

Toni Martikainen

# Helsinki-Vantaan lentoaseman valaisinjärjestelmien mittaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

18.5.2013

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Toni Martikainen Helsinki-Vantaan lentoaseman valaisinjärjestelmien mittaukset 40 sivua + 1 liitettä 18.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	mittaustyönjohtaja Markku Hämäläinen yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli perehtyä mittaajan työskentelyyn lentoasemaympäristössä sekä tutustua Helsinki-Vantaan lentoaseman valaisinjärjestelmien suunnitteluun ja rakentamiseen.</p> <p>Lentoasemalla valaisinjärjestelmiä käytetään lentokoneiden ohjeistukseen. Lennonjohto voi halutessaan ohjata lentokoneen rullaamaan tiettyä reittiä pitkin sytyttämällä valaisimia, joita lentokone voi seurata. Valaisimilta vaaditaan suurta sijaintitarkkuutta, näihin liittyvät mittaukset ovat siksi vaativia työtehtäviä.</p> <p>Työn alussa perehdytään työskentelyyn lentoasemalla, siellä liikkumiseen, tarvittaviin lupiin ja yleisiin sääntöihin. Työn keskeisimmässä osassa tutustuttiin valaisinjärjestelmien suunnitteluun ja rakentamiseen. Tässä osassa käytettiin paljon hyödyksi haastatteluita, näin saatiin eri työvaiheiden tekijöiden omat huomiot ja mielipiteet dokumentoitua. Työn loppuosassa mietittiin mahdollisia ongelmakohtia tässä suunnittelu- ja rakennusprosessissa. Tämän jälkeen ongelmiin yritettiin löytää ratkaisuja ja parannuksia. Työn lopussa esitellään myös lyhyesti yksi työmaakohde. Sillä haluttiin luoda lukijalle kuva siitä, millaisessa suuruusluokassa maanrakennus- ja päällystystöitä Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehdään.</p> <p>Tämä insinööri työ toimii hyvänä perehdytysvälineenä uusille työntekijöille. Se antaa kattavan kuvan siitä, mitä työskentely lentoasemalla vaatii ja millaisia mittauksellisia menetelmiä Helsinki-Vantaan lentoasemalla käytetään. Työn aikana tehtyjen haastattelujen ja omien havaintojen pohjalta löydettiin useita ongelmakohtia. Tässä työssä esitettyjen ratkaisujen toteuttaminen parantaisi Helsinki-Vantaan lentoaseman mittaustoiminnan tehokkuutta ja laatua. Kokonaisten projektien kustannustehokkuutta ja laatua voitaisiin tämän työn perusteella parantaa panostamalla mittaustoimintaan.</p>	
Avainsanat	maanmittaus, lentoasema, valaisinjärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	Toni Martikainen Measurements of Helsinki-Vantaa Airport Light-system 40 pages + 1 appendices 18 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Markku Hämäläinen, Land Surveying Party Chief Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The objective of this final year project was to study what it takes for a surveyor to work in an airport-environment. The other objective was to study the planning and building of the airport light-system at Helsinki-Vantaa airport.</p> <p>Initially, the emphasis of the study is on working at an airport, the necessary permits and the general rules. A step by step study of the planning and building of the light-system is included in the main part of the project. In this part interviews of professionals were used to get their observations of the building process included in the study. In the later part of the project, the problems of the building and planning process are considered. After that some, solutions and improvements proposals are presented. The last part of the project is a presentation of a jobsite at Helsinki-Vantaa airport. The presentation helps to understand the magnitude in which earth work and asphalt paving are made.</p> <p>This final year project works as a good introduction for new employees. It gives a comprehensive view on what is to expect when working at an airport. This project showed that there are problems in the process of building the light-system. Solving these problems would increase the cost-efficiency and improve the quality of the whole project.</p>	
Keywords	land surveying, airport, light -system

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Helsinki-Vantaan lentoasema	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Historia	2
2.3	Kenttäalueen rakenne	2
2.3.1	Terminaalit ja kiitotiet	2
2.3.2	Rullaustiet ja asematasot	3
2.4	Finavia	4
2.4.1	Yleistä	4
2.4.2	Toiminta	4
2.5	Kenttäalueella liikkuminen ja työskentely	4
2.5.1	Kulkuluvat	5
2.5.2	Ajoluvat ja liikkumissäännöt	6
2.5.3	Liikennesäännöt	7
2.5.4	Opasteet	7
2.5.5	Liikennealue	8
2.5.6	Radiopuhelinliikennöinti	9
2.5.7	Muita yleisiä sääntöjä	11
3	Yleistä Helsinki-Vantaan lentoaseman valaisinjärjestelmistä	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Esimerkkejä erityyppisistä valaisinjärjestelmistä	11
3.2.1	Rullaustien keskilinjavalot	12
3.2.2	Kiitotien keskilinjavalaisimet	12
3.2.3	Rullaustien reunavalaisimet	12
3.3	Määrät ja kustannukset	13
4	Suunnittelu	13
4.1	Suunnittelija	13

4.2	Suunnitteluprosessi	13
4.3	Suunnittelun säännöt ja ohjeet	14
4.4	Historia ja kehitys	14
5	Asennus ja kartoitus	17
5.1	Yleistä	17
5.2	Asfaltointi	17
5.3	Rosteriputkien asennus	18
5.4	Rosteriputkien peittäminen	19
5.5	Lamppujen poraus	20
5.6	Valaisinten asennus	22
5.7	Valaisinten kartoitus	23
6	Mittausmenetelmät ja tarkkuusvaatimukset	24
6.1	Yleistä	24
6.2	Vaatimukset	24
6.3	Käytetyt menetelmät	25
6.3.1	Kalusto	25
6.3.2	Orientointi	25
6.3.3	Rosteriputkien merkintä ja kartoitus	26
6.3.4	Valaisinten merkintä ja kartoitus	27
7	Virhelähteet	28
7.1	Mittauksesta johtuvat	28
7.2	Porauksesta ja valaisimen asennuksesta johtuvat virheet	29
7.3	Kokonaisvirheet	29
8	Ongelmakohdat	29

