

Matias Anunti

# LENTOKONEITA HINATTAESSA TAPAHTUVAT VAHINGOT JA NIIDEN ENNALTAEHKÄISY

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastaja: Tuomas Salomaa  
Joulukuu 2025

# TIIVISTELMÄ

Matias Anunti: Lentokoneita hinattaessa tapahtuvat vahingot ja niiden ennaltaehkäisy  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta, konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Joulukuu 2025

---

Työn tavoitteena oli selvittää lentokoneita hinattaessa tapahtuvien vahinkojen syyt ja kehittää keinoja niiden ennaltaehkäisyyn. Hinauksessa lentokoneen suuri koko, rajoitettu näkyvyys ja ahtaat tilat aiheuttavat merkittäviä riskejä. Tutkimus perustuu Karjalan lennostossa havaittuun tarpeeseen vähentää toistuvia vahinkotilanteita, joissa lentokone on vaurioitunut törmäyksestä.

Työssä analysoitiin vahinkojen taustatekijöitä, jotka jaettiin neljään pääluokkaan: hinaushenkilöstön virheet, sää- ja keliolosuhteet, toiminnan ulkopuoliset tekijät sekä muut tekijät, kuten ohjeistuksen puutteet ja kaluston rajoitteet. Tulosten mukaan yleisin syy vahinkoihin on inhimillinen virhe, erityisesti kuljettajan havainnointi- ja arviointivirheet sekä kokemattomuus varottajien keskuudessa. Toiseksi merkittävin tekijä on sääolosuhteet, kuten pimeys ja liukkaus, jotka heikentävät näkyvyyttä ja hallittavuutta.

Ennaltaehkäisykeinoiksi ehdotetaan kattavaa koulutusta, selkeitä ohjeita ja määräyksiä, ympäristöön ja kalustoon tehtäviä merkintöjä sekä tarkoituksenmukaista kalustoa. Koulutuksessa korostetaan teoriaosuuden ja käytännön harjoittelun merkitystä sekä säännöllisiä kertauksia. Lisäksi ohjeistuksella ja merkinnöillä voidaan parantaa turvallisuutta erityisesti ahtaissa tiloissa.

Työn tuloksia voidaan soveltaa sotilasilmailun lisäksi myös kaupalliseen ja yleisilmailuun.

Avainsanat: lentokoneen hinaus, vahinkojen ehkäisy, sotilasilmailu, lentoturvallisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Matias Anunti: Aircraft ground towing damage and their prevention  
Tampere University  
Faculty of Engineering and Natural Sciences, Mechanical Engineering  
December 2025

---

The aim of this thesis was to identify the causes of aircraft damage during towing and to develop methods for preventing such incidents. Towing operations involve significant risks due to the large size of aircraft, limited visibility, and confined spaces. The study is based on an observed need at the Karelia Air Command to reduce recurring damage cases where aircraft have been harmed in collisions.

The analysis categorized contributing factors into four main groups: human errors by towing personnel, weather and surface conditions, external operational factors, and other issues such as inadequate instructions and equipment limitations. Results indicate that the most common cause of damage is human error, particularly observation and judgment mistakes by the driver and inexperience among wing walkers. The second most significant factor is environmental conditions, such as darkness and slippery surfaces, which impair visibility and control.

Preventive measures include comprehensive training, clear guidelines and regulations, markings on equipment and in the environment, and the use of appropriate towing vehicles. Training emphasizes both theoretical knowledge and practical exercises, supported by regular refreshers. Additionally, instructions and markings can improve safety, especially in confined areas.

The findings can be applied not only to military aviation but also to commercial and general aviation.

Keywords: Aircraft damage, damage prevention, military aviation, aviation safety

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

# TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Microsoft 365 Copilot (Word-versio 2508), Andor-tekoälyavustaja.

Käyttötarkoitus: Copilotin käyttö kieliasun parantamiseen ja kirjoittamisen tehostamiseen. Andor-tekoälyavustaja tiedonhakuun.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty: Copilotia yhteenvedon jäsentelyssä. Andor-tekoälyavustajaa lähteiden hakemisessa ja merkitsemisessä.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

## ALKUSANAT

Työn tekeminen oli itselle merkityksellistä, koska tällä pystyn konkreettisesti vaikuttamaan lentoturvallisuuden toteutumiseen.

Kiitos Karjalan lennostolle ja sen henkilöstölle projektin toimeksiannosta ja tuesta työn tekemiselle. Kiitos Järjestelmäkeskukselle ja kanssani työskennelleille projektin mahdollistamisesta ja kannustuksesta. Kiitos muille mukana olleille tuesta ja joustamisesta tiukan syksyn aikana. Kiitos perheelle ja kumppanille tsempeistä.

Tampereella, 20.12.2025

Matias Anunti

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. LENTOKONEEN HINAAMINEN.....	3
2.1 Hinaustilanteet.....	3
2.2 Hinaukseen käytettävä kalusto .....	4
2.3 Hinaustavat .....	4
2.4 Hinauskäytännöt.....	5
3. VAHINKOJEN SYYT.....	8
3.1 Hinaushenkilöstön virheet.....	9
3.2 Sää tai keli vaikuttavana tekijänä .....	11
3.3 Toiminnan ulkopuoliset tekijät.....	12
3.4 Muut tekijät .....	12
4. VAHINKOJEN ENNALTAEHKÄISY .....	13
4.1 Koulutus .....	13
4.2 Ohjeet.....	14
4.3 Merkinnät.....	14
4.4 Kalusto .....	16
5. YHTEENVETO.....	17
LÄHTEET .....	18

## KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Lentokoneen hinaaminen käyttäen hinausaisaa</i> .....	4
<i>Kuva 2. Lentokoneen hinaaminen ilman hinausaisaa</i> .....	5
<i>Kuva 3. Hätäpysäyttämistä osoittava käsimerkki ((EU) N:o 923/2012, 4.1)</i> .....	6
<i>Kuva 4. Hinausvahinkoihin vaikuttavat tekijät (Konieczka &amp; Žak 2020, s. 197)</i> .....	8
<i>Kuva 5. Useampien tekijöiden jakauma vahinkotilanteissa (Konieczka &amp; Žak 2020, s. 198)</i> .....	9
<i>Kuva 6. Peräsimen osuma seinään</i> .....	10
<i>Kuva 7. Näkymä hinatessa Hornetia</i> .....	10
<i>Kuva 8. Lentokoneiden ja ajoneuvojen kulkureittien merkitseminen (AC 150/5340-1M 2019)</i> .....	15
<i>Kuva 9. Lentokoneen suihkuvirtauksen vaara-alueet (Zhang et al. 2024)</i> .....	16

