

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**UG2-PÄIVITYKSEN VAIKUTUS LENTÄMISEEN OHJAAJAN NÄKÖ-
KULMASTA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti

Juho Tervahartiala

96. Kadettikurssi

Ilmasotalinja

Huhtikuu 2012

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Kadettikurssi 96	Ilmasotalinja
Tekijä	
Kadetti Juho Tervahartiala	
Tutkielman nimi	
UG2-päivityksen vaikutus lentämiseen ohjaajan näkökulmasta	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Taktiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Huhtikuu 2012	Tekstisivuja 24 Liitesivuja 6
TIIVISTELMÄ	
<p>Hawk-suihkuharjoitushävittäjän UG2-päivitys suoritettiin parantamaan ohjaamon avioniikkaa vastaamaan paremmin suihkuharjoitushävittäjälle asetettavia vaatimuksia. Päivitys parantaa ohjaajan ja lentokoneen välistä rajapintaa integroimalla ohjaajalle näkyvää informaatiota. Informaatio näytetään nyt pääosin HUD:n ja MFD:n avulla. Ohjaajan ei tarvitse rakentaa tilannetietoisuuttaan monista eri mittareista, vaan HUD ja MFD tarjoavat tietoa valmiina kokonaisuuksina. Vanha Hawkin avioniikkajärjestelmä tarjoaa paljon samoja tietoja, mutta ne ovat esillä erillisinä mittareina alhaalla mittaripaneeleissa. Päivityksen ansiosta peruslentäminen ja tilannetietoisuuden rakentaminen helpottuu. Vapautuva kapasiteetti on käytettävissä tehtävän kannalta oleellisemmille tekijöille ja lentoturvallisuuteen.</p> <p>HUD:n edut ovat tietojen keskeinen sijainti tuulilasilla, sekä tietojen integroitu esittäminen. Oleellisimmat integroidun informaation symbolit HUD:lla ovat CDM ja FPM, jotka kertovat ohjaajalle nopealla silmäyksellä oleellisimman tilannetiedon lentotilaan liittyen. HUD sisältää lentotilasta kertovan informaation ja tärkeimmät tiedot navigointiin liittyen.</p> <p>MFD:n TSD-valinta tukee ohjaajaa maantieteellisen tilannetietoisuuden rakentamisessa. TSD tarjoaa ohjaajalle tarkan sijaintitiedon karttapohjalle piirrettynä. Tällaista järjestelmää ei vanhassa Hawkin järjestelmässä ollut, vaan paikantaminen perustui paperikarttaan ja maaston seuraamiseen. Lennolle valmistautuminen ei enää vaadi ohjaajalta yhtä paljon aikaa ja resursseja, sillä uusi järjestelmä tukee ohjaajaa suunnistusreitillä.</p> <p>UG2-päivitys ei muuta Hawkin suoritusarvoja. Päivitys vaikuttaa taktiseen lentämiseen tilannetietoisuuden paranemisen ja peruslentämisen helpottumisen kautta. Uusi avioniikkajärjestelmä tukee ohjaajaa ja ottaa ihmisen ominaisuudet huomioon paremmin kuin vanha järjestelmä. Päivitys mahdollistaa koulutusohjelmien laajentamisen ja koulutuksen viemisen pidemmälle säästämällä kalliimpia lentotunteja päätörjuntahävittäjällä.</p>	
AVAINSANAT	
Hawk UG2 HUD MFD TSD	

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIELMAN TAUSTAA	2
2.1	TUTKIELMAN TAVOITE JA RAJAUKSET	2
2.2	AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	3
2.3	TUTKIELMAN PÄÄLÄHTEET JA TUTKIMUSMETODIT	5
3	UG2-PÄIVITYS	7
3.1	PÄIVITYKSEN TARVE JA TAVOITTEET	7
3.2	PÄIVITYKSESSÄ UUSITUT LAITTEET JA UUDET LAITTEET	8
4	TEHTÄVÄNVALMISTELU	9
5	PÄIVITYKSEN VAIKUTUS PERUSLENTÄMISEEN	11
5.1	HEAD UP DISPLAY, HUD	13
5.1.1	Suunnistus	15
5.1.2	Yleinen symboliikka	16
5.2	MULTI-FUNCTION DISPLAY, MFD	18
6	UG2-PÄIVITYKSEEN KOHDISTUVAA ARVIOINTIA	20
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	23
7.1	JATKOTUTKIMUSMAHDOLLISUDET	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	27

UG2-PÄIVITYKSEN VAIKUTUS LENTÄMISEEN OHJAAJAN NÄKÖKULMASTA

1 JOHDANTO

British Aerospace Hawk-suihkuharjoituskone on ollut Suomen ilmavoimien käytössä vuodesta 1980. Hawkeilla korvattiin käytöstä poistuneet Fouga Magisterit. Hawk on hävittäjäohjajaksi opiskelevan lentokadetin ensimmäinen kosketus suihkukonelentämiseen mäntämoottorisella Vinkalla tapahtuneen lentämisen perusteiden oppimisen jälkeen.^{1, 2}

Hawkillä suoritetaan kaksi lentokoulutusohjelmaa, joiden tarkoituksena on varmistaa riittävä lentotaito ennen päätorjuntahävittäjän ohjaimiin siirtymistä. HW1-lentokoulutusohjelman tavoitteena on varmistua oppilaan jatkokoulutuskelpoisuudesta HW2-lentokoulutusohjelmaan. HW1-lentokoulutuksen hyväksytystä suorituksesta ohjaajalle myönnetään sotilaslentäjätodistus.³ HW2-lentokoulutusohjelma on lento-oppilaan ensimmäinen askel taktiseen lentämiseen. Hawkin käyttö koulutuksessa on kustannuksiltaan merkittävästi tehokkaampaa kuin ilmavoimien F-18 Hornet -päätorjuntahävittäjän. Hawkin ja F-18 Hornetin järjestelmien tekniikkaa erottaa vuosikymmenten kehitys ja Hawkillä ei voi kouluttaa kaikkea, mitä Hornetilla kyetään tekemään.

Hawk-suihkuharjoituskoneille toteutetaan vuosien 2010-2013 aikana UG2-päivitys. Päivitys koskee ohjaamon modernisointia, jossa koneen avioniikkaa uusitaan vastaamaan paremmin nykyaikaisen hävittäjän ohjaamoja ja Hornetin asettamia vaatimuksia. Uusi lasiohjaamo mahdollistaa HW2-lentokoulutusohjelman uudistamisen tukemaan paremmin päätorjuntahävittäjällä suoritettavaa lentokoulutusta.

¹ Ilmavoimat: *BAE Hawk Mk 51 ja 51A*, päivitetty 17.11.2011, viitattu 23.02.2012, Linkki liitteessä 2.

² Roy Braybrook: *British Aerospace Hawk*, Osprey Publishing Limited, London, 1984, s.115.

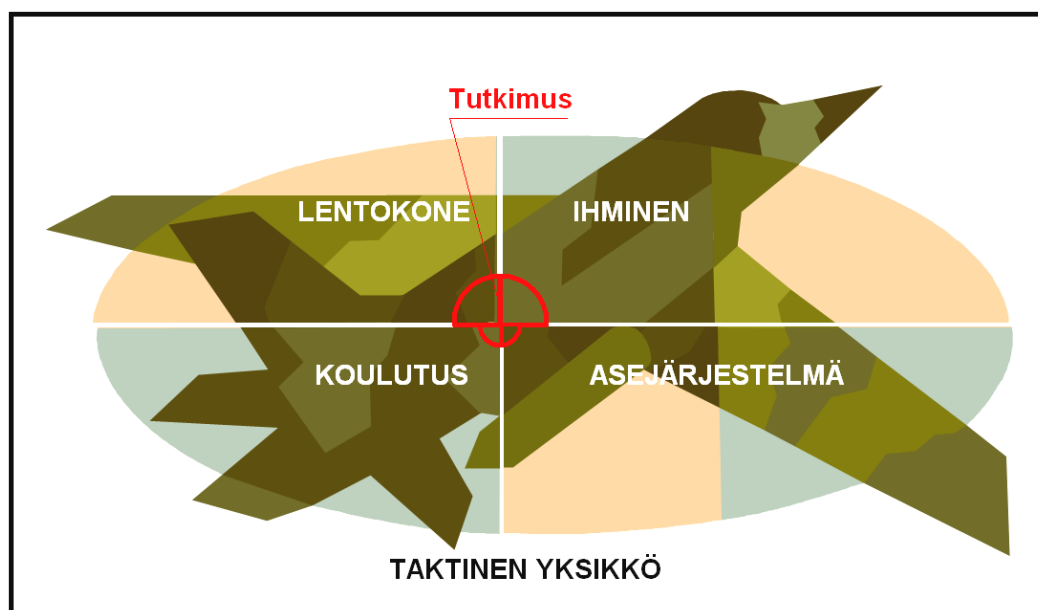
³ Ilmavoimat: *HW1-lentokoulutusohjelma*, Ilmavoimien Esikunta, Suunnitteluosasto, 2011, s.6.