8.1	Yleistä	29
8.2	Kiire	30
8.3	Runkopisteet	30
8.4	Suunnitelmat	31
8.5	Mittamiesten määrä ja ammattitaito	31
9	Ratkaisuja	32
9.1	Yleistä	32
9.2	Kiire	32
9.3	Runkopisteet	33
9.4	Suunnitelmat	33
9.5	Mittaajien määrä ja ammattitaito	34
10	Etäjäänpoistoalue 04R	34
10.1	Yleistä	34
10.2	Tarve	35
10.3	Käyttötarkoitus	35
10.4	Rakentaminen	36
10.5	Kustannukset	37
11	Yhteenveto	37
	Lähteet	39

Liite 1. Rullaustie G:n keskilinjavälisinten koordinaattierot

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa uusien työntekijöiden perehdyttämistä työskentelyyn mittaustehtävissä Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Tavoitteena oli, että uuden työntekijän luettua tämä insinööriyö hänellä on kohtalainen käsitys siitä, mitä työskentely lentoasemalla vaatii. Työssä tutustuttiin Helsinki-Vantaan lentoasemaan ja sen erilaisiin lupakäytäntöihin. Tässä työssä tehdään myös selkoa siitä, kuinka ja miten lentoasemalla voi liikkua ja missä voidaan milloinkin työskennellä. Tämän työn tarkoitus ei ollut opettaa kenestäkään mittaajaa, vaan tarkoitus oli keskittyä yhteen erikoisalueeseen, johon ei juuri muualla törmää. Tässä työssä perehdytään Helsinki-Vantaan valaisinjärjestelmiin, niiden rakentamiseen ja suunnitteluun. Tarkoitus oli selvittää ja selvittää toimintatapoja, joita käytettiin ja jotka olivat hyväksi havaittuja. Näiden asioiden käsittelyssä käytettiin paljon kuvia, jotka toivottavasti helpottivat asian ymmärtämistä. Työn tarkoituksena oli myös yrittää löytää tässä prosessissa asioita, joita voisi tehdä vielä paremmin. Näiden ongelmakohtien ratkaisemiseksi tuodaan esiin omia ideoita, jotka voisivat parantaa työnteon laatua ja sujuvuutta. Helsinki-Vantaalla suoritetaan myös paljon muita mittaustehtäviä, mutta ne ovat luonteeltaan enemmän tavallisia maastomittaustehtäviä, joten niitä ei tässä työssä käsitellä.

Tässä työssä käytettiin lähteinä paljon keskusteluja ja haastatteluja. Haastateltavat olivat olleet näitä töitä tekemässä jo useamman vuoden. Tämä oli työn tekijän mielestä paras ratkaisu, koska mitään kirjoitettuja teoksia ei tästä aiheesta löydy. Kirjoitin myös omia näkemyksiä ja havaintoja, joita olen vuosien aikana tehnyt. Olen ollut kesätoissa näitä töitä tekemässä vuosina 2008 ja 2010. Keväällä 2011 ryhdyin tekemään näitä töitä vakituisesti. Koen omaavani sellaisen kokemuksen näistä asioista, että pystyn kirjoittamaan niin, että en tukeutunut joka asiassa ulkopuoliseen lähteeseen.

## 2 Helsinki-Vantaan lentoasema

### 2.1 Yleistä

Helsinki-Vantaan lentoasema on Suomen suurin ja vilkkain lentoasema. Noin 90 % Suomen kansainvälisestä lentoliikenteestä kulkee Helsinki-Vantaan kautta.

Maantieteellisen sijaintinsa takia Helsinki-Vantaa on erinomainen kauttakulkukohde Euroopan ja Aasian välillä. Lähtöjä on päivässä noin 300 ja suoria lentokohteita 130. Tämä tekee Helsinki-Vantaasta Pohjois-Euroopan johtavan kaukoliikennekentän. Vuonna 2010 matkustajia oli kaikkiaan 12,9 miljoonaa ja laskeutumisia 88 500. Työntekijöitä lentoasemalla on noin 20 000, ja he työskentelevät 1 500 eri yrityksessä. Helsinki-Vantaata käyttää yhteensä 33 eri lentoyhtiötä. Helsinki-Vantaa on vuosien varrella valittu monta kertaa erilaisissa tutkimuksissa Euroopan ja maailman parhaiden lentoasemien joukkoon. [1; 2.]

## 2.2 Historia

Helsingin lentoasema avattiin vuonna 1952 juuri ennen Helsingin olympialaisia. Olympialaisten aikana lennettiin noin 1700 lentoa. Vuonna 1956 valmistui toinen kiitotie. Vakituinen suihkoneliikenne alkoi 1959. Kymmenen vuotta myöhemmin valmistui uusi terminaali. Vuonna 1977 otettiin käyttöön lentoaseman nykyinen nimi Helsinki-Vantaa. Uusi kotimaanlentoja varten rakennettu terminaali valmistui 1993. Vuonna 2000 lentoasema ylitti ensimmäisen kerran 10 miljoonan matkustajan rajan. Marraskuussa 2002 otettiin käyttöön kolmas kiitotie. Terminaalien jako muuttui vuonna 2009 niin, että ne eivät jakaudu enää määränpään mukaan vaan lentoyhtiöiden perusteella. Vuonna 2014 on suunniteltu avattavaksi junayhteys Helsinki-Vantaalle; tämä tehostaa huomattavasti matkustajien pääsyä lentoasemalle ja lentoasemalta pois. [1; 2.]