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

AKV	Alueellisen koskemattomuuden valvonta
AKT	Alueellisen koskemattomuuden turvaaminen
ATC	engl. Air Traffic Control, lennonjohto
EASA	engl. European Union Aviation Safety Agency, Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto
FOD	engl. Foreign Object Debris, pieni vierasesine
HN	F/A-18 Hornet -monitoimihävittäjä
HNC	F/A-18C Hornet -monitoimihävittäjän yksipaikkainen versio
HND	F/A-18D Hornet -monitoimihävittäjän kaksipaikkainen versio
NATO	engl. North Atlantic Treaty Organization, Pohjois-Atlantin puolustusliitto
PV	Puolustusvoimat
STANAG	engl. Standardization Agreement, NATO-maiden standardisointisopimus

# 1. JOHDANTO

Lentoturvallisuuden keskeinen kulmakivi ovat ilma-alusten vauriot ja niiden ennaltaehkäisy. On ilmiselvää, että vauriot ilma-alusten kriittisissä komponenteissa aiheuttavat merkittävän riskin turvallisen lentotoiminnan toteutumiselle. Vaurioiden vuoksi ilma-alus joutuu seisomaan maassa tarkastusten ja korjausten ajan. Tänä aikana se ei voi suorittaa sille osoitettuja lentotehtäviä. Lentotehtävien suorittaminen on erittäin merkityksellistä kaupallisessa ilmailussa, jossa lennon peruuntuminen aiheuttaa suuret kustannukset lentoyhtiölle, sekä sotilasilmailussa, jolloin lentotehtävän peruminen aiheuttaa riskin alueellisen koskemattomuuden valvonnalle (AKV) ja turvaamiselle (AKT).

Ilma-alusten maassa tapahtuvien vahinkojen osuus kaikista vaurioista on suuri. Ne aiheuttavat vuosittain 5–10 miljardin dollarin (USD) kustannukset (Kromphart 2014, s. 4). Maassa tapahtuvien vahinkojen yhtenä osa-alueena ovat hinattaessa tapahtuvat vahingot. Hinaamisen haasteena ovat yleensä lentokoneen suuri koko ja siipien aiheuttama näkyvyyseste lentokoneen perään.

Tässä tutkimuksessa käsitellään lentokoneita hinattaessa tapahtuvia vahinkoja. Lentokoneella tarkoitetaan miehitettyä kiinteäsiipistä ilma-alusta, joka on tiheydeltään ilmaa raskaampi (Tilastokeskus ei pvm.). Tässä tutkimuksessa käsitellyillä lentokoneilla on myös oma voimanlähde. Hinauksella tarkoitetaan maassa tapahtuvaa tilannetta, jossa ajoneuvoa käyttämällä liikutetaan lentokonetta siten, että lentokone ei ole lavetilla tai muulla alustalla. Hinaustilanteessa lentokone on omien laskutelineidensä varassa ja rullaa omilla renkaillaan.

Tämä kandidaatintyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Työssä keskitytään selvittämään hinauksessa tapahtuvien vaurioiden syyt. Syiden pohjalta selvitetään, miten vahinkoja voidaan ennaltaehkäistä. Syiden selvittämisessä kategorisoidaan vahinkotilanteiden tekijät saatavilla olevan aineiston ja tilastojen perusteella. Ennaltaehkäisykeinoja selvitetessä eritellään keinoja, joilla voidaan vaikuttaa vahinkotilanteiden tekijöihin.

Luvussa 2 tutustutaan lentokoneen hinaamisen taustoihin ja selvitetään, miksi lentokonetta on tarpeellista hinata. Luvussa esitellään myös hinaamiseen käytettävä kalusto sekä hinaustavat ja -käytännöt. Luvussa 3 tutkitaan ja eritellään vahinkotilanteiden taustatekijät. Tekijät kategorisoidaan, jotta niihin on helpompi vaikuttaa ennaltaehkäisevästi.

Luvussa 4 selvitetään ja eritellään ennaltaehkäisyn keinoja, joilla voidaan vaikuttaa luvussa 3 havaittuihin vahinkotilanteiden taustatekijöihin.

Tämä työ tehdään Karjalan lennostossa havaitun tarpeen pohjalta. Karjalan lennostossa on sattunut useita vahinkotilanteita, joissa hinauksessa ollut lentokone on vaurioitunut törmäyksestä. Toistuvien tilanteiden vuoksi käynnistettiin projekti, jonka tavoitteena on vähentää vahinkotilanteita. (Mäkinieni 2025)

Työssä tarkastellaan aihetta erityisesti sotilasilmailun näkökulmasta. Työn tuloksia voidaan soveltaa kuitenkin myös kaupalliseen ilmailuun ja yleisilmailuun.

## 2. LENTOKONEEN HINAAMINEN

Lentokonetta voidaan liikuttaa maassa hinaamalla. Lentokoneen hinaamisella tarkoitetaan tilannetta, jossa lentokonetta liikutetaan maassa ilman, että työntövoiman lähteenä käytetään lentokoneen omia moottoreita. Hinaamisessa käytetään käytännössä aina ulkopuolisena työntövoimanlähteenä hinausajoneuvoa. Ainoastaan hyvin pieniä lentokoneita voidaan liikuttaa myös käsivoimin.

### 2.1 Hinaustilanteet

Lentokonetta hinataan, kun sitä tarvitsee siirtää käyttämättä lentokoneen omia moottoreita. Moottoreita ei haluta käyttää tilanteissa, joissa moottorien käyttäminen voi aiheuttaa turvallisuusriskin tai vaurion. Niiden käyttäminen voi myös olla tilanteessa epätaloudellista tai ei ole ajan säästön vuoksi järkevää.

Lentokoneet viedään pääsääntöisesti halleihin ja muihin ahtaisiin tiloihin hinaamalla. Lentokoneen moottoreiden käyttö sisätiloissa aiheuttaa lukuisia turvallisuusriskejä, kuten tulipalovaaran, vaarallisia suihkuvirtauksia, hallitsemattomia liikkeitä, melua ja riskin imeä pieniä vierasesineitä (engl. *Foreign Object Debris*, FOD). Moniin halleihin on myös kulku vain yhdestä suunnasta, jolloin lentokone pitää viedä tilaan perä edellä. Useimmilla lentokoneilla peruuttaminen omia moottoreita käyttäen ei ole mahdollista, joten hinaus on ainoa vaihtoehto liikuttaa lentokone halliin.

Korjaus- tai huoltotoimenpiteitä varten lentokone voidaan joutua siirtämään toiseen paikkaan. Lentokoneen omien moottoreiden käyttö ei välttämättä ole mahdollista, jos lentokoneen vika estää niiden käynnistämisen tai moottoreiden käyntitunnit ovat tulleet täyteen. Monet korjaamo- ja huoltotilat ovat halleissa tai muissa sisätiloissa, jolloin moottoreiden käyttö ei ole mahdollista.

