon ollessa olemassa voidaan se käytännössä järjestää lähes millä tavoin tahansa. Parasta tiedonesitysmuotoa arvioitaessa tulee tutkia läpimenomallin kehitysversion valintapalaverissa laajalti mielenkiintoa herättänyttä tietokantaesitysmuotoa, josta on helppo hakea tietoa erilaisilla hakukriteereillä.

Täysin valmiista läpimenomallista pystytään tekemään jokaiselle kopteriyksikölle kopterikohtainen läpimeno, jonka avulla voidaan myös muodostaa konekohtainen aikataulu konkreettisine osatavoitteineen. Konekohtainen läpimeno voidaan muodostaa tarvittaessa operaatiotasolla, jos siitä saadaan riittävä hyöty. Operaatiokohtaiseen läpimenomalliin mentäessä tulee muistaa, että päivitystarve on jatkuva. Näin varmistutaan siitä, että läpimenomallissa olevat operaatiot pysyvät voimassaolevien operaatioiden tasolla.

Läpimenomallin olemassaolon suoranaista vaikutusta tuotannon tehokkuuteen on vaikeaa mitata. Tuotteen läpimenoaika ja keskimääräinen operaatiota kohden kuluvan tuntimäärän kehitys kertoo kuitenkin pitkällä aikavälillä vaikutuksesta tuotantoon. Jatkokehitysjakson aikana arvioidaan läpimenomallista ja sen vaikutuksesta tuotantoon tullaan saamaan lisäksi käyttäjien kokemuksista.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Lapinleimu Ilkka, Ideaalitehdas, Tampereen teknillinen korkeakoulu – Tuotantotekniikan laitos, Laitosraportti nro. 50/ Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere 2000. 197 s.
- 2 Lapinleimu Ilkka – Kauppinen Veijo – Torvinen Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät, Werner Söderström Osakeyhtiö, WSOY – Kirjapainoyksikkö. Porvoo 1997. 398 s.
- 3 Lempinen Juhani – Savolainen Jari, Hyvin suunniteltu puoliksi valmistettu. Suomen Robotiikkayhdistys Ry. Hakapaino Oy. Helsinki 2003. 180 s.
- 4 NH90 Standard HS 311, Numbering system for NH90 Drawings, Documentation and parts for production investment, production and in service phases, NHIndustries, 4/2005, 35 s.
- 5 Pyymäki, Santtu, Helikopterikokoonpanon tuotannonohjauksen kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Tampere 2006. 99 s. + 9 liites.

Sähköiset lähteet

- 6 Federation of American Scientists, [www-sivu]. [viitattu 28.2.2007] Saatavissa: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/row/nh90.htm>
- 7 NHIndustries, [www-sivu]. [viitattu 16.2.2007] Saatavissa: <http://www.nhindustries.com/>
- 8 Patria Oyj. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2007] Saatavissa: <http://www.patria.fi/>
- 9 Suomen puolustusministeriö, Kuljetushelikopterit. [www-sivu]. [viitattu 19.3.2007] Saatavissa: <http://www.defmin.fi/>

Haastattelut

- 10 a) Neuvonen Sakari, Työnjohtaja, Haastattelu 19.12.2006, Patria Helicopters NH90-Projekti.
b) Mäkinen Jari, Työnjohtaja, Haastattelu 22.12.2006, Patria Helicopters NH90-Projekti.
c) Esko Kralik, Työn- ja tuotannosuunnittelija, Haastattelu 12.1.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti.
d) Halmela Jari, Työnjohtaja, Haastattelu 16.1.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti
e) Stefan Mühligh-Hofmann, Tuotannosuunnitteluinsinööri, Haastattelu 18.1.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti
- 11 Mikko Ihanainen, Tuotannosuunnittelija, Haastattelu 22.1.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti.

Palaverit

- 12 a) Työnjohtajat, Tuotannosuunnittelijat ja Työnsuunnittelun esimies Juha Luukkonen palaveri 11.1.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti.
b) Työnjohtajat, Tuotannosuunnittelijat ja Työnsuunnittelun esimies Juha Luukkonen, Tuotannonohjauspäällikkö Santtu Pyymäki, palaveri 1.2.2007, Patria Helicopters NH90-Projekti.