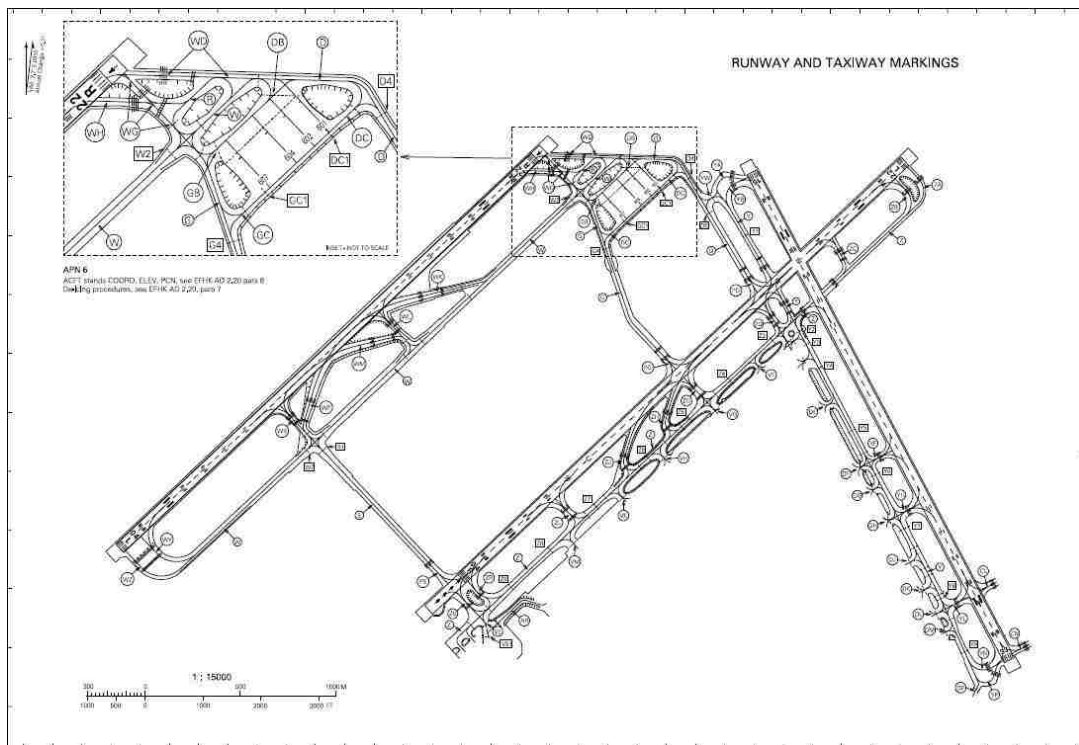
## 2.3 Kenttäalueen rakenne

### 2.3.1 Terminaalit ja kiitotiet

Helsinki-Vantaa koostuu kahdesta terminaalista ja kolmesta kiitotiestä. Terminaalit on nimetty T1:ksi ja T2:ksi. Kiitoteistä käytetään kansankielessä nimiä 1, 2 ja 3 rakennusjärjestyksen mukaan, virallisilta nimiltään kiitotiet ovat 04R/22L, 15/33 ja 04L/22R. Nämä nimitykset tulevat siitä, mihin suuntaan kiitotiet osoittavat. Kiitotie 04R osoittaa suuntaan 47.47°, ja on käytännössä samansuuntainen kiitotie 04L:n kanssa ja sijaitsee oikealla puolella ja on siten saanut lisäkirjaimen R eli oikea. Kiitoteiden leveys on 60 m ja pituudet vaihtelevat välillä 2 901—3 440 m, kiitotien 15 ollessa lyhin ja



kiitotien 04R ollessa pisin. Kuvassa 1 on esitetty kartta lentoliikennealueesta. Kuvassa 1 näkyvät kaikki kiitotiet ja rullaustiet sekä nimitykset näille ja muille erityisille kohteille.



Kuva 1. Helsinki-Vantaan liikennealue [3]

### 2.3.2 Rullaustiet ja asematasot

Terminaalien ja kiitoteiden lisäksi lentoasemalla on asematasoja yhteensä 7 kappaletta sekä rullausteita, jotka yhdistävät asematasot ja kiitotiet toisiinsa. Asematasot ovat lentokoneiden paikoitusalueita. Lentokoneille on olemassa yhteensä 128 eri pysäköintipaikkaa. Näin useaa lentokonetta ei pystytä samanaikaisesti paikoittamaan, koska osa paikoista on toistensa vaihtoehtopaikkoja. Siten lentokone voidaan pysäköidä jompaankumpaan paikkaan, mutta molemmissa ei voi olla lentokonetta samaan aikaan. Paikat valitaan lentokonetyypin ja käyttötarkoituksen mukaan. Rullausteita Helsinki-Vantaalla on yhteensä 6 kappaletta. Ne on nimetty kirjaimin ja ne lausutaan käyttäen englanninkielisiä puheääkkösiä. Rullaustiet ovat Y, D, G, Z, S ja W. Rullausteiden leveys vaihtelee välillä 23—43 m. [4; 5.]