Lentokenttä- ja asematasoalueilla liikuttaminen on yleensä käytännöllisintä, taloudellista ja nopeinta tehdä hinaamalla. Usein lentokoneiden käynnistäminen on pitkä prosessi. Esimerkiksi F/A 18 Hornet -monitoimihävittäjän (HN) käynnistäminen vaatii useita tarkastuksia, ennen kuin sen moottorit voidaan käynnistää ja liikkua käyttäen niitä (A1-F18AC-NFM-000 2007, s. III-7-1–III-7-23). Lentokoneen liikuttaminen omilla moottoreilla kuluttaa myös paljon polttoainetta. HN:n moottoreiden käyttäminen maassa voi kuluttaa polttoainetta jopa 20 l/min (A1-F18AC-NFM-000 2007, s. V-15-6). Lentokonetyypin valmistajan ohjeistuksesta riippuen lentokone täytyy olla käynnissä jonkin aikaa ennen kuin sen voi sammuttaa.

Kaupallisessa ilmailussa lentokone usein työnnetään portilta taaksepäin ja käännetään siten, että lentokone pääsee rullaamaan kiitotielle lähtöä varten. Tästä toimenpiteestä käytetään nimitystä pushback. (SKYbrary ei pvm. b)

## 2.2 Hinaukseen käytettävä kalusto

Lentokonetta voidaan hinata erilaisilla ajoneuvoilla. Vaatimuksia ovat sopiva kiinnitys, riittävä massa ja riittävä teho. Suomen ilmavoimissa yleisimmin käytetty tapa hinata lentokonetta on kytkeä hinausaisa lentokoneen nokkapyörään ja kiinnittää se ajoneuvon keulaan tai perään. Käytössä on myös lentokoneen hinausajoneuvoja, joiden käyttöön ei tarvitse hinausaisaa. (Mäkinen 2025)

Hinausajoneuvoina käytetään usein kuorma-autoja, isoja henkilöautoja tai hinauskäyttöön suunniteltuja hinaustraktoreita (engl. *Aircraft Towing Tractor*). Kuorma- ja henkilöautot vaativat pääsääntöisesti hinausaisan. Hinaustraktorilla voidaan usein hinata ilman hinausaisaa kiinnittämällä ajoneuvo suoraan nokkapyörään. Hinaustraktoria käytetään usein tarkkuutta vaativissa paikoissa, sillä sen liikuttaminen on helpommin säädeltävissä.

Hinausajoneuvoissa voi olla voimanlähteenä polttomoottori tai sähkömoottori. Sähkökäyttöiset hinausajoneuvot on havaittu soveltuvan sisäkäyttöön paremmin, sillä niiden nopeus on tarkemmin säädettävissä ja niistä ei aiheudu haitallisia pakokaasuja (Mäkinen 2025).

## 2.3 Hinaustavat

Hinaus voidaan tehdä joko kiinnittämällä hinausaisa lentokoneen nokkapyörään ja hinausaisa ajoneuvon tai kiinnittämällä ajoneuvo suoraan nokkapyörään (SKYbrary ei pvm. a). Näiden välillä on jonkin verran eroja, joista merkittävin on lentokoneen ja hinausajoneuvon välille muodostuvien nivelten lukumäärä.



**Kuva 1.** Lentokoneen hinaaminen käyttäen hinausaisaa

Kun hinataan käyttäen hinausaisaa, lentokoneen ja ajoneuvon välille muodostuu kaksi niveltä (kuva 1). Tällaisen yhdistelmän työntäminen siten, että lentokone liikkuu perä edellä, on haastavaa. Hinausajoneuvon kuljettaja joutuu huomioimaan sekä aisan asennon ajoneuvoon nähden, että lentokoneen asennon aisaan nähden. Hinausaisaa käyttämällä lentokonetta onkin käytännöllisintä hinata vetämällä, mikäli se on tilanteen puolesta mahdollista. Tällöin ei tarvitse huomioida aisan kääntymistä liikaa lentokoneeseen tai ajoneuvoon nähden.



*Kuva 2. Lentokoneen hinaaminen ilman hinausaisaa*

Lentokonetta hinatessa ilman hinausaisaa lentokoneen ja ajoneuvon välille muodostuu yksi nivel (kuva 2). Tällaisissa tilanteissa yleensä käytetään ajoneuvoa, joka nostaa nokkapyörän ajoneuvossa olevalle tasolle. Ilman hinausaisaa hinatessa hinausajoneuvon kuljettajan tulee huomioida lentokoneen ja hinausajoneuvon välinen kulma. Tämä on helpompaa, kuin hinausaisaa käyttämällä. Tästä syystä lentokonetta hinataan usein ilman hinausaisaa, kun lentokonetta tarvitsee liikuttaa perä edellä tai hinataan ahtaissa tiloissa.

## 2.4 Hinauskäytännöt

Hinauksessa on mukana henkilöitä, joista yksi ajaa hinausajoneuvoa, yksi on koneessa jarrumiehenä ja muut ovat estevarottajina, estepukkimiehinä tai valvojana. Estevarottajia ei välttämättä tarvita, jos olosuhteet ovat hyvät ja hinausta ei suoriteta ahtaissa tiloissa. Hinausajoneuvon kuljettaja on kokenut ja tehtävään koulutettu henkilö. Jarrumiehenä voi toimia lentäjä tai muu tehtävään perehdytetty henkilö, kuten apumekaanikko. Estepukkimiestä käytetään, jos jarrumiestä ei ole käytössä. Estepukkimiehen tehtävänä on heittää estepukit tarvittaessa renkaan eteen. Estevarottajina voivat toimia tehtävään soveltuvat henkilöt, ja usein mukaan liittyy muitakin lähistöllä vapaana olevia henkilöitä. Lentokoneen siirtoryhmän johtajana toimii hinausajoneuvon kuljettajana. Mikäli hinaustapahtumaan osallistuu kokemattomia henkilöitä, hinaustapahtumalla on valvoja. (Mäkinieniemi 2025, Lentotekninen maapalveluohje MAPO 2001)

Hinaustapahtuma aloitetaan hinausaisan tai ajoneuvon kytkemisellä lentokoneeseen. Jos käytetään hinausasiaa, se kytketään ensin lentokoneeseen ja sen jälkeen ajoneuvoon. Tämä toimenpide vaatii usein kaksi henkilöä, koska yksi henkilö ajaa ajoneuvoa ja toinen kiinnittää aisan ajoneuvoon.