2 TUTKIELMAN TAUSTAA

2.1 Tutkielman tavoite ja rajaukset

Tutkielman tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät UG2-päivityksessä auttavat ohjaajaa peruslentämisessä. Parhaan hyödyn saavuttaminen päivitetyistä avioniikasta vaatii koulutuksen muuttamista vastaamaan uusia järjestelmiä.⁴ Tarkoitus ei ole kuitenkaan pohtia muutosten mahdollisuuksia taktisen lentämisen kouluttamiselle päivitetyllä Hawk-suihkuharjoitus-koneella. Tutkielmassa ei myöskään oteta kantaa taktiseen liikehtimiseen ja siten HW2-lentokoulutusohjelmaan. Tutkielma on rajattu koskemaan niitä taktiikan osa-alueita, jotka vastaavat tällä hetkellä tutkijan omaa koulutustasoa. Tämä tarkoittaa taktisen lentämisen tarkastelua tehtävän valmistelun ja tehtävän suorittamiseen liittyvän peruslentämisen osalta. Pääpaino on nostaa esille UG2-päivityksen tuomien muutosten vaikutukset peruslentämiseen ja siten taktiseen lentämiseen. Taistelulentäminen on rajattu turvaluokituksen takia pois. Varamittarilentämiseen ei oteta kantaa, vaan kaiken pohdinnan taustalla on oletamus järjestelmien normaalitoiminnasta.

Tutkielmassa eritellään tekijöitä, jotka erottavat uudella ja vanhalla Hawkilla lentämistä. Pääpaino on tutkia lentokoneen ja ihmisen rajapintaa taktisen yksikön kokonaisuudesta.



Kuva 1: Tutkielman viitekehys.

⁴ Garland, Daniel J., Wise, John A., Hopkin, V. David: *Handbook of Aviation Human Factors*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1999, s.273, Teksti Endsley, Mica R.

Tutkielman tarkoitus on selvittää UG2-päivityksessä muuttuneita tekijöitä, jotka auttavat ohjaajaa peruslentämisessä ja siten myös taktisessa lentämisessä. Päättökysymys on: mitkä UG2-päivityksessä muuttuneet tekijät auttavat ohjaajaa peruslentämisessä? Jotta voidaan tutkia muutoksen vaikutuksia, pitää tutkia mitä muutoksia UG2-päivityksessä on tehty. Alatutkimusongelma on: mitä muutoksia Hawkille on UG2-päivityksessä tehty?

Tutkielmassa esiintyy paljon lentokoulutuksessa vakiintuneita lyhenteitä ja termejä. Lentokoulutus tapahtuu pääosin englanniksi ja lentokoulutuksessa käytetään sekaannusten välttämiseksi englanninkielisiä lyhenteitä. Tässä tutkielmassa käytetään kyseisiä termejä sellaisinaan, kuin niitä lentokoulutuksessa käytetään. Oleellimmat termit ja lyhenteet ovat liitteessä 1.

2.2 Aikaisemmat tutkimukset

Hawkin UG2-päivitykseen liittyen on tehty aikaisempia tutkimuksia. Tätä tutkimusta lähimpänä voidaan pitää Pekka Kamppisen esipäätöskurssin tutkimustyötä *Hawk-lentokoulutuskaluston modifikaation vaikutus ohjaajan tilannetietoisuuteen*.⁵ Tutkimuksessa käsitellään päivityksien vaikutuksia ohjaajan tilannetietoisuuden kannalta taktisessa lentämisessä. Tutkimuksen pääongelmana on: miten Hawk-harjoitussuihkukoneeseen tehty modifikaatio vaikuttaa ohjaajan tilannetietoisuuteen taktisessa lentämisessä.

Kamppisen tutkielman keskeisinä johtopäätöksinä voidaan todeta, että käytettävä taktiikka Hawk-kalustolla tulee muuttumaan. Uudet järjestelmät mahdollistavat käytettäväksi taktiikan, joka perustuu tarkkaan tilannekuvaan kokonaisoperaatiosta ja muista osapuolista. Tehtävänvalmistelujärjestelmä mahdollistaa yhteensopivan lentotehtävän suunnittelun Hornet-kaluston kanssa. Lentotehtävän purkujärjestelmä tukee ohjaajien lentokoulutusta, koska ohjaajan ratkaisuja tilannetietoisuuteen perustuen voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta.⁶

Kamppisen tutkielmassa esitetään lyhyesti päivitetyn Hawkin laitteistot ja niiden ominaisuudet. Tutkimuksen pääpaino on UG2-päivityksen vaikutuksissa HW2-lentokoulutusohjelman taistelutaktiikkaan. Tutkielman tiedot perustuvat tutkijan omaan kokemukseen ilmataiste-

⁵ Kamppinen, Pekka: *Hawk-lentokoulutuskaluston modifikaation vaikutus ohjaajan tilannetietoisuuteen*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2010.

⁶ Kamppinen (2010), s.26.

luopettajana ja parvenjohtajana, HW2-lentokoulutusohjelmaan, sekä siihen kuuluvaan oppi-
tuntimateriaaliin.⁷

Tutkielman lopussa Kamppinen on pohtinut jatkotutkimusmahdollisuuksia seuraavasti: ”Ai-
heesta on tulevaisuudessa mahdollisuus tehdä hyvinkin erilaisia tutkimustöitä. Kaluston käyt-
töönoton myötä saatujen kokemusten perusteella koulutus- ja operatiivisessa käytössä tutki-
musaiheita voidaan eritellä tarkasti. Tutkijan mielestä keskeisiä jatkotutkimusaiheita aihealu-
eesta ovat taktiikan kehittäminen ja siihen liittyvät kaluston suorituskyvyn muutokset. Lento-
koulutuksen näkökulmasta voidaan tutkia kaluston aiheuttamia muutoksia perus- ja jatkolen-
tokoulutuksessa. Laajana kokonaisuutena voidaan tutkia modifioidun Hawk-kaluston yhteis-
toimintaa Hornet-kaluston sekä taistelunjohton kanssa samassa toimintaympäristössä.”⁸

Omassa tutkielmassani tarkastelen päivityksen vaikutuksia Hawkin peruskoulutuksessa perus-
lentämiseen HW1-lentokoulutusohjelmassa, minkä myös Pekka Kamppinen näkee jatkotut-
kimusmahdollisuutena. Kadettikurssini on ensimmäinen, joka aloittaa lentämisen suoraan
päivitetyllä Hawkilla, joten tämä aihe on ajankohtainen.

Toinen tätä tutkielmaa tukeva tutkimus UG2-päivitykseen liittyen on Jussi Tähtisen kandi-
daattitutkielma *UG2-päivityksen vaikutus Hawkin järjestelmiin*.⁹ Tutkimus on tekninen tar-
kastelu, jossa käsitellään UG2-päivityksen vaikutusta koneen avioniikka- ja asejärjestelmään.
Tutkimus on sotatekniikan tutkimus, mutta se toimii hyvänä perustana modifikaation taktisten
vaikutusten tutkimiseen. Oman tutkielmani luvussa kolme on käsitelty lyhyesti UG2-
päivityksen tekniset muutokset.

Muita oman tutkielmani aiheeseen liittyviä tutkimuksia ovat Akseli Heikkisen kandidaattitut-
kielma *Taktisen lentokoulutusohjelman muutokset Hawkin käyttöönottovuodesta nykypäivään*
¹⁰ ja Akseli Heikkisen pro gradu -tutkielma *H1-, H3.3- ja HW2-lentokoulutusohjelmien ilma-
taistelulentojen väliset muutokset*¹¹.

⁷ Kamppinen (2010), s.1

⁸ Kamppinen (2010).

⁹ Tähtinen, Jussi: *UG2-päivityksen vaikutus Hawkin järjestelmiin*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2010.

¹⁰ Heikkinen, Akseli: *Taktisen koulutusohjelman muutokset Hawkin käyttöönottovuodesta nykypäivään*, Maan-
puolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2003.

¹¹ Heikkinen, Akseli: *H1-, H3.3- ja HW2-lentokoulutusohjelmien ilmataistelulentojen väliset muutokset*, Maan-
puolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2005.

UG1-päivitykseen liittyen on tehty kaksi tutkimusta. Jukka Vittaniemen tutkimustyö *Tehtävällennin Hawk-harjoitussuihkukoneeseen*¹² ja Timo Rauhalan tutkimustyö *Kolme dimensionaalisen lennontaltiointijärjestelmän vaikutus taktiseen Hawk-lentotoimintaan*¹³.

Peruslentämisen ja peruslentokoulutuksen osalta Hawkin UG2-päivitystä ei ole tutkittu. Tämän tutkielman päämääränä on tutkia UG2-päivityksen tuomien muutosten vaikutuksia peruslentämiseen ohjaajan näkökulmasta.

2.3 Tutkielman lähteet ja tutkimusmenetelmät

Tutkielman lähteenä on D.N. Jarrett'n *Cockpit Engineering*.¹⁴ Teoksessa esitellään lentokoneiden ohjaamojen kehitys lentokoneiden historiasta moderniin lasiohjaamoon. Se käsittelee nykyisiä konsepteja ja tutkimuksia lentokoneen ohjaamoihin liittyen pääpainon ollessa sotilassovelluksissa ja ihmisen yhdistämisessä koneeseen. Teoriaa ihmiskomponentista ilmailussa edustaa Daniel J. Garland'n, John A. Wise'n, V. David Hopkin'n editoitu teos *Handbook Of Aviation Human Factors*, josta olen käyttänyt Mica R. Endsleyn teorioita ihmisen tilannetietoisuudesta lentokoneessa.¹⁵ Tutkimuksen lähteinä toimivat myös vanhemmat Maanpuolustuskorkeakoululla tehdyt edellä mainitut tutkimukset, jotka sivuavat omaa aihetta. Muita kirjallisia lähteitä ovat muun muassa HW-tyyppikurssin koulutusmateriaali, kuten esimerkiksi *Hawk MLU Aircrew Manual*¹⁶, Bristol GS ATPL Digital -teoriakurssin materiaali *Human Performance & Limitations* ja *Flight Instruments*.¹⁷, sekä Puolustusvoimien julkaisemat artikkelit UG2-päivitykseen liittyen. Tutkimuksen sisältöön vaikuttaa myös tutkijan omat kokemukset uudesta lasiohjaamosta HW1-lentokoulutuksessa. Lähteet on listattu tutkielman loppuun.