## 2.4 Finavia

### 2.4.1 Yleistä

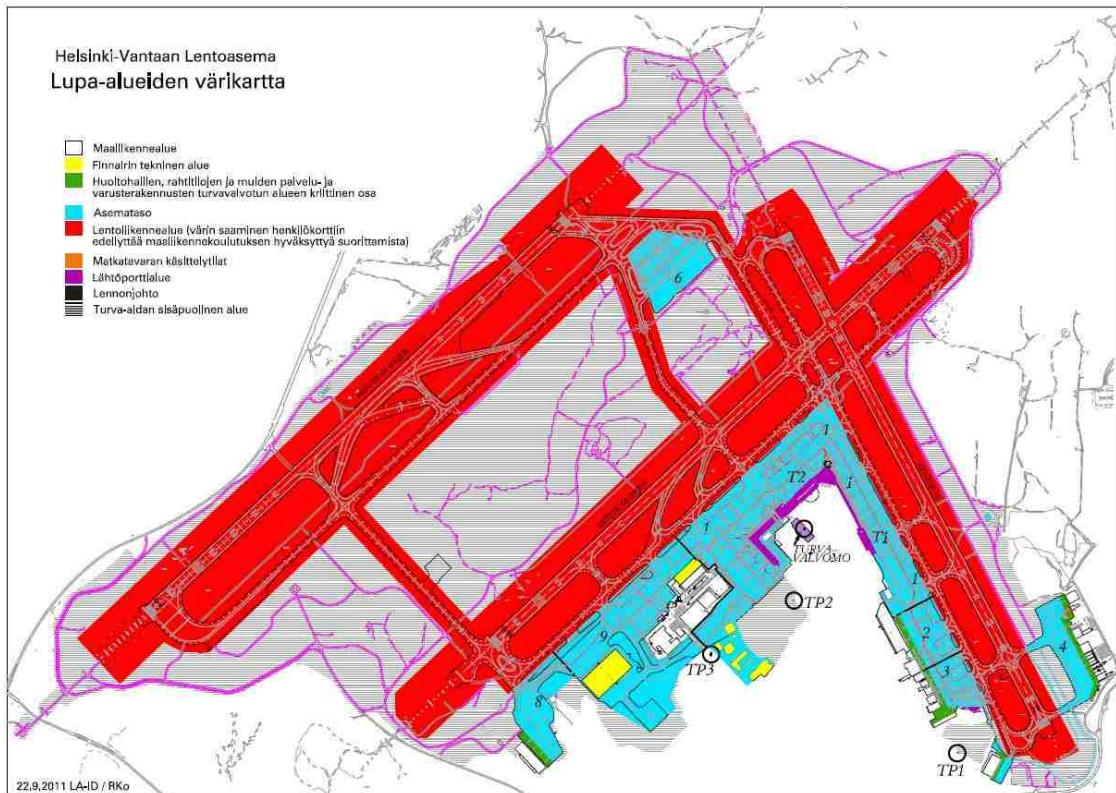
Finavia on Suomen valtion omistama yhtiö. Vuoteen 2010 asti Finavia oli valtion liikelaitos ja tunnettiin nimellä Ilmailulaitos. Yhtiö on perustettu vuonna 1991, ja työntekijöitä sillä oli vuoden 2010 lopussa noin 1 800. Liikevaihto vuonna 2010 oli 318 miljoonaa euroa ja liikevoitto hieman alle 42 miljoonaa euroa. Yhtiön tehtävänä on tuottaa lennonvarmistus- ja lentokenttäpalveluita. [2]

### 2.4.2 Toiminta

Finavia ylläpitää lentoasemia, tarkastaa matkustajat ja matkatavarat, pitää kiitotiet, rullaustiet ja asematasot käyttökuntoisina, varmistaa turvalliset lentoonlähdöt ja laskeutumiset sekä kouluttaa erilaista henkilöstöä. Finavia ylläpitää 25:tä lentoasemaa Suomessa. Finavian asiakkaita ovat niin lentomatkustajat kuin lentoyhtiöt sekä elinkeinoelämä, ja pienissä määrin myös sotilasilmailu. Finavia rahoittaa toimintaansa myymällä palveluitaan edellä mainituille asiakastahoille. [2]

## 2.5 Kenttäalueella liikkuminen ja työskentely

Helsinki-Vantaan lentoasemalla liikkuminen on rajoitettua. Liikkuminen turvalvotulla alueella edellyttää aina asianmukaista lupaa. Lupia on erilaisia, ja niitä myönnetään työtehtävien edellyttämien tarpeiden mukaan. Ajoneuvon kuljettaminen turvalvotulla alueella edellyttää erillistä lupaa ja siihen liittyvän koulutuksen suorittamista. Kaikki henkilöt ja ajoneuvot turvatarkastetaan aina siirryttäessä turvalvotulle alueelle. Luvanvaraisiin alueisiin kuuluvat asematasot, lentoliikennealue (kiitotiet, rullaustiet) sekä näihin liittyvät rakennukset tai rakennusten osat. Myös alueet, joissa asiaton oleskelu voi vaarantaa lentoaseman turvallisuuden, lasketaan turvalvotuksi alueeksi. Näitä kaikkia alueita valvotaan vuorokauden ympäri. Kuvassa 2 esitetään eri alueet omilla väreillään. Turvalvottu alue on esitetty harmaalla värillä, asematasoalueet on esitetty sinisellä. Lentoliikennealue eli rullaustiet ja kiitotiet on esitetty punaisella värillä. Terminaalit näkyvät kuvassa violetilla. [6; 7.]



Kuva 2. Helsinki-Vantaan lupa-alueet [6]

### 2.5.1 Kulkuluvat

Helsinki-Vantaan lentoasemalla työskentelevälle tai siellä säännöllisesti käyvälle voidaan myöntää henkilökortti. Henkilökortti oikeuttaa liikkumaan itsenäisesti siinä ilmoitetuilla alueilla. Henkilökortti on kuvallinen, ja siinä ilmenee henkilön nimi, työnantaja, luvan voimassaoloaika ja liikkumisoikeudet. Lupa on voimassa korkeintaan viisi vuotta kerrallaan. Luvan myöntää lentoaseman yritysturvallisuuspäällikkö. Luvan saaminen kestää muutaman viikon. Lupaa haettaessa lupatoimisto teettää poliisilla suppean turvallisuusselvityksen.

Laki turvallisuusselvityksistä 22 § määrittelee turvallisuusselvityksen seuraavasti.