Lentokentästä riippuen hinaustapahtumaa varten voidaan joutua pyytämään lupa lennonjohtolta (engl. *Air Traffic Control*, ATC). Yhteyden lennonjohtoon ottaa hinaustapahtuman johtaja tai lentokoneen ohjaamossa oleva henkilö. (SKYbrary ei pvm. a)

Jarrumiehenä oleva henkilö vapauttaa jarrut lentokoneen ohjaamosta. Joissain konetyypeissä täytyy vapauttaa myös nokkapyörän lukitus. Näiden jälkeen lentokonetta voidaan hinata. Kun hinaus lopetetaan, lentokoneen jarrut ja nokkapyörän lukitus kytketään heti pysähdyttyä. Sen jälkeen voidaan irrottaa ajoneuvo ja hinausaisa käänteisessä järjestyksessä.

Hinauksen aikana henkilöt kommunikoivat puhumalla tai käsimerkein. Puhumalla kommunikoitaessa käytetään apuvälineenä usein radiopuhelimia, sillä puheäänen kuuluvuus voi olla rajallista. Käsimerkein kommunikoitaessa käytetään yhteisesti ennalta sovittuja käsimerkkejä. Sotilasilmalussa käytetään yleisesti Pohjois-Atlantin puolustusliitto NATO:n (engl. *North Atlantic Treaty Organization*) sopimuksella STANAG 3117, Edition 10 (2025) sovittuja käsimerkkejä standardista AFSP-02, Edition B (2025). Siviili-ilmailussa käytetään Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto EASA:n (engl. *European Union Aviation Safety Agency*) määrittelemiä käsimerkkejä ((EU) N:o 923/2012).

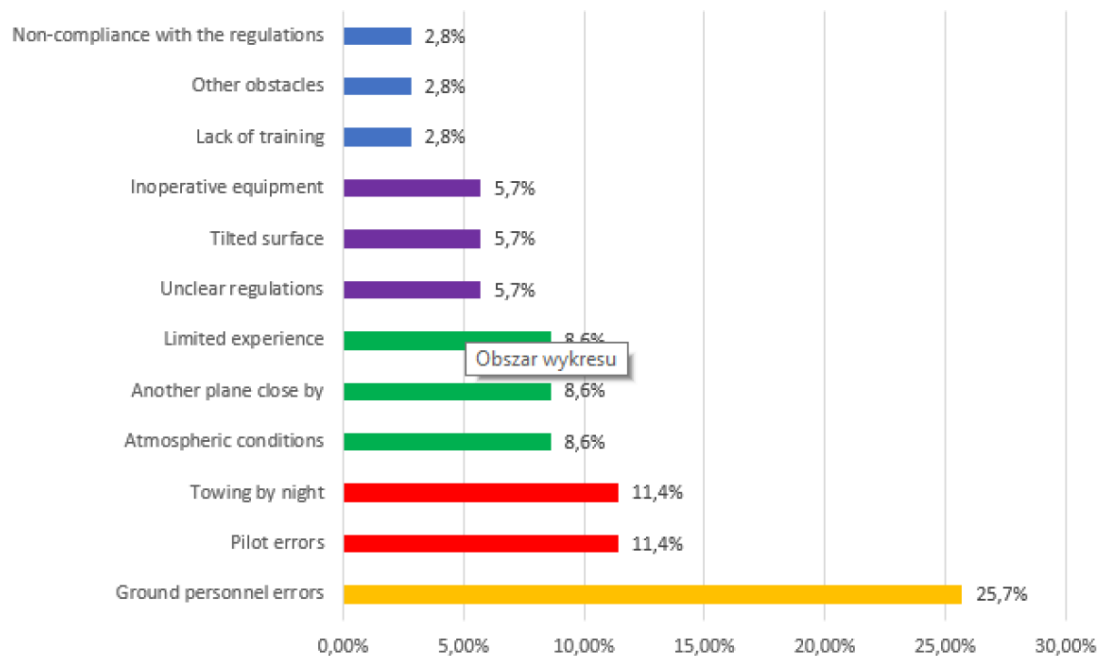


**Kuva 3.** Häätäpysäyttämistä osoittava käsimerkki ((EU) N:o 923/2012, 4.1)

Hinaustapahtuman voi pysäyttää kuka tahansa hinaukseen osallistuva henkilö. Hinaus tulee pysäyttää, jos havaitaan lähestyvä vaaratilanne, sattunut vahinko tai muu poikkeava tilanne. Hinausajoneuvon kuljettaja voi pysäyttää tilanteen käyttämällä ajoneuvon omia jarruja ja jarrumiehenä oleva henkilö voi käyttää lentokoneen jarruja (Mäkinieniemi 2025). Estepukkimies voi pysäyttää hinaustapahtuman heittämällä estepukit renkaan eteen. Varoittajat ja muut hinaustapahtumaan osallistuvat henkilöt voivat pysäyttää tilanteen huutamalla ”Seis” tai näyttämällä kuvan 3 mukaista hätäpysäyttämistä osoittavaa käsimerkkiä ((EU) N:o 923/2012, 4.1).

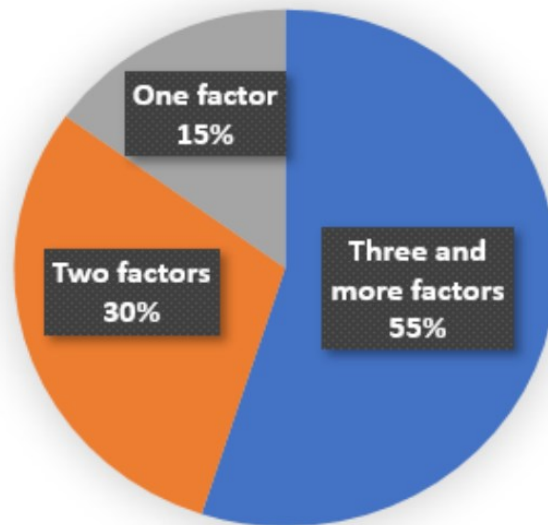
### 3. VAHINKOJEN SYYT

Jaetaan vahinkoihin vaikuttavat tekijät hinaushenkilöstön virheistä, säästä tai kelistä, toiminnan ulkopuolisista tekijöistä tai muista tekijöistä johtuviksi. Hinaushenkilöstön virheellä tarkoitetaan inhimillistä virhettä, jonka joku hinaustapahtumaan osallistuva henkilö tekee. Säästä tai kelistä johtuvalla vahingolla tarkoitetaan sellaista tilannetta, jossa valitseva säätila on suoraan yksin tai yhdessä muiden tekijöiden kanssa aiheuttanut vahingon. Toiminnan ulkopuoliset syyt ovat välittömästi hinaustapahtumaan vaikuttavia syitä, kuten esimerkiksi muut henkilöt ja ajoneuvot.