¹² Vittaniemi, Jukka: *Tehtävällennin Hawk-harjoitussuihkukoneeseen*, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2007.

¹³ Rauhala, Timo: *Kolme dimensionaalisen lennontaltiointijärjestelmän vaikutus taktiseen Hawk-lentotoimintaan*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2007.

¹⁴ Jarrett, Don N.: *Cockpit Engineering*, Ashgate, Ashgate Publishing Company, UK, 2005.

¹⁵ Garland Daniel J., Wise John A., Hopkin V. David (1999).

¹⁶ Finnish Air Force: *Hawk MLU Aircrew Manual*, Ilmavoimien Materiaalilaitos, Lentokalusto-osasto, 12.2009.

¹⁷ Bristol GS, ATPL Digital: *Human Performance & Limitations*, *Flight Instruments*, Issue 5.

Tutkielma seuraa taktiikan laadullisten menetelmien malleja. Taktiikka on tehtävän toteuttamiseen annettujen resurssien ja keinojen optimaalista suunnittelua, soveltamista ja käyttöä haluttujen päämäärien saavuttamiseksi taistelussa.¹⁸ UG2-päivityksessä optimoidaan Hawkin resursseja roolissaan harjoitussuihkuhävittäjänä. Päivityksen vaikutusten tutkiminen tekee tästä tutkielmasta taktiikan määritelmän mukaisesti taktiikan tutkielman. Tutkielman tutkimusmenetelmä ei seuraa suoranaisesti yhtä ainoaa Maanpuolustuskorkeakoulun Taktiikan laitoksen julkaisemaa tutkimusmenetelmää, vaan on useamman menetelmän yhdistelmä. Tätä tutkielmaa voidaan kokonaisuutena luonnehtia tapaustutkimukseksi, mutta tutkielmassa on käytetty niin kirjallisuuskatsauksen kuin myös toimintatutkimuksen tutkimusmenetelmiä.¹⁹

¹⁸ Huttunen, Mika: *Näkökulmia taktiikkaan, Taktiikan käsite ja taktiikan keinot tulkinnan kohteena*, Taktiikan laitos, 2005, s.46.

¹⁹ Huttunen, Mika, Metteri, Jussi (toim.): *Ajatuksia operaatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta*, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008.

3 UG2-PÄIVITYS

Tässä luvussa esitellään lyhyesti miten UG2-päivitys on vaikuttanut Hawkin järjestelmiin. Tarkempi selostus UG2-päivityksen teknisistä muutoksista löytyy Jussi Tähtisen kandidaattitutkielmasta *UG2-päivityksen vaikutus Hawkin järjestelmiin*.²⁰ Tekniset muutokset toimivat pohjana tässä tutkielmassa taktisten vaikutusten kartoittamisessa. Kuva päivitetystä ja päivittämättömästä ohjaamosta löytyy liitteestä 3.

3.1 Päivityksen tarve ja tavoitteet

Vanha Hawk ei enää vastaa järjestelmiltään nykyaikaisten lasiohjaamohävittäjien harjoitushävittäjän koulutuksellisia tarpeita. Ratkaisuna koulutuksen jatkamiseen 2010-luvulla, Ilmavoimat päätti päivittää osan Hawkeista CMC Electronicsin Cockpit 4000 -avioniikkajärjestelmällä. Tällä ratkaisulla Hawkin järjestelmät päivittyvät vastaamaan nykyaikaisen hävittäjän lasiohjaamoja ja Hawkeilla kyetään simuloimaan päätorjuntahävittäjällä käytettäviä toimintamalleja. Päivitetyllä Hawkilla koulutus on turvattu 2030-luvulle asti.²¹

Päivityksen myötä eniten lennetyt vanhimmat Hawkit poistetaan vaiheittain käytöstä. Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmään kuuluu vuodesta 2015 eteenpäin yhteensä 26 konetta. 18 niistä on Sveitsistä hankittuja Mk 66 -malleja, seitsemän Mk 51A -mallia ja yksi Mk 51 -malli.²²

Ohjaamomodernisaatio päivittää Hawkin käyttöönottoaikakaudelta periytyviin analogisiin kellomittareihin perustuvat ohjaamolaitteet 2010-luvulle. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjaamoon asennettavat nykyaikaiset LCD-monitoiminäytöt, sekä ohjaajan näkökenttään tuulilasille muun muassa lento- ja tähtäintietoja heijastava HUD korvaavat tavanomaiset mittarit ohjaajan ensisijaisena tietolähteenä.²³

²⁰ Tähtinen (2010).

²¹ Ilmavoimat: *Ilmavoimien Hawkit päivitettiin 2010-luvulle*, Julkaistu 14.11.2011, Päivitetty 17.2.2012, Viitattu 23.02.2012, Linkki liitteessä 2.

²² Ilmavoimat (2012), Linkki liitteessä 2.

²³ Sama.

Hawkit varustetaan MFD:llä ja liikkuvalla kartalla, kun aiemmin koneella suunnistettiin pelkällä perinteisellä paperikartalla. GPS-paikkatiedosta ja INS-inertiasuunnistusjärjestelmän tuottamasta tiedosta muodostuu myös tallenne, jonka avulla lennon kulkua voidaan käydä jälkikäteen lävitse koulutusmielessä.²⁴

Hawkien ohjaamouudistus tehostaa lentämisen opiskelua ja tuottaa sitä kautta Ilmavoimille kustannussäästöjä. Se vähentää koulutustarvetta uuteen konetyyppiin totuttautumisessa siirtäessä Hawkista Hornetiin ja säästää samalla kalliita hävittäjälentotunteja.²⁵

Ohjaamomodernisointi mahdollistaa Hornetin lentokoulutusohjelman sisältöjen koulutusaiheiden opettamisen operointikustannuksiltaan edullisemmalla Hawkilla. Tämä mahdollistaa vapautuneiden resurssien käyttämisen taktiseen hävittäjäkoulutukseen.²⁶

3.2 Päivityksessä uusitut laitteet ja uudet laitteet

UG2-modifikaatiossa koneeseen asennetaan kanadalaisen CMC Electronicsin valmistama Cockpit 4000 -avioniikkajärjestelmä, jonka päälaitteet ovat etuohjaamon HUD, takaohjaamon HUD-toistin, keskuskäyttölaitteet (UFCP), monitoiminäytöt (MFD), varalentoarvomittarit (BFI) ja VHF-, VOR/ILS- sekä DME-vastaanottimet. Järjestelmän toiminnan kannalta tärkeimmät komponentit ovat MC-4000 -tehtävätietokone, inertiasuunnistusjärjestelmä ja ilmaarvolaskin.²⁷

Tämän tutkielman aiheen kannalta keskeisiä laitteita ovat HUD, UFCP ja MFD, joiden kanssa ohjaaja on tiiviisti tekemisissä lennon aikana. Hawkin perusrakenne ja suoritusarvot ovat pysyneet päivityksessä muuttumattomina. Muutoksien vaikutukset lentämiseen ja taktiseen tehokkuuteen tulevat ohjaajan operoinnin kautta. Kuvat vanhasta ja uudesta ohjaamosta löytyvät liitteestä 3 ja kuvat HUD:sta ja MFD:stä löytyvät kappaleesta 5.

²⁴ Ilmavoimat: *Ilmavoimien Hawkit päivitettiin 2010-luvulle*, Julkaistu 14.11.2011, Päivitetty 17.2.2012, Viitattu 23.02.2012, Linkki liitteessä 2.

²⁵ Ilmavoimat (2012), Linkki liitteessä 2.

²⁶ Sama.

²⁷ Tähtinen (2010), s.7.

4 TEHTÄVÄNVALMISTELU

Tehtävänpurkujärjestelmä tuli Hawkiin UG1-päivityksessä. Tätä järjestelmää on tutkinut Timo Rauhala tutkimuksessaan *Kolme dimensionaalisen lennontaltiointijärjestelmän vaikutus taktiseen Hawk-lentotoimintaan*²⁸ ja Jukka Vittaniemi tutkimuksessaan *Tehtävällennin Hawk-harjoitussuihkukoneeseen*²⁹. Tehtävänpurun teknisestä ja taktisesta tarkastelusta löytyy tarkemmin tietoa edellä mainituista tutkimuksista. Nykyinen järjestelmä koostuu suunnittelu-järjestelmästä (MPS), muistiyksiköstä (RMMD) ja lentokoneessa olevasta tallentimesta (MDR).

Hawkilla lentotehtävälle lähtö vaatii aina muistiyksikön valmistelun. Muistiyksikölle kyetään tallentamaan lennolla tarvittavia tietoja, kuten esimerkiksi radiotaajuuksia ja reittipisteitä. Valmistelu tapahtuu maassa tietokonepääteellä. Muistiyksikölle on ladattavissa tietokoneelta suoraan valmiiksi tallennettuja taajuus- ja koordinaattikirjastoja tai ne voi luoda itse tarpeen mukaan. Toimenpide on nopea ja vie korkeintaan minuutteja.

Verrattuna vanhaan järjestelmään, tehtävänvalmistelujärjestelmä nopeuttaa lennolle lähtöä merkittävästi. Ilman taistelunjohton tai tutkan apua ohjaaja joutui vanhalla järjestelmällä piirtämään paperikartalle haluamansa reitin, laskemaan suunnat, arvioimaan vallitsevat tuulet reitillä ja laskemaan tuulikorjaukset löytääkseen oikealle alueelle. Nyt ohjaaja voi luoda reittipisteet MPS:llä ja tallentaa ne RMMD:lle, jonka jälkeen ohjaaja on valmis lähtemään lennolle. Lennolla uusi päivitetty avioniikkajärjestelmä avustaa ohjaajaa pysymään muistiyksikölle tallennetulla reitillä. Tehtävänvalmistelujärjestelmä säästää aikaa nostoen valmiuskykyä ja taktista tehokkuutta. Uudella järjestelmällä kyetään mukautumaan nopeasti muuttuviin tilanteisiin tehtävänsuunnittelussa toisin kuin vanhalla järjestelmällä, jossa tukeuduttiin enemmän vakio toimintamenetelmiin.