Suppea turvallisuusselvitys voi perustua vain sellaisiin rekisteritietoihin, jotka sisältyvät poliisiasiain tietojärjestelmään, rikosrekisteriin, oikeushallinnon tietojärjestelmiin syyteharkinnassa olevista tai olleista rikosasioista, tuomiolauselmajärjestelmään taikka pääesikunnan pitämään rikostietorekisteriin tai turvallisuustietorekisteriin.

Sama selvitys tehdään esimerkiksi ydinvoimaloissa työskenteleville.

Pikahuolto- ja vierailijaluvat ovat tarkoitettu henkilöille, joiden oleskelu lentoasemalla on lyhytaikaista. Pikahuoltolupa on tarkoitettu kiireellisten ja lyhytkestoisten työtehtävien suorittamiseen. Lupa on voimassa enintään kaksi viikkoa. Vierailijalupa on nimensä mukaisesti tarkoitettu lentoaseman vierailuja varten ja on voimassa enintään viikon. Molemmat luvat edellyttävät liikkumista isännän seurassa. Isännällä tulee olla voimassaoleva henkilökortti.

Henkilökortin omaavalle henkilölle voidaan myöntää työkalulupa. Työkalulupa vaaditaan, jos turvavalvotulle alueelle haluaa viedä kiellettyjä esineitä tai aineita. Kielletyt esineet on jaettu eri ryhmiin ja lupa voidaan myöntää yhdelle tai useammalle ryhmälle. Esimerkiksi terävät esineet, kuten puukot, ovat yksi ryhmä, ja räjähdysaineet ovat osa toista ryhmää. [6; 8.]

#### 2.5.2 Ajoluvat ja liikkumissäännöt

Ajoneuvolla liikkuminen turvavalvotulla alueella edellyttää, että kuljettajalla on asianmukainen ajolupa. Ajolupa voidaan myöntää eri alueille tai koko alueelle riippuen työtehtävien vaatimuksista. Ajolupa voidaan myöntää, jos hakijalla on voimassaoleva ajokortti, hän on suorittanut vaadittavan maaliikennekoulutuksen ja hänellä on liikkumiseen oikeuttava henkilökortti. Myös ajoneuvot, joilla liikutaan, vaativat oman luvan ajoneuvoluvan. Kaikilla ajoneuvoilla, joilla liikutaan turvavalvotulla alueella, tulee olla ajoneuvolupa. Ajoneuvolupa voidaan myöntää ajoneuville, joka on katsastettu, vakuutettu, varustettu sammuttimella ja varustettu lentoaseman hyväksymällä näkyvällä numerotunnuksella. Jos ajoneuvolla on tarkoitus liikkua myös lentoliikennealueella, se tulee varustaa kaksisuuntaisella radiopuhelimella, jotta yhteydenpito lennonjohtoon on mahdollista. Jos ajoneuvolla liikutaan lentoliikennealueella tai muuten merkittyjen ajoreittien ulkopuolella, siinä tulee olla keltainen kaikkiin suuntiin näkyvä vilkkuva tai pyörivä valo. Luvattomia ajoneuvoja voidaan saattaa tilapäisesti, jos saattajalla on siihen lupa.

Liikennesääntöjä valvotaan turvavalvotulla alueella tiukasti ja rikkomuksiin puututaan herkästi. Lievistä rikkomuksista selviää suullisella tai kirjallisella varoituksella. Vakavammassa tapauksissa kuljettajan ajolupa voidaan peruuttaa määrääjäksi ja hänet

voidaan määrätä myös uusimaan maaliikennekoulutuksensa. Törkeissä tapauksissa kuljettaja voidaan saattaa myös rikosoikeudelliseen käsittelyyn. [9; 10.]