**Kuva 4.** Hinausvahinkoihin vaikuttavat tekijät (Koniczka & Żak 2020, s. 197)

Kuvassa 4 on jaoteltu vahinkoihin vaikuttavat tekijät kategorioittain. Diagrammin mukaan hinausvahinkojen syntyyn yleisimmin vaikuttanut tekijä on ihmisen tekemä virhe ja toiseksi yleisin tekijä liittyy säähän tai keliin. Yöllä hinaus (engl. *Towing by night*) ja sääolosuhteet (engl. *Atmospheric conditions*) ovat tekijöinä yhteensä noin joka viidennessä vahinkotilanteessa. (Koniczka & Żak 2020, s. 197)

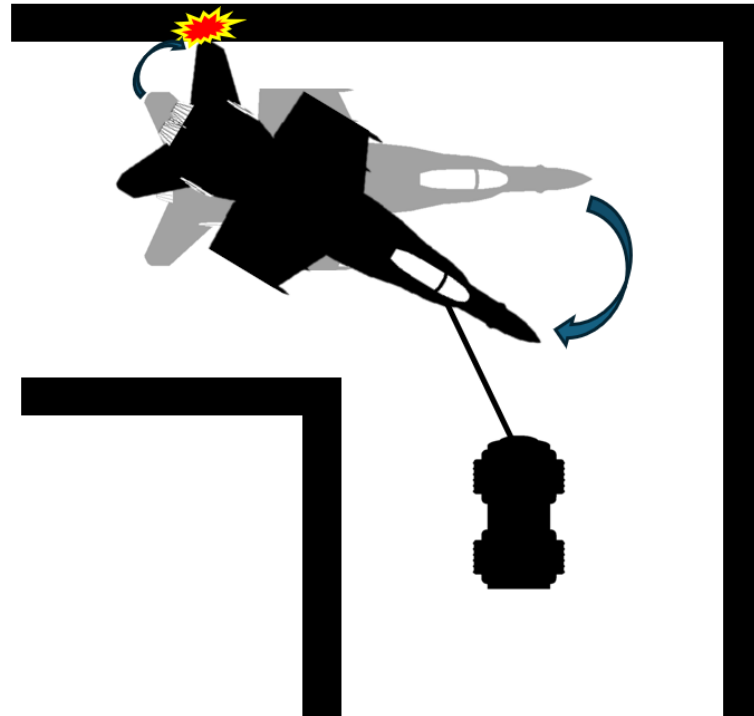


**Kuva 5.** Useampien tekijöiden jakauma vahinkotilanteissa (Konieczka & Žak 2020, s. 198)

Konieczkan & Žakin (2020, s. 198) mukaan suurimmassa osassa vahinkotilanteita syy johtuu useammasta kuin yhdestä tekijästä. Kuvan 5 mukaan 55 %:ssa tekijöitä on kolme tai enemmän. Vajaassa kolmasosassa vahinkotilanteen syyhyn vaikuttavia tekijöitä on kaksi ja vain 15 %:ssa tapauksista vahinko johtuu ainoastaan yhdestä tekijästä. (Konieczka & Žak 2020, s. 198)

### 3.1 Hinaushenkilöstön virheet

Hinaustapahtumaan osallistuvan henkilöstön virheet ovat yleisin tekijä vahinkotilanteille (Konieczka & Žak 2020, s. 197). Kuvan 4 perusteella yleisimmin vahinkotilanteisiin on vaikuttanut maahenkilöstön virheet. Mäkiniemen (2025) mukaan yleisin syy on hinausajoneuvon kuljettajan havainnointi- tai arviointivirhe. Myös estevarottajien virheet ovat olleet tekijöinä vahinkotilanteissa.



**Kuva 6.** Peräsimen osuma seinään

Karjalan lennostossa havaittiin, että yleisin vahinkotilanne on sellainen, jossa Hornetin korkeusperäsin osuu seinään. Hornetia hinataan yleensä kuvan 6 mukaisesti siivet taitettuna, jolloin käännettäessä uloimman kehän muodostaa korkeusperäsimen kärjen liike. (Mäkiniemi 2025)



**Kuva 7.** Näkymä hinatessa Hornetia

Kuvassa 7 nähdään hinausajoneuvon kuljettajan näkymä hinatessa Hornetia. Moottoreiden ollessa sammuneena hydraulikalla toimivat laskusiivekkeet ovat laskeutuneena peittäen kuljettajan näkymän korkeusperäsimmelle. Tällöin hinausajoneuvon kuljettaja joutuu arvioimaan itse lentokoneen perän liikkeen tai luottamaan estevarottajiin. Peräsimen osuma seinään johtuu yleensä siitä, että hinausajoneuvon kuljettaja arvioi peräsimen liikeradan virheellisesti. (Mäkinieniemi 2025)

Mäkinienemen (2025) mukaan toinen yleinen syy on estevarottajien virheet. Näissä tapauksissa kyse on usein nuorista ja kokemattomista uusista työntekijöistä tai varusmiehistä. Vaara- ja vahinkotilanteissa varoittaja on usein joko itse sijoittunut väärin, ettei näe kaikkia äärimittoja tai hän ei osaa arvioida tilannetta riittävän pitkälle ja pysäyttää hinausta-  
pahtuman liian myöhään. Kokemus on oleellinen tekijä siinä, että estevaroittaja osaa arvioida riittävän aikaisin, miten lentokone liikkuu käänöksissä ja ahtaissa tiloissa. Konieczkan & Žakin (2020, s. 197) mukaan kokemattomuus on tekijänä 8,6 %:ssa ja harjoituksen puute 2,8 %:ssa vahingoista.

### 3.2 Sää tai keli vaikuttavana tekijänä

Toiseksi yleisin tekijä vahinkotilanteissa on sää tai keli. Yöllä hinaus on tekijänä 11,4 %:ssa vahinkotilanteista. (Konieczka & Žak 2020, s. 197). Yöllä merkittävää haittaa aiheuttaa pimeys. Lentokoneiden siiven kärjistä löytyy usein navigointivalot (engl. *Navigation lights*), mutta ei välttämättä kunnollisia ympäristöä valaisevia valaisimia. Valaisimien puute aiheuttaa sen, ettei ympäröiviä esteitä, kuten seiniä välttämättä havaita tai niiden etäisyys arvioidaan virheellisesti.

Sääolosuhteet ovat tekijöinä 8,6 %:ssa vahinkotilanteista (Konieczka & Žak 2020, s. 197). Suomen olosuhteissa merkittävää haittaa aiheuttaa talvisin liukkaus. Mikäli lentokone hinataan lämpimästä hallista jäiselle pinnalle, lämpimät renkaat voivat sulattaa jään pintaa laskien renkaan ja jään välistä kitkakerrointa äkillisesti (Zhang et al. 2018). Kitkakerroimen äkillinen lasku kaltevalla pinnalla voi johtaa siihen, että lentokone lähtee tahattomasti liukumaan alamäkeen.