Tietokonepohjainen tehtävänvalmistelu varmistaa yhteneväisyyden eri ohjaajien kesken. Lähettäessä esimerkiksi taistelulennolle voidaan varmistua siitä, että kaikilla ohjaajilla ja koneiden järjestelmillä on samat tiedot ja inhimillisen virheen todennäköisyys pienenee.³⁰ Suunnitusreitit ja radiotaajuudet on asetettavissa ennen lentoa lennon suorittamisen kannalta

²⁸ Rauhala (2007).

²⁹ Vittaniemi (2007).

³⁰ Kamppinen (2010), s.24.

oleelliseen järjestykseen, jolloin lennolla järjestelmien käyttö, kuten esimerkiksi radiojaksojen vaihto, on jouhevaa. Muistikorttia valmistellessaan ohjaaja joutuu käymään mielessään läpi lennon kulkua, joten ohjaaja valmistelee muistikortin lisäksi myös itseään. Järjestelmään voidaan tallentaa tehtävälle oleellisia referenssipisteitä, joiden avulla kyetään antamaan esimerkiksi paikkatietoja muille osallisille.

Lennonvalmistelujärjestelmä on yhteneväinen Hornet-kaluston kanssa, joten lentotehtävien ja -harjoitusten suorittaminen yhdessä Hornet-kaluston kanssa tehostuu.³¹ Saman järjestelmän käyttö tukee Hawkia roolissaan harjoitussuihkuhävittäjänä Hornetille. Samojen toimintamallien käyttö vähentää koulutuksen tarvetta ja siten kustannuksia.

³¹ Kamppinen (2010), s.24.

5 PÄIVITYKSEN VAIKUTUS PERUSLENTÄMISEEN

Ohjaamon suunnitteluun käytetään yhä enemmän resursseja. Lentokoneen ohjaamo ei ole enää vain tila, johon insinöörit suunnittelevat ja asentavat kaikki käytettävät laitteistot. Ohjaamo pyritään suunnittelemaan ohjaajaystävälliseksi. Royal Air Forcen pitkäaikaisen seurannan perusteella 70 % ilmailuonnettomuuksista liitetään inhimilliseen virheeseen, joista yhteensä 30 % johtuu ohjaajan väärästä tulkinnasta tai olettamuksesta.³² Ihmisen ominaisuuksia tutkitaan jatkuvasti ja ne pyritään huomioimaan aina ohjaamo suunniteltaessa. Ohjaamon tulisi olla sellainen, että ohjaajan kiinnittäessä itsensä vöihin, hän tuntee olevansa yhtä koneen kanssa. Kaikkien laitteiden käytön tulee olla luonnollista.³³

UG2-päivitys muutti ohjaamon avioniikkaa Hawkissa. Informaation välitys ohjaajalle tapahtuu nyt keskitetysti HUD:n ja MFD:n kautta. Käyttökytkinten sijainnit sen sijaan ovat suurimmaksi osaksi samoilla paikoilla kuin ennen. HUD ja MFD eivät näytä kaikkea mahdollista dataa jatkuvasti, vaan niihin on valittavissa erilaista informaatiota. Lentotilasta kertova informaatio näkyy jatkuvasti HUD:lla. Ohjaajan tulee jatkuvasti pitää yllä tilannetietoisuuttaan. Ohjaamo tarjoaa monia tilannetietoisuutta parantavia informaation osia. Näistä informaation osista ohjaajan tulee valita oleellimmat ja hylätä epäoleelliset tiedot. Mitä enemmän epäoleellista informaatiota on tarjolla, sitä kauemmin epäoleellisen tiedon prosessointi ja hylkäys ohjaajan aivoissa kestää.³⁴

Vanhassa Hawkin ohjaamossa kaikki informaatio oli jatkuvasti esillä ja koostui monista erillisistä mittareista. Informaation kerääminen kesti kauemmin ja epäoleellista informaatiota rekisteröitiin enemmän. Päivitetystä Hawkissa informaatio on keskitetty, epäoleellista informaatiota näytetään vähemmän ja oleellista informaatiota on koottu kokonaisuuksiksi HUD:lle ja MFD:n TSD:lle siten, että ohjaajan ei tarvitse informaation paloista koota kokonaisuuksia itse, vaan avioniikkajärjestelmä kykenee antamaan tiedot valmiina reaaliaikaisena tilannekuvana. Hawkin vanha ohjaamo on perinteinen 1960 - 80-luvun ohjaamo, jossa mittaripaneelit ovat alhaalla ja paneelit koostuvat monista erillisistä mittariyksiköistä.³⁵ Tällainen monimitta-

³² Bristol GS, ATPL Digital: *Human Performance & Limitations*, Issue 5, Chapter 1.

³³ Jarrett, Don N.: *Cockpit Engineering*, Ashgate, Ashgate Publishing Company, UK, 2005, s.xiii.

³⁴ Jarret (2005), s.33.

³⁵ Salas, Eduardo, Maurino, Daniel E.: *Human Factors In Aviation* Second Edition, Elsevier Inc., Academic Press USA, 2010, s.439.

riympäristö altistaa ohjaajan visuaaliseen informaatiotulvaan.³⁶ Moderni lasiohjaamo jättää monia epäoleellisia tietoja näyttämättä ja näyttää ohjaajalle oleelliset tiedot kootusti ja mahdollisimman yksinkertaisesti, jotta väärän tulkinnan ja informaatiotulvan riski olisi mahdollisimman pieni. Järjestelmä osaa analysoida tuottamaansa informaatiota ja tunnistaa väärän tai virheellisen tiedon, joka lisää lentoturvallisuutta. Järjestelmän tulkitessa tiedon vääräksi, se jättää sen kokonaan näyttämättä tai kertoo virheestä tarkoituksenmukaisella symbolilla. Vasten ennakkoluuloja, moderni lasiohjaamo ei vähennä informaatiotulvien määrää, vaan informaatiotulvien tyyppi on muuttunut korkeasta visuaalisesta korkeaan kognitiiviseen informaatiotulvaan.³⁷ Ennen tilannetietoisuuden rakentamiseen liittyviä katsottavia kohteita oli kymmenittäin. Uudessa järjestelmässä tieto on yksinkertaistettu ja keskitetty, mutta kaiken tiedon ja järjestelmän hallinta vaatii ohjaajalta monien eri järjestelmien perusteellista opiskelua. Ohjaajan tulee tietää, miten kaikkeen tietoon pääsee tarvittaessa käsiksi ja miten järjestelmä on tarkoitettu käytettäväksi. Järjestelmiä kehitetään parantamaan lentoturvallisuutta, mutta niiden hallinta vaatii ohjaajalta yhä enemmän kognitiivista kapasiteettia ja altistaa ohjaajan kokonaisuuden heikoimmaksi lenkiksi.³⁸

Tilannetietoisuus on tärkein yksittäinen tekijä, joka vaikuttaa ohjaajan päätöksentekoon. Huono tilannetietoisuus saattaa johtaa huonoihin päätöksiin tai pahimmillaan päätöstä ei tapahdu lainkaan. Endsley Mica R. on jakanut tilannetietoisuuden kolmeen tasoon: havainnointi, ymmärrys ja ennakointi. Näistä korkeimman tason saavuttaminen mahdollistaa ohjaajan tehokkaan toiminnan. Tilannetietoisuuden rakenne on jaettu viiteen osa-alueeseen. Nämä ovat maantieteellinen, asennollinen, järjestelmällinen, ympäristöllinen ja taktinen tilannetietoisuus.³⁹ Ohjaajan kannalta oleellisimmat muutokset UG2-päivityksessä ovat HUD ja MFD, joihin tilannetietoisuuden komponentteja on koottu yksinkertaisemmiksi kokonaisuuksiksi. Kokonaisuuksien seuranta ja hallinta vaatii vähemmän kapasiteettia ohjaajalta ja tilannetietoisuuden korkeimman tason saavuttaminen tehostuu.

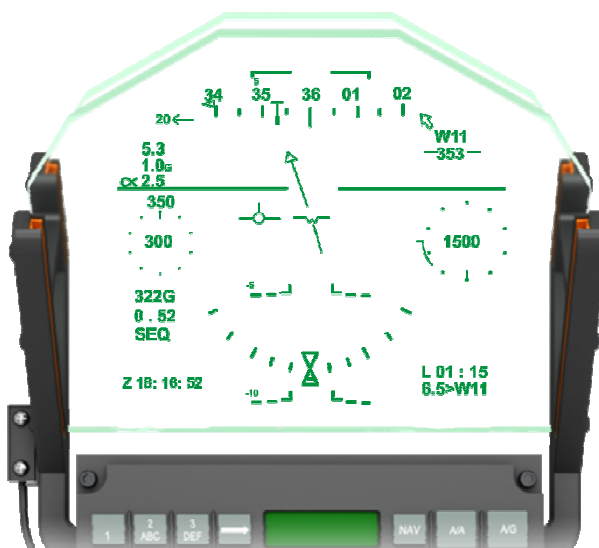
³⁶ Salas, Eduardo, Maurino, Daniel E (2010), s.439.

³⁷ Salas, Eduardo, Maurino, Daniel E (2010), s.440.

³⁸ Sama, s.440.

³⁹ Garland Daniel J., Wise John A., Hopkin V. David (1999), s.258, Teksti Endsley, Mica.