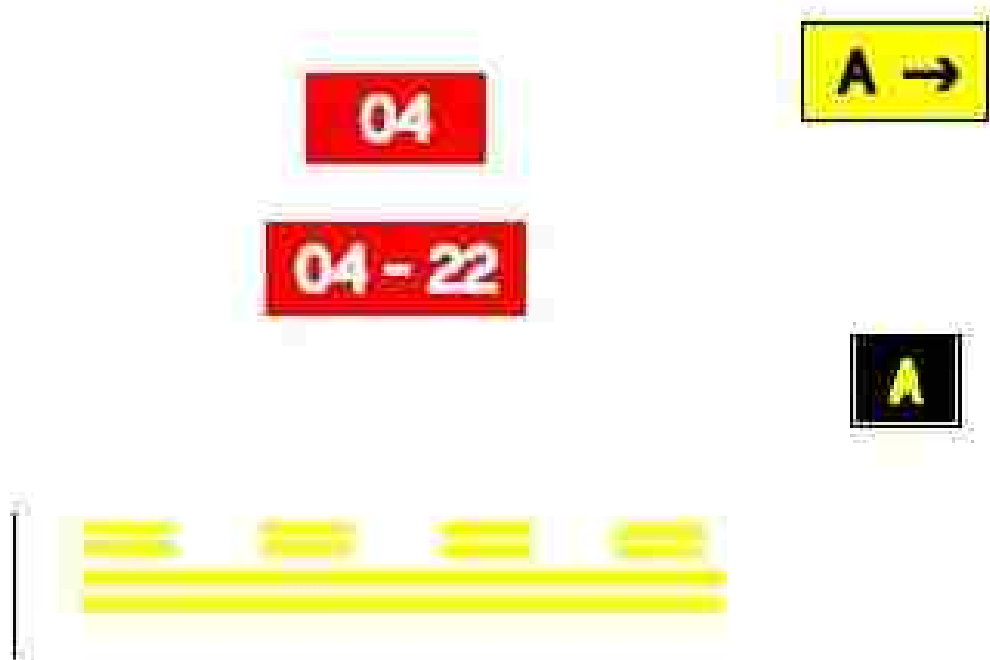
### 2.5.3 Liikennesäännöt

Ensimmäinen ja tärkein sääntö liikuttaessa lentokenttäalueella on se, että lentokonetta tulee aina väistää. Rullaavan ilma-aluksen edestä ajaminen on kiellettyä, jos se voi häiritä ilma-alusta. Rullaavan ilma-aluksen takana ajettaessa on noudatettava riittäviä turvaetäisyyksiä. Turvaetäisyydet riippuvat lentokoneen koosta. Kapearunkoisen lentokoneen ollessa paikallaan ja moottorien käydessä on turvaetäisyys 50 metriä, liikkeessä 75 metriä ja lentoonlätövaiheessa 250 metriä. Laajarunkoisella lentokoneella vastaavat turvaetäisyydet ovat 75 metriä, 125 metriä ja 450 metriä. Helikopteriin tulee jättää turvaetäisyyttä vähintään 50 metriä. Asematasolla nopeusrajoitus on 30 km/h, vastaavasti huoltoteillä nopeusrajoitus on 60 km/h. Rullausteillä ja kiitoteillä ei ole varsinaisia nopeusrajoituksia. Kiitoteillä tulee ajaa ripeästi, jotta oleskeluaika kiitotiellä olisi mahdollisimman lyhyt. Asematasolla ja huoltoteillä liikuttaessa noudatetaan soveltuvin osin normaaleja tieliikennesääntöjä. Poikkeuksia on toki jonkin verran. Niistä voi mainita esimerkkinä sen, että kunnossapidollisia tehtäviä suorittavia ajoneuvoja pitää väistää. [5; 7; 10.]

### 2.5.4 Opasteet

Lentokenttäalueella käytettävät liikennemerkkit ovat pääsääntöisesti tieliikenneasetuksen mukaisia. Liikennemerkkien lisäksi käytetään paljon kylttejä ja maalausmerkintöjä. Kylttien ja maalausmerkintöjen tehtävä on antaa tietoa sijaintipaikasta, estää ilma-aluksia ja ajoneuvoja harhautumasta ja estää luvanvaraisille alueille kulkeutuminen. Kyltit jotka estävät pääsyn jollekin alueelle, ovat taustaväritään punaisia ja teksti on kirjoitettu valkoisella. Näitä kylttejä kutsutaan määrääviksi kylteiksi, kylttejä tehostetaan aina asfalttiin maalaatuilla maalausmerkinnöillä. Kiitotieodotuspaikan kyltit ovat yksi esimerkki määräävistä kylteistä. Kiitotielle ajaminen on täysin kiellettyä ilman lennonjohdon lupaa. Toinen kyltityyppi on niin sanottu informaatiokyltti. Informaatiokyltti antaa tietoa sijainnista tai rullausreitistä. Informaatiokyltit ovat taustaväritään keltaisia, ja teksti on painettu mustalla, pois lukien sijaintia ilmaisevat kyltit, joissa värit ovat päinvastaiset. Kuvassa 3 esitetään esimerkit

näistä kaikista kyltityypeistä. Näiden kylttien lisäksi on olemassa erikoiskylttejä, jotka liittyvät eri tavoin esimerkiksi ilma-alusten navigointiin. [5; 7; 10.]



Kuva 3. Kylttejä ja maalauksia [7]

### 2.5.5 Liikennealue

Liikennealueella tarkoitetaan aluetta, jolla liikkuminen vaatii lennonjohdon luvan. Tämä alue sisältää kiitotiet, rullaustiet ja niiden suoja-alueet. Liikennealueeseen kuuluu myös muita alueita, mutta niitä ei tässä käsitellä. Liikennealueella liikkuvilla tulee olla käytössä päivitetty kartta, johon on merkitty kaikki erilaiset luvanvaraiset alueet. Liikennealuetta valvoo lennonjohto. Lennonjohdon on koko ajan oltava tietoinen liikennealueella liikkuvista ilma-aluksista ja ajoneuvoista sekä siellä suoritettavista töistä. Jokaisella ajoneuvolla pitää olla oma lupa liikkua liikennealueella; tämä ei tosin koske ryhmänä työskenteleviä kunnossapitoajoneuvoja. Saavuttaessa liikennealueen rajalle tulee kuljettajan ottaa radiolla yhteyttä lennonjohtoon ja pyytää lupaa sille liikennealueen osalle, jolla hän aikoo ensimmäiseksi liikkua. Liikkumislupaa koko liikennealueelle ei ole mahdollista saada, vaan lupa myönnetään aina tietylle osalle

kerrallaan. Kun liikennealueelta poistutaan, siitä tulee ilmoittaa lennonjohtoon. Tästä johtuen kaikkien liikennealueella itsenäisesti liikkuvien ajoneuvojen varustukseen kuuluu kaksisuuntainen UHF/VHF-radiovarustus. Radiolaitteiston käyttö vaatii asiaankuuluvan koulutuksen suorittamisen. Kun liikennealueella suoritetaan erilaisia töitä, esimerkiksi maastomittauksia, on siitä ilmoitettava lennonjohdolle. Ilmoituksessa tulee käydä ilmi, missä työt suoritetaan, kauanko työn suorittamiseen on arvioitu kuluvan aikaa ja mikä on mahdollinen poistumisaika. Poistumisajalla tarkoitetaan tässä tapauksessa aikaa, joka tarvitaan lennonjohdon ilmoituksesta siihen, että työt saadaan keskeytettyä ja siirrettyä turvaetäisyydelle ohi rullaavasta ilma-aluksesta. Tätä ei tosin tarvita, jos työt suoritetaan paikassa, joka on riittävällä etäisyydellä ohi rullaavista ilma-aluksista. Lennonjohto voi myöntää luvan työn suorittamiselle, tai se voi ilmoittaa, että työtä ei voi suorittaa juuri nyt siinä paikassa vilkkaan liikenteen tai jonkin muun syyn takia.