Muita säästä tai kelistä johtuvia tekijöitä voi olla esimerkiksi sade, lumisade tai sumu, jotka haittaavat näkyvyyttä. Näkyvyyden heiketessä hinaushenkilöstö ei välttämättä huomaa esteitä

### 3.3 Toiminnan ulkopuoliset tekijät

Kolmanneksi yleisimmin vahinkotilanteessa on ollut mukana toiminnan ulkopuolinen tekijä. Toiminnan ulkopuolisia tekijöitä ovat esimerkiksi lähellä olevat muut lentokoneet, joiden osuus vahingoista on 8,6 % ja muut esteet, joiden osuus vahingoista on 2,8 %. (Konieczka & Żak 2020, s. 197)

Muiden lentokoneiden kanssa tapahtuvia vahinkoja voivat olla esimerkiksi rullaavan lentokoneen törmäys hinattavaan lentokoneeseen tai hinauksessa olevien lentokoneiden törmäys. Tällaisissa tapauksissa oletettavasti usein esiintyy myös jokin muu tekijä, kuten esimerkiksi heikko näkyvyys tai liukkaus.

### 3.4 Muut tekijät

Muut tekijät voivat liittyä puutteelliseen tai epäselvään ohjeistukseen, alustan kaltevuuteen, soveltumattomaan kalustoon tai lentokoneen teknisiin seikkoihin (Konieczka & Żak 2020, Mäkinieniemi 2025).

Hornet-mallien väliset erot vaikuttavat hinauskäytäntöihin. F/A-18C Hornet -mallissa (HNC) lentokoneen korkein kohta on sen sivuperäsin, jonka korkeus on 4,67 metriä (Finnish Air Force Aircraft Fact Sheet 2018). F/A-18D Hornet -malli (HND) on saman lentokoneen kaksipaikkainen malli, jonka korkein kohta on sen kuomun etureuna, mikäli se on avattuna. Hinauksessa on otettava huomioon, että HND:tä hinattaessa kuomu auki ei välttämättä pääse samoista paikoista, kuin HNC:tä hinatessa.

Korkeus ei myöskään ole täysin vakio. Korkeus riippuu renkaiden ja iskunvaimentimien paineistuksesta sekä lentokoneen kuormasta, kuten polttoaineesta tai ripustuksista. Ahtaissa tiloissa on merkitystä jopa senteillä. Huoltoa varten on voitu työntää lentokone sisään, jonka siipi on juuri ylittänyt jonkin esteen, kuten esimerkiksi työkaluvaunun. Huollossa lentokone on voitu vaikkapa tankata, jolloin sen korkeus on laskenut muutamalla sentillä. Tällöin sen siipi ei välttämättä enää ylitäkään samaa estettä.

## 4. VAHINKOJEN ENNALTAEHKÄISY

Lentokoneiden vaurioiden korjaaminen on kallista ja lentokone on pois käytöstä näiden toimien ajan. Ennaltaehkäisemällä vahinkotilanteita voidaan välttää yllättäviä kaluston menetyksiä.

### 4.1 Koulutus

Ihmisen toimintaan voidaan vaikuttaa kouluttamalla. Kouluttaminen on olennaista uuden henkilön aloittaessa tehtävässä. Koulutus voidaan jakaa teoriaosuuteen ja käytännön osuuteen.

Koulutuksen teoriaosuus tulee pitää sisällään sellaisia asioita, jotka ovat olennaisia käytännön oppimisen kannalta ja asioita, joiden sisällyttäminen käytännön harjoitteluun ei ole tarkoituksenmukaista. Teoriaosuuden kannattaa pitää sisällään hinauksen taustoja, tapoja ja käytäntöjä, ohjeita ja määräyksiä sekä toiminnan riskejä. Koulutuksen tueksi voidaan esittää esimerkkitalanteita oikein suoritettavasta hinaustoiminnasta sekä vältettävistä vahinkotilanteista. Teoriakoulutuksessa myös korostetaan lentokoneiden arvoa, jotta koulutettava henkilö saa oikean asenteen kalliiden lentokoneiden liikuttamiseen. Onnistuneen teoriakoulutuksen jälkeen koulutetulla on riittävä osaaminen ja oikea asenne käytännön osuuteen siirtymistä varten.

Käytännön koulutus aloitetaan helpoilla rutiininomaisilla suorituksilla. Koko käytännön koulutuksen ajan käytetään oikeaa kalustoa tai sitä muistuttavaa harjoituskalustoa. Oleellista on saada riittävät motoriset taidot, joita tarvitsee tarkkaavaisuutta ja taitoa vaativissa tilanteissa. Motoristen taitojen tueksi harjoittelun tulee sisältää riittävästi toistoja, mutta myös epätavallisia tilanteita ja häiriöitä. Palautteelle on varattava riittävästi aikaa ja se on annettava mahdollisimman pian suorituksen jälkeen. (Lee et al. 1991)

Koulutetulle henkilöstölle pidetään kertauksia riittävän usein. Kertauskoulutuksissa käsitellään perusteet, mutta rutiininomaisia suorituksia ei ole järkevää kerrata, sillä henkilöstö tekee niitä muutenkin säännöllisesti. Koulutukseen sisällytetään epätavalliset tilanteet ja häiriötilanteet, jotka tukevat motoristen taitojen ylläpitoa sekä tarvittaessa teoriaosuus, jonka tarkoituksena on kerrata ohjeita ja määräyksiä sekä ylläpitää oikeaa asennetta.