5.1 Head Up Display, HUD



Kuva 2: Head Up Display.⁴⁰

HUD:lla tarkoitetaan ohjaajan silmien edessä olevaa heijastinnäyttöä. Päivitetyssä järjestelmässä kaikki oleellisimmat arvot lentotilasta tuodaan suoraan ohjaajan silmien eteen HUD:lle. Vanhassa järjestelmässä lähes jokaista lentotilan arvoa varten oli oma erillinen mittarinsa alhaalla mittaripaneelissa. Tilannetietoisuuden ja lentotilan hallinta vaati ohjaajan katseen siirtämistä alas. Mittarien ollessa vielä erillisiä, piti ohjaajan kiertää katseellaan mittaripaneelia saadakseen kaikki lentotilasta kertovat arvot tarkastettua. Päivitetyssä järjestelmässä kaikki lentotilan kannalta oleelliset tiedot tuodaan HUD:lle ohjaajan silmien eteen. Ohjaaja kykenee tähyttämään ulos ääreisnäöllään, vaikka lukee HUD:lta lentoarvoja. Vastaavasti ohjaaja kykenee ulos katsoessaan huomioimaan HUD:lla tapahtuvia lentotilan muutoksia, koska ne ovat jatkuvasti ohjaajan näkökentässä keskeisellä alueella.⁴¹

Taistelutilanteessa lentoarvojen lukeminen samanaikaisesti ulos tähyttämisen kanssa on turvallisuuden kannalta ensiarvoisen tärkeää. Vanhassa järjestelmässä ohjaaja saattoi helposti menettää katsekontaktinsa kaukana olevaan kohteeseen katsoessaan mittareista eri lentoarvoja. Kun ohjaaja nosti katseensa takaisin ylös, saattoi kohde olla kadonnut näkökentästä. Sen uudelleen löytäminen vei niin taistelutehokkuuden, kuin lentoturvallisuudenkin kannalta tär-

⁴⁰ Finnish Air Force: *Hawk MLU Aircrew Manual*, Ilmavoimien Materiaalilaitos, Lentokalusto-osasto, 12.2009, Kappale 1.13.4.

⁴¹ Finnish Air Force (12.2009), Kappale 1.12.

keitä sekunteja. Ilmataistelutilanteessa on tärkeää seurata koneen lentotilaa samanaikaisesti ulos tähyttämisen kanssa. HUD:lta nopeuden, kohtauskulman ja kuormitusmonikerran seuraaminen tapahtuu nopeasti niiden ollessa ohjaajan silmien edessä. HUD tarjoaa ohjaajalle tietoa kaikista viidestä tilannetietoisuuden osa-alueesta.⁴²

Uusi avioniikkajärjestelmä mahdollistaa monien ominaisuuksien käytön HUD:n avulla. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi UFCP:lta valittavat EGI-, SEQ- ja FAC-tilat, joiden symboliikka näkyy HUD:lla. Symboliikka piirtyy HUD:lle ja laitetta käytetään näytön alla olevasta paneelista, UFCP:lta.⁴³ UFCP:lta on valittavissa kolme päätilaa: NAV, A/A ja A/G. Näistä kolmesta tilasta tässä tutkielmassa keskitytään NAV-tilaan. Taktisessa lentämisessä merkittäviä ominaisuuksia asejärjestelmien käytön lisäksi ovat kaikkien oleellisten järjestelmien käyttö UFCP:lta, kuten esimerkiksi radioiden ja suunnistusjärjestelmien käyttö. Vanhassa järjestelmässä laitteistojen käyttö ja lukeminen tapahtui erillisillä laitteilla eri puolilla ohjaamoa. Esimerkiksi suunta, nopeus, korkeus, kohtauskulma ja kuormitusmonikerta näkyivät kaikki eri mittareista alhaalla paneelissa, mikä vaati katseen siirtämistä alas. Uutta järjestelmää pystyy pääsääntöisesti hallitsemaan ilman katseen siirtämistä alas mittaripaneeleihin. Uusi järjestelmä mahdollistaa myös monien ominaisuuksien käytön, joita vanhassa järjestelmässä ei ollut.

⁴² Garland Daniel J., Wise John A., Hopkin V. David (1999), s.259-260, Teksti Endsley, Mica.

⁴³ Finnish Air Force (12. 2009), Kappale 1.12.

5.1.1 Suunnistus

ADC ja MC pystyvät yhdessä tuottamaan HUD:lle monia suunnistusominaisuuksia. Suunnistus pisteet voidaan tallentaa RMMD:lle ennen lentoa ja lennolle lähdettäessä HUD:n suunta-asteikolla näkyy osoitin, jota seuraten lentokone on suoraan ohjattavissa valittuun pisteeseen tai reitille tuuli huomioiden. Vanha järjestelmä vaati kartan piirtämisen, sääennusteen perusteella tuulikorjauksien laskemisen ja aikamittakaavan luomisen, joiden perusteella lennolla suunnistettiin. Kartan, maamerkkien, kompassin ja kellon perusteella tehtiin korjauksia reitillä pysymiseksi lasketussa aikamittakaavassa. Uudessa järjestelmässä ohjaajalle vapautuu merkittävästi enemmän kapasiteettia hallita tilannetietoisuuttaan ja suunnistamisen tarkkuus paranee järjestelmän tuella merkittävästi.

Suunnistus voidaan suunnitella myös haluttua kurssia pitkin, jolloin suunta-asteikolla näkyy haluttu kurssi ja tämän lisäksi ero kurssin ja oman sijainnin välillä. Näiden avulla pystytään lentämään halutulle pisteelle suunniteltua reittiviivaa pitkin. Järjestelmässä on lisäksi OFFSET-ominaisuus, jonka avulla suunnitellulle pisteelle voidaan valita korjaus koordinaatein tai suunnan ja etäisyyden avulla, minkä kautta pisteelle halutaan saapuvan.

Taktiselle lentotoiminnalle merkittävä tekijä on Time On Target -ominaisuus (TOT). Vanhalla järjestelmällä tukeuduttiin vain piirrettyyn karttaviivaan, kompassiin, maamerkkeihin ja kelloon. Ohjaajan tuli itse jatkuvasti arvioida omaa sijaintiaan kartan aikamittakaavassa ja tehdä sen pohjalta korjauksia ollakseen oikeaan aikaan kohteella. Uusi järjestelmä mahdollistaa ajan yhdistämisen koordinaattipisteeseen. Sen avulla tietokone osoittaa ollaanko aikamittakaavassa ja mikä on oikea nopeus, jotta kohde saavutettaisiin juuri oikeaan aikaan. Tämä ominaisuus mahdollistaa ajoituksen onnistumisen merkittävästi suuremmalla todennäköisyydellä, kuin mihin vanhalla järjestelmällä kyettiin.⁴⁴

TOT-ajan lisäksi koordinaattipisteelle on annettavissa korkeus. MFD:ltä valittaessa pisteen osoitus, saadaan HUD:lle symboli koordinaattipisteen olinpaikasta. Tästä ominaisuudesta on hyötyä esimerkiksi tunnistustehtävissä kiinteitä maaleja kohtaan tai simuloitaessa pommituksia. Ohjaajan ei tarvitse käyttää suurta osaa kapasiteetistaan oikean paikan löytämiseen, vaan

⁴⁴ Finnish Air Force (12.2009), Kappale 1.13.

ohjaaja löytää paikan HUD:n läpi katsottaessa vaivattomasti. Ohjaajan kapasiteettia vapautuu näin ollen muihin tehtäviin.⁴⁵

Verrattaessa vanhaa ja uutta järjestelmää suunnistuksen osalta, ero on merkittävä. Etenkin taktista lentotoimintaa ajatellen joutui ohjaaja vanhalla järjestelmällä käyttämään paljon kapasiteettiaan vain selviytyäkseen riittävällä tarkkuudella suunnistuspisteelle tilanteessa, jossa pisteelle halutaan saapua tiettyä reittiä pitkin ja olla pisteellä tietyinä kellonaikana. Uudella järjestelmällä ohjaajan tehtäväksi jää valvoa järjestelmien toimintaa ja toimia niiden osoittamien tietojen perusteella. Ohjaaja kykenee näin käyttämään kapasiteettiaan kohteessa tapahtuvaan tehtävään ja lentoturvallisuuteen aikaisempaa enemmän, koska järjestelmä avustaa suunnistuksessa.

5.1.2 Yleinen symboliikka

HUD:n symboliikkaan on valittavissa kaksi eri vaihtoehtoa osoittamaan koneen asentoa: WL (Waterline) ja CDM (Climb Dive Marker). Hawk-lentotoiminnassa käytetään CDM-symbolia, jossa koneen asento, pituuskallistuskulma ja kallistuskulma, esitetään lentotilan eikä koneen fyysiseen asennon mukaan.⁴⁶ Koneen fyysinen asento horisonttiin nähden on toissijaista lentotilan hallinnan kannalta ja tämä tieto korvataan vain yhdellä oleellisella tiedolla, CDM-symbolilla. Hawkin vanhaan hyrräkeinohorisonttiin verrattuna silmäys uuteen CDM-symbolilla varustettuun heijastinnäyttöön kertoo ohjaajalle lentotilasta enemmän. Vanha keinohorisontti osoittaa koneen fyysisen asennon horisonttiin nähden. Keinohorisontin osoittaessa koneen olevan vaakatasossa, se ei vielä kerro ohjaajalle, onko lentokone esimerkiksi liu'ussa. Jos lentokone lentää suurella kohtauskulmalla ja vanha keinohorisontti osoittaa vaakatasoa, on lentokone liu'ussa. Tämä ohjaajan on todettava korkeusmittarista tai pystynopeutta osoittavasta mittarista, joka taas pitotstaattisessa järjestelmässä toimii pienellä viiveellä. Nämä kaikki mittarit ovat vanhassa ohjaamossa erillisinä ja vaativat katseen irrottamista ulkoa ja kierrättämistä eri mittareissa. Vaakalentoa lentääkseen ohjaajan tulee vanhalla keinohorisontilla ottaa kohtauskulmaa vastaava korjaus keinohorisonttiin ja tarkastella korkeutta eri mittareista. Päivitetyllä ohjaamolla ohjaaja voi asettaa CDM-symbolin horisonttiviivalle, jolloin lentokone on vaakalennossa. Vaakalennon säilyminen ei vaadi korkeusmittarin tai pysty-

⁴⁵ Finnish Air Force (12.2009), Kappale 1.13.