Ajoneuvosta poistuttaessa tulee pukeutua näkyvään suojavaatetukseen. Suojavaatetuksen tulee täyttää standardin EN-471 suojausluokan 2 mukaiset vaatimukset. Tämä koskee yhtä lailla asematasolla ja liikennealueella työskenteleviä. Ajoneuvosta saa poistua ainoastaan kuuloetäisyydelle radiopuhelimesta. Tämän vuoksi useaan ajoneuvoon, joilla liikkuvat työntekijät, jotka työskentelevät paljon ajoneuvon ulkopuolella, on asennettu erillinen päälle kytkettävä kaiutin, jolla kuuloetäisyyttä saadaan kasvatettua. Nykyään kaikki ajoneuvot, joilla on lupa liikkua liikennealueella, on varustettu transponderlaitteella. Se on eräänlainen paikannuslaite, jolla lennonjohto pystyy reaaliaikaisesti kuvaruudulta valvomaan kaikkia ajoneuvoja liikennealueella. Tämä lisää turvallisuutta, koska lennonjohtajat näkevät yhdellä silmäyksellä koko liikennealueen näytöltä, eikä heidän tarvitse enää katsella ulos ikkunasta nähdäkseen, missä jokin tietty ajoneuvo liikkuu. Tämä taas helpottaa lennonjohtajien työtä tilanteissa, joissa he joutuvat pyytämään jonkun lopettamaan jonkin työn suorittamiseen ja väistämään ilma-alusta. [5; 7; 10; 11.]

#### 2.5.6 Radiopuhelinliikennöinti

Radiopuhelinliikenteessä tulee käyttää ennalta sovittuja vakioilmaisuja. Tämä on ainoa keino ylläpitää turvallisuus ja välttää väärinkäsitykset. Radiopuhelinliikenteessä tulee puhua rauhallisesti ja selkeästi. Sanottava asia tulee miettiä valmiiksi ennen puhumista. Radiokommunikoinnissa noudatetaan seuraavaa periaatetta, ensin

sanotaan kutsuttavan kutsumerkki, sitten oma kutsumerkki ja tämän jälkeen itse sanoma. Lennonjohdolta saama lupa tai käsky pitää toistaa. Tämä on myös keino, jolla pyritään välttämään mahdolliset väärinkäsitykset. Seuraavassa muutamia esimerkkikeskusteluita ajoneuvon ja lennonjohdon välillä. Kirjaimella A tarkoitetaan ajoneuvoa ja kirjaimella T tornia eli lennonjohtoa.

A: Itätorni, rake 10 viktor sierrassa saanko ajaa rullausteille?

T: Rake 10, aja rullausteille

A: Ajan rullausteille, rake 10

T: Torni

Tässä esimerkissä mittausosaston ajoneuvo R10 on VS:ssa ja pyytää lennonjohdolta lupaa ajaa rullausteille. Ennen luvan pyytämistä R10:n on kytkettävä transponderilaite päälle.

A: Itätorni, rake 10 paikassa P 6, saanko ajaa kiitotielle 04 oikea?

T: Rake 10, aja kiitotielle 04 oikea

A: Ajan kiitotielle 04 oikea, rake 10

T: Torni

R10 on saapunut huoltotiellä kohtaan, joka on nimeltään P6, ja pyytää siitä lupaa lennonjohdolta ajaa kiitotielle 04R.

A: Torni, rake 10 pois kiitotieltä 04 oikea, pois kategoria 2 alueelta ja pois liikennealueelta

T: Rake 10

R10 ilmoittaa lennonjohdolle, että on poistunut kiitotieltä 04R ja liikennealueelta. Lennonjohdon kuittauksen jälkeen R10:n on sammutettava transponderilaite, ja kuljettaja voi halutessaan katkaista radioyhteyden. [5]



### 2.5.7 Muita yleisiä sääntöjä

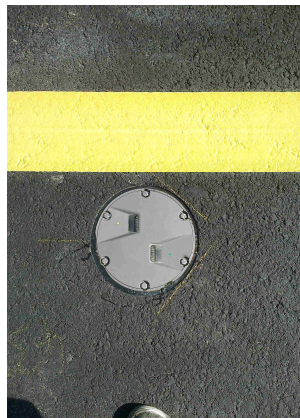
Lentokenttäalueella on voimassa nollatoleranssi alkoholin ja huumeiden suhteen. Ajoneuvoa ei siis saa kuljettaa, jos veren alkoholipitoisuus ylittää 0 ‰. Poliisi suorittaa säännöllisesti puhalluskokeita lentokenttäalueella. Asematasoalueilla on tupakointi ja avotulen teko kielletty, tämä koskee myös ajoneuvojen sisällä tupakointia. Lentokenttäalueella on myös voimassa tieliikenteestä tuttu hands free -pakko, eli matkapuhelimen tai muiden vastaavien laitteiden käyttö on ajon aikana kiellettyä. Tämä sääntö ei päde radiopuhelimen käyttöön, jos sillä ollaan yhteydessä lennonjohtoon. Lentokenttäalueella turvavyön käyttö ei ole pakollista kaikissa ajoneuvoissa, sitä kyllä suositellaan. Pakollista se on ainoastaan niissä työtehtävissä, joissa se on arvioitu tarpeelliseksi. [10]

## 3 Yleistä Helsinki-Vantaan lentoaseman valaisinjärjestelmistä

### 3.1 Yleistä

Helsinki-Vantaan lentokentällä käytetään lukuisia erilaisia valaisinjärjestelmiä. Valaisinten tarkoituksena on eri tavoin ohjeistaa ilma-aluksia ja maa-ajoneuvoja niiden liikkeessä lentokentän alueella, varsinkin pimeään aikaan tai huonon sään vallitessa. Kaikkia valaisinjärjestelmiä ohjataan lennonjohdon toimesta. [12]