## 4.2 Ohjeet

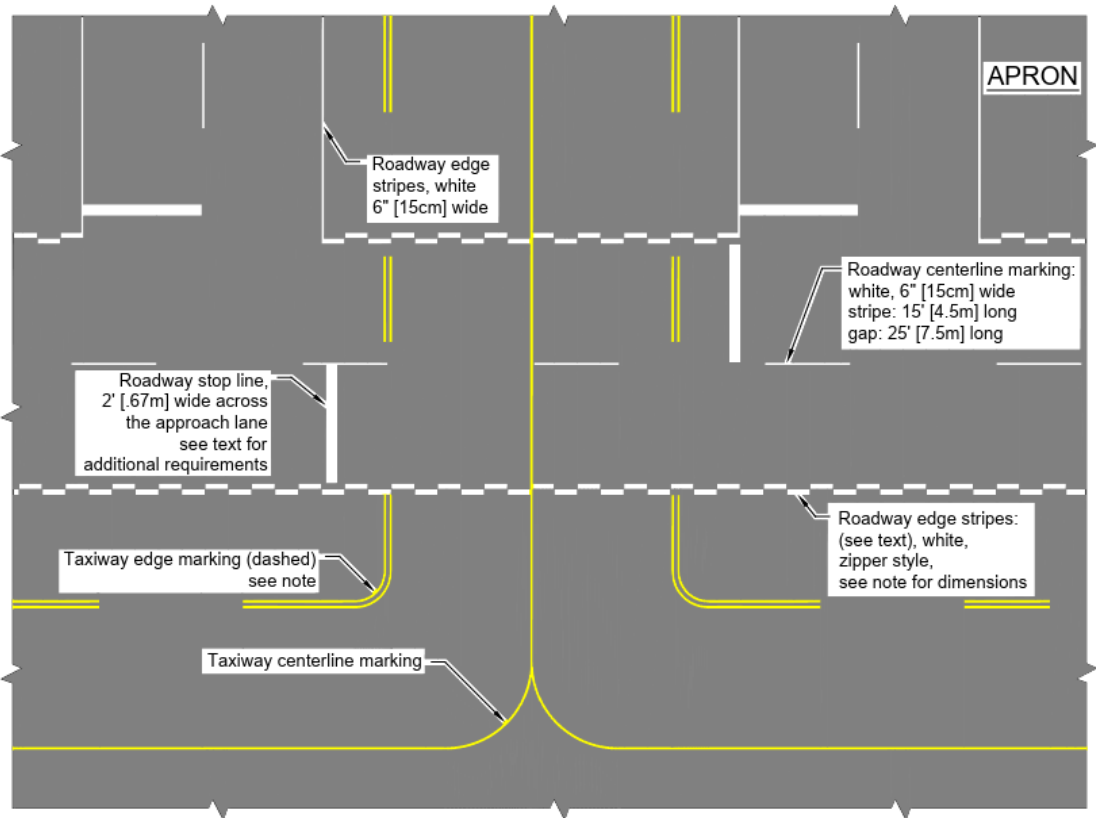
Määräyksissä huomioidaan rajoitteet ja riittävät marginaalit turvallisuudelle toiminnalle. Määräysten rajoitteissa tulee huomioida mahdolliset olosuhteet, jotka pitävät sisällään kelin, sääolosuhteet, toiminta-alueen ja sen turvamarginaalit. Ahtaissa tiloissa liikuttaessa tulee jättää riittävästi tilaa virheitä tai odottamattomia tilanteita varten. Määräyksillä myös määritellään, ketkä saavat olla mukana toiminnassa ja minkälaisella koulutuksella.

Tila- tai aluekohtaisissa ohjeissa tulee huomioida tapahtumaympäristön erityispiirteet. Voi olla esimerkiksi oleellista, että nosto-ovet avataan täysin auki, kun lentokonetta hirtataan halliin tai sieltä pois. HND-mallissa on myös tärkeää pitää kiinni matalissa paikoissa liikuttaessa.

## 4.3 Merkinnät

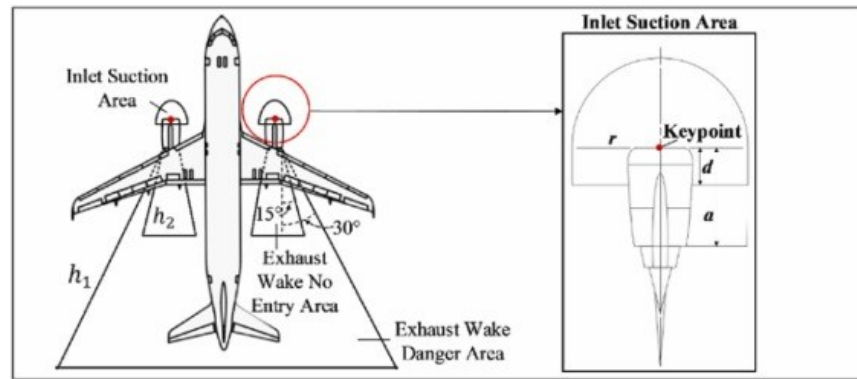
Ympäristössä tai kalustossa olevilla merkinnöillä voidaan tiedottaa toiminnan erityispiirteistä tai muistuttaa oleellisista asioista. Merkintöjen tarkoitus voi olla ohjata, varoittaa tai muistuttaa henkilöstöä. Merkinnät voi olla toteutettu teippauksin, maalauksin tai käyttäen elektronisia menetelmiä, kuten valoja tai äänimerkkejä.

Matalissa tiloissa on tarkoituksenmukaista varoittaa matalasta korkeudesta ja merkitä tilan matalin korkeus. Tämä on oleellista, jotta tiedetään, mahtuuko lentokone tilaan tai onko sillä jotain rajoitteita tilaan pääsyssä. Ahtaissa tiloissa voi olla järkevä kertoa ja varoittaa myös muista rajoittavista mitoista, kuten leveydestä tai pituudesta.



**Kuva 8.** Lentokoneiden ja ajoneuvojen kulkureittien merkitseminen (AC 150/5340-1M 2019)

Maahan voidaan tehdä merkintöjä, jotka ilmaisevat lentokoneiden, ihmisten ja ajoneuvojen kulkureitit. Kuvassa 8 on esitetty AC 150/530-1M (2019) -standardin mukaiset merkinnät lentokoneiden rullausreiteille (engl. *Taxiway*) ja ajoneuvoväylille (engl. *Roadway*). Lentokoneiden rullausreittien merkinnöissä on jatkuva yksinkertainen keltainen viiva osoittamassa rullaustien keskiliinjaa (engl. *Taxiway centerline*). Keltainen kaksinkertainen katkoviiva osoittaa rullaustien reunat (engl. *Taxiway edge*). Ajoneuvoväylillä käytetään yksinkertaista valkoista katkoviivaa keskiliinän merkinnäksi, valkoista yhtenäistä tai vetoketjutyylisiä viivoja reunojen merkinnöiksi ja paksua valkoista yhtenäistä viivaa pysäytysviivaksi riittävän turvaetäisyyden päähän rullausreitien ylityspaikasta. Rullausreitit ja ajoneuvoväylät sijoitetaan riittävien etäisyyksien päähän toisistaan, jotta saadaan toteutettua turvamarginaalit.



**Kuva 9.** Lentokoneen suihkuvirtauksen vaara-alueet (Zhang et al. 2024)

Merkintöjä voidaan käyttää myös rajaamaan irtaimiston säilytysalueet sekä osoittamaan pysäköityjen ajoneuvojen ja lentokoneiden paikat. Pysäköidyille lentokoneille voidaan rajata vaara- (engl. *Exhaust Wake Danger Area*) ja kieltoalueet (engl. *Exhaust Wake No Entry Area*) (kuva 9), joilla on lentokoneen moottorin imu- tai suihkuvirtauksen aiheuttama turvallisuusriski.

#### 4.4 Kalusto

Hinaukseen käytettävältä kalustolta vaaditaan riittävä massa sekä moottorin ja jarrujen tuottama riittävä teho. Olennaista on se, että tavallisissa olosuhteissa hinausajoneuvo liikuttaa lentokonetta eikä toisinpäin. Ajoneuvon pitää kyetä pysähtymään ja lähtemään liikkeelle sekä ohjaamaan hinattavan lentokoneen suuntaa myös kaltevilla ja hieman epätasaisilla alustoilla. Liukkautta varten ajoneuvo on varusteltava riittävän pitävillä renkailla.