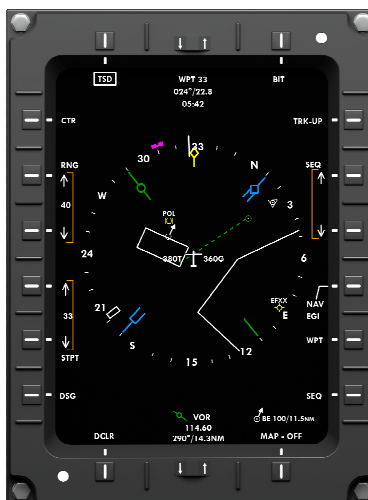
⁴⁶ Finnish Air Force: *Hawk Standard Operating Procedures*, HW-SOP 3.3, Operations Division (A3) of Air Force Command Finland, August 2011, s.22.

nopeusmittarin tarkkailua, mutta on turvallisuuden varmistamiseksi suotavaa. Korkeuden ja pystynopeuden osoittimet löytyvät molemmat heijastinnäytöltä pienellä katseen siirtämisellä.

Heijastinnäytöllä oleva FPM (Flight Path Marker) osoittaa lentokoneen lentorataa. Vastaavaa osoitinta vanhassa ohjaamossa ei ollut. FPM vähentää ohjaajan kuormaa erityisesti lähestymisissä. Lentokone on ohjattavissa istumispuolelle tuulikorjaus huomioiden pitämällä FPM istumispuolella. Vanhassa ohjaamossa ohjaaja joutui korjaamaan ja arvioimaan sopivaa tuulikorjausta ja liukukulmaa monien eri havaintojen perusteella. Korjauksen määrän arvioiminen ulkoisten havaintojen perusteella on koulutuksen alkuvaiheessa haastavaa. FPM avustaa ohjaajaa pitämään oikeaa lentorataa lähestymisessä, jolloin korjausten määrä vähenee. Se myös avustaa korjausten arvioimisessa. Vanhalla ohjaamolla visuaalilähestymisen liukuun liittyminen perustui pelkästään ohjaajan arvioon havaintoihinsa perustuen. Uusi ohjaamo kertoo ohjaajalle tuulen suhteellisen suunnan ja voimakkuuden ja FPM osoittaa koneen lentorataa, jolloin laskukierrosgeometrian ja oikean liu'un saavuttaminen ei vaadi ohjaajalta samaa määrää kapasiteettia kuin vanhalla järjestelmällä. Korjauksia kyetään uudella järjestelmällä tekemään FPM:n avulla.⁴⁷

⁴⁷ Finnish Air Force (12.2009), Kappale 1.13.

5.2 Multi-Function Display, MFD



Kuva 3: Monitoiminäyttö TSD-valinnalla ilman karttapohjaa.⁴⁸

MFD sisältää yhdeksän valittavaa tilaa. Näistä käytetään normaalitoiminnassa lennolla TSD-valintaa (Tactical Situation Display).⁴⁹ TSD-valinnalla MFD osoittaa muun muassa koneen sijainnin, suunnitellun reitin tai reittipisteet, viralliset ICAO-reittipisteet ja radionavigointilaitteiden sijainnit. Tehtävätietokoneelle on myös tallennettavissa karttapohja maaston korkeustietoineen, joka on valittavissa TSD:n pohjaksi. Ilmavoimissa tätä karttapohjaa pidetään päällä normaalitoiminnassa.⁵⁰ TSD-valinnalla MFD näyttää myös rinnakkaisia tietoja HUD:n kanssa. HUD:n tiedot ovat pääasiassa lentotilaa koskevia ja siinä on vain oleellisimmat tiedot navigointia varten. TSD-valinta vastaavasti antaa täydemmän tilannekuvan koneen sijainnista 2D-tasossa ja avustaa ohjaajaa navigoimaan.

Vanhalla järjestelmällä paikannus tapahtui VMC-olosuhteissa paperikarttaan perustuen ja VOR:n radiaalitietoon sekä DME-etäisyystietoon tukeutuen. IMC-olosuhteissa paikannus perustui VOR:n radiaalitietoon ja DME-etäisyyteen. Esimerkiksi harjoitusalueella pysyminen ilman maanäkyyvyyttä vaati vanhalla järjestelmällä suunnan, VOR:n radiaalilin, DME-etäisyyden ja alueen rajojen määrittämistä. Näistä tiedoista ohjaajan tuli rakentaa tilannetietoi-

⁴⁸ Finnish Air Force (12. 2009), Kappale 1.13.8.

⁴⁹ Finnish Air Force (August 2011), s.22.

⁵⁰ Finnish Air Force (August 2011), s.22.

suus sijainnistaan alueella ja suhteellisesta suunnastaan alueen rajoihin verrattuna. Maantieteellisen tilannetietoisuuden perusteella ohjaaja tekee toimenpiteitä alueella pysymiseksi.

Uusi järjestelmä MFD:n TSD-valinnalla antaa valmiin maantieteellisen tilannekuvan. Harjoitusalueet on tallennettu RMMD:lle ja ne näkyvät TSD:llä. Koneen sijainti ja suhteellinen suunta harjoitusalueen rajoihin verrattuna on nopeasti hahmotettavissa silmäyksellä. Alueella pysyminen vaatii ohjaajalta vähemmän kapasiteettia ja sitä kyetään käyttämään tehtävän kannalta oleellisiin asioihin. Paikannus on tarkempaa verrattuna vanhaan järjestelmään ja harjoitusalueella voidaan käyttää pienempää etäisyysvaraa alueen reunoihin. Harjoitusaluetta tulee näin käytettyä tehokkaammin.

Vaikka TSD ei näytä muita koneita, niiden paikkailmoitukset ovat TSD:n ansiosta tarkempia ja ne ovat helpommin hahmotettavissa oman TSD:n avulla verrattuna VOR:n radiaaliin ja DME-etäisyyteen perustuviin paikkailmoituksiin. Toisin kuin HUD, MFD vaatii ohjaajalta katseen irrottamisen ulkoa. Normaalitoiminnassa MFD:ltä ei katsota lentotilan hallinnan kannalta oleellisia arvoja, vaan ne löytyvät HUD:lta.

TSD parantaa ohjaajan tilannetietoisuutta.⁵¹ Monet hätätilanteet ovat laskeudu heti -tyyppisiä tai vaativat pakkolaskun tekemisen. Pakkolaskun tekeminen maastoon Hawkilla on korkean nopeuden takia erittäin vaarallista, joten pakkolaskun ja laskeudu heti -tyyppisen hätätilanteen ilmetessä ohjaajan tulee nopeasti selvittää, missä lähin sopiva kiitotie on ja suunnata sinne. Vanhalla järjestelmällä paikannuksen epätarkkuus ja paperikartan epäselvyys tekevät edellä mainituista hätätilanteista erittäin haasteellisia. TSD sen sijaan näyttää jatkuvasti koneen sijainnin piirrettynä karttapohjalle. Karttapohjasta löytyvät myös soveltuvat kiitotiet hätätilanteiden varalle. Lisäksi valittavana on Direct To -ominaisuus, jonka avulla navigointijärjestelmä opastaa valitulle kiitotielle suorinta reittiä. Tilannetietoisuuden ylläpitäminen on lentoturvallisuuden kannalta tärkein tekijä ehkäisemään inhimillisen virheen uhkaa.⁵² TSD tarjoaa valmiin kattavan tilannekuvan lentokoneen sijainnista ja ympärillä olevasta maastosta sekä radiolaitteistoista. Ohjaajan ei tarvitse rakentaa maantieteellistä tilannekuvaa monien erillisten mittareiden perusteella kuten vanhassa Hawkin ohjaamossa. Kapasiteettia vapautuu muihin tehtäviin.

⁵¹ Kamppinen (2010), s.26.

⁵² Jarrett (2005), s.36.

6 UG2-PÄIVITYKSEEN KOHDISTUVAA ARVIOINTIA

Päivityksen tuomat tekniset ratkaisut tarjoavat potentiaalisen avun tilannetietoisuuden ylläpitämiseen. Ne voivat kuitenkin vaikuttaa tilannetietoisuuteen myös heikentävästi. Tilannetietoisuuden vaivaton rakentaminen saattaa laskea ohjaajan vireystilaa.⁵³ Tämä saattaa näkyä esimerkiksi ohjaajan puutteellisena ulostähystämisenä muun liikenteen havaitsemiseksi. Ohjaaja kuvittelee omaavansa hyvän tilannekuvan järjestelmän avulla, mutta todellisuudessa jokin tilannetietoisuuden osa-alue jääkin huomioimatta. Ohjaaja saavuttaa tyytyväisyyden tunteen eikä huomioi TSD:n ja HUD:n ulkopuolisia tekijöitä kuten esimerkiksi muuta liikennettä ja lintuja. Vaarana on myös huonoon säähän lentäminen erityisesti VFR-lennoilla. Vanhalla järjestelmällä ohjaaja menetti näkyvyyden huonontuessa maantieteellistä tilannetietoisuuttaan. Tiedostettu tilannetietoisuuden heikkeneminen johtaa nopeammin oikeaan päätökseen tehtävän keskeyttämisestä tai reitin muuttamisesta. Uusi järjestelmä antaa säästä huolimatta tarkan tiedon maantieteellisestä sijainnista. Tämä saattaa johtaa ohjaajan jatkamaan lentoa huonossa säässä, vaikka päätös keskeyttämisestä tai reitin muuttamisesta olisi pitänyt jo tehdä.

Vaikka UG2-päivitys muutti Hawkin avioniikkajärjestelmän vastaamaan nykyaikaista ohjaamoympäristöä, niin modernille ohjaamolle tyypilliseen informaation välittämiseen äänen avulla ei ole puututtu. Äänen käyttäminen informaation välitykseen on tutkimusten mukaan tehokasta. Se aivojen osa, joka käsittelee ääntä, on itsenäinen ja vaikuttaa siten hyvin vähän aivojen muihin tehtäviin.⁵⁴ Hawkin järjestelmä antaa varoitusäänen välittömiä toimenpiteitä vaativista varoituksista, kuten myös ennen päivitystä, mutta modernille ohjaamolle tyypillisiä tärkeitä sanoja ja ohjeita järjestelmä ei välitä.

Varoitusäänen tarkoitus on herättää ohjaajan huomio ja ohjata katse varoitusvalotauluun ja siten oikeiden hätätoimenpiteiden aloitukseen. Useissa moderneissa järjestelmissä varoitusäänen lisäksi kuuluu sanoin mistä viasta tai tilasta on kyse. Se myös mahdollisesti käskee toimenpiteitä, jolloin ohjaajan ei tarvitse irrottaa katsettaan lentotilan hallinnan kannalta oleellisista kohteista. Osassa järjestelmiä on ominaisuus, joka muuttaa äänen sävyn kärkevämmäksi tilanteen vakavuuden ja kiireellisyyden mukaan.⁵⁵ Edellä mainitun järjestelmän puute Haw-

⁵³ Garland Daniel J., Wise John A., Hopkin V. David (1999), s.272, Teksti Endsley, Mica.

⁵⁴ Jarrett (2005), s.246.

⁵⁵ Bristol GS, ATPL Digital: *Flight Instruments, Warning And Recording Systems*, Issue 5.

kissa vaatii ohjaajalta järjestelmien tarkempaa seuraamista ja niihin kohdistuvan tilannetietoisuuden rakentamista ohjaajalähtöisesti häiriöiden ja hätätilanteiden havaitsemiseksi ja ehkäisemiseksi.

Mahdollisesti toimenpiteitä vaativat varoitukset sytyttävät Hawkissa merkkivalon ja välittömiä toimenpiteitä vaativat varoitukset antavat valon lisäksi myös äänen, mutta esimerkiksi kuormitusmonikerran ylittämisestä tai ylinopeuksista järjestelmä ei varoita tai ilmoita.⁵⁶ Ihminen on nopea tekemään havaintoja, mutta toiminnan nopeutta rajoittaa se, että ihminen kykenee tekemään vain yhden päätöksen kerrallaan.⁵⁷ Äänellä ohjaava varoitusjärjestelmä auttaisi ohjaajaa päätöksenteossa ja välittömien toimenpiteiden aloitus tapahtuisi nopeammin. Ääni toimii myös paremmin huomion herättäjänä. Esimerkiksi pitkällä suunnistuslennolla vireystilan ollessa alhainen, ohjaaja tekee jatkuvasti näköhavaintoja, mutta ei tietoisesti etsi varoitusvaloja näkökentästään. Tällöin varoitusvalo saattaa jäädä huomaamatta muiden havaintojen sekaan. Äänihavaintoja edellä mainitun kaltaisella lennon vaiheella sen sijaan on vähemmän ja varoitusäänen kuuleminen herättää todennäköisemmin ohjaajan huomion. Informaation välittämisen laajentaminen sanallisin äänin olisi lentoturvallisuutta parantava lisä myös Hawkissa.

HUD:n merkittävin etu rajoittuu vain eteen katsomiseen. Taistelutilanteessa ohjaaja joutuu seuraamaan koko ilmatilaa ja ohjaajan katsoessa muualle kuin eteen, kohdataan sama ongelma kuin vanhassa järjestelmässä. Ohjaaja joutuu irrottamaan katseensa kohteesta nähdäkseen lentoarvoja. Maalin saaminen etusektoriin on kuitenkin taistelutilanteessa tarkoituksena ja tuolloin HUD:n lentoarvot ovat luettavissa. Taistelutilanteessa lentoarvojen lukeminen on osin haastavaa. Parhaaseen lopputulokseen päästäisiin kypärätähtäimellä, joka mahdollistaa arvojen tuomisen ohjaajan silmien eteen pään asennosta riippumatta. Tällainen järjestelmä löytyy Suomen päätorjuntahävittäjästä Hornetista.

Aurinkoa kohti lennettäessä HUD:n kirkkaus ei riitä pitämään HUD:n tietoja luettavina. Digitaaliset lukemat vaativat myös silmältä pidemmän fiksaation muutoksen suunnan ja nopeuden arvioimiseksi analogisiin mittareihin verrattuna. Tähän ongelmaan on kuitenkin panostettu lisäämällä HUD:lle analogisten mittareiden kaltaisia osoittimia muutoksen suunnasta ja suu-

⁵⁶ Finnish Air Force (12.2009), Kappale 1.2.

⁵⁷ Bristol GS, ATPL Digital: *Human Performance & Limitations*, Issue 5.

ruudesta. Tällainen on esimerkiksi korkeusmittarin ympärillä oleva kehä, jota kiertää variometrinä toimiva palkki. HUD saattaa myös rajoittaa ohjaajan havainnointia ulos. HUD:n kirkkaus tulisi säätää siten, että arvot ovat hyvin luettavissa, mutta niiden läpi näkee myös ulos. Esimerkiksi lähestymisiä tehdessä sopivalla sivutuulella, FPM saattaa peittää taakseen liukukulmavalot, jos kirkkaus on säädetty virheellisesti.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

UG2-päivitys vaikuttaa lentämiseen positiivisesti, koska informaation välitys lentokoneen järjestelmien ja ohjaajan välillä on parantunut. Informaation välityksen paranemisen on mahdollistanut tekniikan kehittyminen ja avioniikkajärjestelmän suunnittelussa ihmisen ominaisuuksien paremmin huomioon ottaminen. Saatava informaatio päivitetyssä ja päivittämättömässä Hawkissa on suurimmaksi osaksi samaa, mutta päivitetyssä Hawkissa informaatio on esitetty ohjaajan ominaisuudet huomioiden valmiina kokonaisuutena.

Informaatio esitetään nyt samojen periaatteiden mukaisesti keskitetysti HUD:n ja MFD:n välityksellä kuten Hornetissa. Lentotilaa hallitaan HUD:n avulla ja maantieteellistä sijaintia voidaan seurata digitaalisella karttapohjalla TSD:n avulla. Ohjaamoympäristöjen samankaltaisuus ja yhtenevä tehtävänpurkujärjestelmä Hornetin kanssa tukee Hawkin roolia harjoitus-suihkuhävittäjänä. Avioniikkajärjestelmä avustaa ohjaajaa tilannetietoisuuden rakentamisessa. Vanhassa järjestelmässä kaikki informaatio oli jatkuvasti esillä. Uudessa järjestelmässä oleellisin tieto on näkyvillä ja tarvittaessa järjestelmästä on haettavissa MFD:n ja UFCP:n avulla lisää informaatiota. Järjestelmän uusien ominaisuuksien hallinta ja ymmärtäminen vaatii ohjaajalta enemmän opiskelua. Hawkin fyysinen ohjaaminen ei ole päivityksessä muuttunut, vaan vaikutus lentämiseen tapahtuu ainoastaan parantuneen informaation välittymisen ansiosta avioniikkajärjestelmän ja ohjaajan välillä. Hawkia ohjataan nyt HUD:n modernien symbolien avulla, eikä erillisten analogisten mittareiden perusteella kuten vanhassa järjestelmässä. Informaatio on esitetty kokonaisuuksina ja järjestelmän käyttö tapahtuu keskitetysti UFCP:n avulla.

Päivitetty avioniikkajärjestelmä tukee ohjaajaa tilannetietoisuuden rakentamisessa vähentämällä siihen vaadittavaa kapasiteettia. Vapautuva kapasiteetti on käytettävissä tehtävän, oppimisen ja lentoturvallisuuden kannalta oleellisiin asioihin. Avioniikkajärjestelmä on valmistavissa RMMD:lle tehtävänvalmistelujärjestelmällä, jolloin kaikki oleelliset radiotaajuudet ja reittipisteet ovat valmiiksi asetettu lennolle lähdettäessä. Lennolla järjestelmän käyttö on nopeaa ja vaivatonta UFCP:n avulla. Suurin kapasiteettia vapauttava tekijä on TSD, joka osoittaa jatkuvasti koneen sijaintia karttanäytöllä. TSD korvaa vanhan kartta, kello ja kompassi-yhdistelmän, joiden avulla ohjaaja ylläpiti tilannetietoisuutta maantieteellisestä sijainnistaan.