Käytettävä kalusto sovitetaan hinaustapahtuman mukaan. Ahtaissa sisätiloissa käytetään lähtökohtaisesti hinaustraktoria, koska sillä on helpompi ajaa tarkasti (Mäkinieniemi 2025). Ulkotiloissa hinaus tehdään usein käyttäen hinausaisaa, koska silloin voidaan käyttää hinausajoneuvona ajoneuvoa, johon sää ei vaikuta niin suuresti ja joka kulkee myös tarvittaessa maasto-olosuhteissa. Esimerkiksi talvisin maastokelpoisuudesta voi olla hyötyä lumessa ajettaessa.

Koska pimeys esiintyy yli kymmenyksessä vahinkotilanteista, kalustoon on syytä asentaa riittävät valaistuslaitteet (Konieczka & Žak 2020, s. 197). Valoja tulee olla riittävästi, jotta vältetään varjoilta ja valaisemattomilta alueilta. Valoja asennettaessa on huomioitava lentokoneen eri asennot hinausajoneuvon nähden. Myös hinausaisaan voidaan asentaa merkkivalot tai -heijastimet, sillä sen havaitseminen pimeällä voi olla haasteellista. Hinausaisaan asennon tunteminen on oleellista, koska sillä ohjataan lentokoneen suuntaa työnnettäessä sitä perä edellä (Mäkinieniemi 2025).

## 5. YHTEENVETO

Tässä työssä tarkasteltiin lentokoneita hinattaessa tapahtuvien vahinkojen tekijöitä ja keinoja niiden ennaltaehkäisyyn. Tutkimus toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa käytettiin olemassa olevaa aineistoa ja ammattilaisten lausuntoja.

Hinauksen erityispiirteet, jotka ovat lentokoneiden suuri koko, rajoitettu näkyvyys ja ahtaat toimintaympäristöt, muodostavat merkittäviä riskejä, jotka voivat johtaa vaurioihin. Työ perustuu Karjalan lennostossa havaittuun tarpeeseen vähentää toistuvia vahinkotilanteita, joissa lentokone on vaurioitunut törmäyksen seurauksena.

Työssä selvitettiin vahinkojen taustatekijät ja jaettiin ne pääryhmiin: hinaushenkilöstön virheet, sää- ja keliolosuhteet, toiminnan ulkopuoliset tekijät ja muut tekijät. Työssä tunnistettiin riskit, jotka liittyvät näihin tekijöihin. Yleisimpänä tekijänä vahinkotilanteissa on ihmisen toiminta.

Tunnistettujen riskien perusteella selvitettiin keinoja ennaltaehkäistä vahinkojen syntyä. Ennaltaehkäisykeinoja jaettiin pääryhmiin: koulutus, ohjeet ja määräykset, merkinnät ja kalusto.

Sopivana jatkotutkimuskohteena ovat koulutuksen sisältö ja koulutusmenetelmät, joilla voidaan vähentää ihmisen toiminnasta aiheutuvia riskejä.

## LÄHTEET

AC 150/5340-1M (2019). Standards for Airport Markings. Federal Aviation Administration. Päivitetty: 10.5.2019. Saatavissa (viitattu 18.11.2025): [https://www.faa.gov/airports/resources/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150\\_5340-1](https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150_5340-1)

AFSP-02, Edition B (2025). Aircraft Marshalling Signals. Nato Standardization Office (NSO).

A1-F18AC-NFM-000 (2007). NATOPS FLIGHT MANUAL NAVY MODEL F/A-18A/B/C/D 161353 AND UP AIRCRAFT. Public Intelligence (US). Saatavissa: <https://info.publicintelligence.net/F18-ABCD-000.pdf>

Finnish Air Force Aircraft Fact Sheet (2018). Boeing F/A-18C and F/A-18D Hornet. Ilmavoimat. Päivitetty: 1/2018. Saatavissa (viitattu 17.11.2025): [https://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016308/Finnish+Air+Force+Fact+Sheet+-+FA-18CD+Hornet+\(JAN+18\).pdf](https://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016308/Finnish+Air+Force+Fact+Sheet+-+FA-18CD+Hornet+(JAN+18).pdf)

Frings, C. & Cros, C. (2011). Method for Towing Airplanes. European Patent Office. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20110803&DB=EPODOC&CC=EP&NR=2349841A2>

Mäkinieniemi, T. (2025). Lausunto. Karjalan lennosto.

Konieczka, R. & Żak, J. (2020). Identification and Prevention of Safety Hazards During Towing of Large Airplanes. In Journal of KONBiN. Warsaw: Sciendo. Vol.50(3), pp. 193–202.

Kromphart, B. D. (2014). Aircraft ground damage and the use of predictive models to estimate costs. In Long Beach ProQuest Dissertations & Theses. California State University.

Lee, T. et al. (1991). What Is Repeated in a Repetition? Effects of Practice Conditions on Motor Skill Acquisition. In Physical therapy. ALEXANDRIA: American Physical Therapy Association. Vol.71(2), pp. 150–156.

Lentotekninen maapalveluohje MAPO (2001). Puolustusvoimien logistiikkalaitos, Ilmajärjestelmäosasto.

SKYbrary (ei pvm. a). Aircraft Towing. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://skybrary.aero/articles/aircraft-towing>

SKYbrary (ei pvm. b). Pushback. Saatavissa (viitattu 21.10.2025):  
<https://skybrary.aero/articles/pushback>

STANAG 3117, Edition 10 (2025). Standardization Agreement. Aircraft Marshalling Signals. Nato Standardization Office (NSO).

Tilastokeskus (ei pvm.). Käsitteet: Lentokone. StatFin. Saatavissa (viitattu 20.12.2025):  
<https://stat.fi/meta/kas/lentokone.html>

Zhang, T. et al (2024). Aircraft engine danger areas incursion detection using keypoint detection and IoT. In Alexandria engineering journal. AMSTERDAM: Elsevier B.V. Vol.93, pp. 7–21.

Zhang, Y. et al. (2018). Experimental study on friction coefficients between tire tread rubber and ice. In AIP advances. MELVILLE: Amer Inst Physics. Vol.8(7), pp. 075005–075005-9.

(EU) N:o 923/2012 (2012). KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOASETUS (EU) N:o 923/2012 yhteisistä lentosäännöistä, lennonvarmistuspalveluja ja -menetelmiä koskevista operatiivisista säännöksistä sekä täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 1035/2011 ja asetusten (EY) N:o 1265/2007, (EY) N:o 1794/2006, (EY) N:o 730/2006, (EY) N:o 1033/2006 ja (EU) N:o 255/2010 muuttamisesta. Saatavissa (viitattu 21.10.2025):  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02012R0923-20250501&qid=1751549805895>