Moderni lasiohjaamoympäristö aiheuttaa parannusten lisäksi uusia haasteita. HUD on tarkoitettu parantamaan ohjaajan havainnointikykyä ulos, mutta väärin käytettynä liian kirkkaalla säädöllä se saattaa estää ohjaajaa havaitsemasta liikennettä HUD:n symboleiden takaa. MFD:n TSD puolestaan saattaa aiheuttaa ohjaajalle harhan todellista tilannetietoisuutta paremmasta tilannetietoisuudesta. Vanhalla järjestelmällä ulos katsominen oli välttämättömyys kartan avulla paikannettaessa. Uusi järjestelmä antaa valmiin paikkatiedon digitaaliselle karttapohjalle piirrettynä, jolloin ohjaajan ulos tähyttäminen voi olla puutteellista. Puutteellinen ulos tähyttäminen nostaa riskiä muun liikenteen tai lintujen kanssa törmäämiseen. Tarkka paikkatieto saattaa myös rohkaista ohjaajaa lentämään tehtävän rajoituksia huonompiin sääolosuhteisiin.

Hawk täyttää nyt paremmin harjoitussuihkuhävittäjälle asetetut vaatimukset ohjaamoympäristön, tehtävänvalmistelun ja -purun ollessa Hornetin kanssa yhtenevämmät. Lentotoiminnassa voidaan nyt käyttää samoja toimintamalleja ja koulutusta kyetään viemään pidemmälle, jolloin säästetään kalliita lentotunteja päätorjuntahävittäjällä. Kynnys Hawkista Hornetiin siirtymiseen on matalampi, koska ohjaaja on jo koulutettu vastaavaan ympäristöön. Tilannetietoisuuden vaivattomampi rakentaminen kohdistaa ohjaajan kapasiteetin nyt koulutuksen ja tehtävän kannalta oleellisiin asioihin.

7.1 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Päivitetystä Hawkista saadaan kerättyä käyttökokemuksia, jotka avaavat mahdollisuuden tutkia päivityksen vaikutuksia HW1-lentokoulutusohjelmassa sotilaspedagogiikan näkökulmasta ja HW2-lentokoulutusohjelmassa lisäksi taktiikan näkökulmasta. HW1-lentokoulutusohjelman sisältöä voidaan päivitetystä ohjaamosta saatujen kokemusten perusteella muuttaa vastaamaan paremmin järjestelmän ominaisuuksia ja mahdollisuuksia. Uskon hypoteesiin, jossa peruslentämisen kouluttamiseen vaadittava lentotuntimäärä on pienempi uuden lasiohjaamon ansiosta. Ohjaaja on nyt paremmin integroitu osaksi kokonaisuutta, mutta uusien ja monimutkaisten järjestelmien ja ominaisuuksien kouluttaminen vaatii enemmän tunteja tyyppiteoriakurssiin. Uudet ominaisuudet ja järjestelmän monipuolisuus mahdollistavat kuitenkin kouluttamisen viemisen pidemmälle ennen Hornet-koulutusta ja koulutusohjelmien laajentaminen on mahdollista. Koulutusohjelmien muutosmahdollisuudet ovat oleellisia jatkotutkimuskohteita.

LÄHTEET

Finnish Air Force: *Hawk MLU Aircrew Manual*, Ilmavoimien Materiaalilaitos, Lentokalusto-osasto, 12.2009.

Finnish Air Force: *Hawk Standard Operating Procedures*, HW-SOP 3.3, Operations Division (A3) of Air Force Command Finland, August 2011.

Garland Daniel J., Wise John A., Hopkin V. David: *Handbook of Aviation Human Factors*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1999.

Heikkinen, Akseli: *H1-, H3.3- ja HW2-lentokoulutusohjelmien ilmataistelulentojen väliset muutokset*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2005.

Heikkinen, Akseli: *Taktisen koulutusohjelman muutokset Hawkin käyttöönottovuodesta nyky päivään*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2003.

Huttunen, Mika: *Näkökulmia taktikkaan, Taktiikan käsite ja taktiikan keinot tulkinnan kohteena*, Taktiikan laitos, Helsinki, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2005.

Huttunen, Mika, Metteri, Jussi (toim.): *Ajatuksia operatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta*, Taktiikan laitos, Helsinki, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2008.

Ilmavoimat: *BAE Hawk Mk 51 ja 51A*, päivitetty 17.11.2011, Linkki liitteessä 2.

Ilmavoimat: *HW1-lentokoulutusohjelma*, Ilmavoimien Esikunta, Suunnitteluosasto, 2011.

Ilmavoimat: *Ilmavoimien Hawkit päivitettiin 2010-luvulle*, Ilmavoimat, Julkaistu 14.11.2011, Päivitetty 17.2.2012, Linkki liitteessä 2.

Jarrett, Don N.: *Cockpit Engineering*, Ashgate, Ashgate Publishing Company, UK, 2005.

Kamppinen, Pekka: *Hawk-lentokoulutuskaluston modifikaation vaikutus ohjaajan tilannetietoisuuteen*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2010.

Bristol GS, ATPL Digital: *Flight Instruments*, Issue 5.

Bristol GS, ATPL Digital: *Human Performance & Limitations*, Issue 5.

Rauhala, Timo: *Kolme dimensionaalisen lennontaltiointijärjestelmän vaikutus taktiseen Hawk-lentotoimintaan*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2007.

Roy Braybrook: *British Aerospace Hawk*, Osprey Publishing Limited, London, 1984.

Salas, Eduardo, Maurino, Daniel E.: *Human Factors In Aviation* Second Edition, Elsevier Inc., Academic Press USA, 2010.

Tähtinen, Jussi: *UG2-päivityksen vaikutus Hawkin järjestelmiin*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 2010.

Vittaniemi, Jukka: *Tehtävätallennin Hawk-harjoitussuihkukoneeseen*, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2007.

LIITTEET

LIITE 1. LYHENTEET JA KÄSITTEET.

ACM Aircrew Manual

Ohjaajanohje.

ADC Air Data Computer

Ilma-arvolaskin.

BULLSEYE

Maantieteellinen piste, jonka suhteen annetaan paikkatietoja.

CDI Course Deviation Indicator

Liuku- ja nousukulmaa osoittava symboli.

CDM Climb Dive Marker

HUD:lla oleva symboli, joka kertoo koneen lentotilasta.

DME Distance Measuring Equipment

Etäisyydenmittausjärjestelmä.

EGI Area navigation

NAV-päämoodin yksi kolmesta alamoodista, jota käytetään yleiseen suunnistamiseen tietyille pisteille.

FAC Facilities navigation

NAV-päämoodin yksi kolmesta alamoodista, jota käytetään maalaiteistoon perustuvassa radionavigoinnissa.

FPM Flight Path Marker

Lentokoneen lentorataa osoittava symboli.

HN F-18 Hornet torjuntahävittäjä

HUD Head-Up Display

Ohjaajan silmien edessä oleva heijastinnäyttö.

HW Hawk harjoitussuihkuhävittäjä

HW1 Hawk-lentokoulutusohjelma

HW2 Hawk-taistelulentokoulutusohjelma

ICAO International Civil Aviation Organisation

IFR Instrument Flight Rules

Mittarilentosäännöt.

IMC Instrument Meteorological Condition

Mittarilento-olosuhteet.

MC Mission Computer

Tehtävätietokone.

MDR Mission Data Recorder

Tehtävätallennin, joka tallentaa lennon tietoja RMMD:lle.

MFD Multi Function Display

Monitoiminäyttö.

MPKK Maanpuolustuskorkeakoulu

MPS Mission Planning Station

Tehtävän suunnittelulaitteisto, jolla tallennetaan tehtävän tiedot RMMD:lle.

NAV Navigation master mode

Normaalitoiminnassa käytettävä järjestelmän päämoodi. Sisältää alamoodit EGI, SEQ ja FAC.

PFD Primary Flight Display

Lentotilan hallinnan kannalta oleellisimmat arvot sisältävä näyttövalinta.

RMMD Removable Mass Memory Device

Irrotettava muistilaite.

SEQ Sequenced waypoint navigation

NAV-päämoodin yksi kolmesta alamoodista, jota käytetään suunnistamiseen usean reittipisteen kautta.

TOT Time On Target

Suunnistuksessa käytettävä ominaisuus, jota käytetään saapuakseen tiettyä aikana tietylle pisteelle.

TSD Tactical Situation Display

Normaalitoiminnassa MFD:llä oleva näyttövalinta.

UFCP Up-Front Control Panel

HUD:n alla oleva järjestelmien käyttöpaneeli.

UG2 Upgrade2

Hawk harjoitussuihkukoneen päivitystaso 2.

VFR Visual Flight Rules

Näkölentosäännöt.

VMC Visual Meteorological Condition

Näkölento-olosuhteet

VN Valmet Vinka peruslentokoulutuksessa käytettävä lentokone

VOR VHF Omnidirectional Range

VHF-Monisuuntamajakka.

WL **Waterline Symbol**

Lentokoneen pituusakselin asentoa osoittava symboli.

LIITE 2. INTERNET VIITTEIDEN LINKIT.

Linkki 1:

<http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/72502f00402f6b55a494f455b8694afa/Konetyyppifactsheet+HW51+nettiversio.pdf?MOD=AJPERES>

Linkki 2:

<http://www.puolustusvoimat.fi/portal/puolustusvoimat.fi/?Idmy&urile=wcm%3apath%3a/su+puolustusvoimat.fi/puolustusvoimat.fi/ilmavoimat/ajankohtaista/ilmavoimien+artikkelit/ilmavoimien+hawkit+paivitettiin+2010-luvulle>

LIITE 3. KUVAT.



Kuva 4: Hawkin päivittämätön ohjaamo (simulaattori).



Kuva 5: Hawkin päivitetty ohjaamo (Mk66).⁵⁸

⁵⁸ Ilmavoimat: *Ilmavoimien Hawkit päivitettiin 2010-luvulle*, Ilmavoimat, Julkaistu 14.11.2011, Päivitetty 17.2.2012, Viitattu 23.02.2012, Linkki liitteessä 2