### 3.2 Esimerkkejä erityyppisistä valaisinjärjestelmistä



Kuva 4. Rullaustien keskilinjavalaisin

### 3.2.1 Rullaustien keskilinjalavat

Rullaustien keskilinjalavojen tarkoitus on ohjeistaa ilma-aluksia kiitotieltä seisontapaikalle ja toisinpäin. Valaisimet sijoitetaan keskilinjamerkinnän kohdalle ja pituussuunnassa tasaisin välein. Välimatkat ovat suorilla osuuksilla 15 metriä ja kaarteissa 7,5 metriä. Valaisimet rakennetaan niin, että ilma-aluksella voi ajaa valaisimen yli ilman ongelmia. Kuvassa 4 näkyy rullaustien keskilinjalavalaisin. Valaisimen yläpuolella näkyy keskilinjan maalausmerkintä. Valaisinta ja maalausta ei sijoiteta päällekkäin, koska tämä vaikeuttaa ja hidastaa mahdollista korjausmaalausta. [12]

### 3.2.2 Kiitotien keskilinjalavalaisimet

Tarkkuuslähestymiskiitotiellä pitää olla asennettu keskilinjalavalaisimet. Valaisimet sijoitetaan keskilinjalle 15 metrin välein. Valaisinten on tarkoitus ohjata ilma-alusta laskeutumisen ja nousukiidon aikana. Valaisimet rakennetaan samalla tavalla kuin rullaustien keskilinjalavalaisimet. Kiitotien keskilinjalavalaisimet ovat ulkoisesti samanlaisia kuin kuvassa 4 esitetty rullaustien keskilinjalavalaisin. [12]

### 3.2.3 Rullaustien reunavalaisimet



Kuva 5. Rullaustien reunavalaisin

Rullaustien reunavalaisimet osoittavat ilma-aluksille tarkoitetun alueen reunat. Valaisimet sijoitetaan tasaisin välein mutta korkeintaan 60 metrin välein. Valaisimet näyttävät sinistä valoa joka suuntaan. Reunavalaisimet rakennetaan

keskilinjavalaisimista poiketen niin, että niiden päältä ei voi ajaa ilman että ne menevät rikki. Reunavalaisimet ovat noin 35 senttimetriä korkeita, ja itse valaisin sijaitsee pienen varren päässä. Kuvassa 5 näkyy itse valaisin ja varsiosa. [12]

### 3.3 Määrät ja kustannukset

Helsinki-Vantaan lentoasemalla valoja on kaikkiaan noin 10 000 kappaletta. Lampuissa käytetään lähes poikkeuksetta halogeenivalaisimia, jotka ovat teholtaan 35—200 W. Huonon sään ja näkyvyyden vallitessa voi Helsinki-Vantaan lentoasemalla kulua yli 1000 kWh sähköä tunnissa sähkösuunnittelija Kimmo Koivulan laskelmien mukaan. Suurinta osaa valaisimista pystytään tarpeen mukaan himmentämään ja näin saadaan sähkönkulutusta vähennettyä merkittävästi. Koivulan mukaan Helsinki-Vantaalla valojärjestelmiä käytetään 1 000—5 500 tuntia vuodessa. [12; 13.]

## 4 Suunnittelu

### 4.1 Suunnittelija

Helsinki-Vantaan kenttävalojen suunnittelusta vastaa sähkösuunnittelija Kimmo Koivula. Hänen työnkuvaansa kuuluu kenttävalojärjestelmien suunnittelu ja niihin liittyvien hankkeiden läpivientiä. Väliillä hän pääsee osallistumaan lentokenttien yleiseen suunnitteluun. Hänen vastuulleen kuuluu myös sähköjärjestelmiin liittyvien laitteiden valinta, testaus ja hankinta. Työnsä puolesta hän seuraa myös alan teknistä kehitystä ja normeja. Suunnittelutöiden ohella hän seuraa kenttävalojärjestelmien ylläpitoa. Tämän lisäksi hän osallistuu maanalaisten järjestelmien sijoituslupaprosessiin niin valvojana, lausuntojen antajana kuin suunnittelijanakin. [13; 14.]

### 4.2 Suunnitteluprosessi

Yleensä kenttävalojärjestelmien suunnittelun alkaessa alueen pohjapiirustus on jo muiden suunnittelijoiden toimesta tehty valmiiksi. Joissain tapauksissa Kimmo Koivula pääsee vaikuttamaan suunniteltavan alueen geometriaan. Tietyissä tapauksissa esimerkiksi alueen tasausta joudutaan muuttamaan siitä syystä, että valaisinten

sijoittaminen olisi muuten vaikeaa tai mahdotonta. Kyse on yleensä siitä, että valaisinten kuivatusta ei pystytä järkevällä tavalla järjestämään. Valaisimet sijoitetaan alueelle normeja ja sääntöjä noudattaen. Valaisinten sijoittelun tulee palvella alueen käyttötarkoitusta ja liikennöintiä. Kun valaisinten paikat on suunniteltu valmiiksi, määritellään alueelle tulevat valojen syöttöpiirit ja niille tarvittavat kaapelireitit. Valaisinten sähköistämiseen tarvittavat muuntajakaivot sijoitetaan valaisinten sijaintien ja alueen tasauksen perusteella. Muuntajakaivoista valaisimille kulkevat ruostumattomasta teräksestä (ns. rosteriputket) tehdyt putket, joiden sisällä sähkökaapelit kulkevat. Muuntajakaivojen sijaintiin vaikuttaa putkien vaakageometria, valaisinten pohjakoteloiden kuivatus ja mahdolliset muut sähkökaapelit. Valaisimille kulkevien kaapeleiden pituuksia pyritään pitämään kohtuullisina. Suunnitelmat tehdään käyttäen Microstation-suunnitteluohjelmistoa ja Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. [13; 14.]

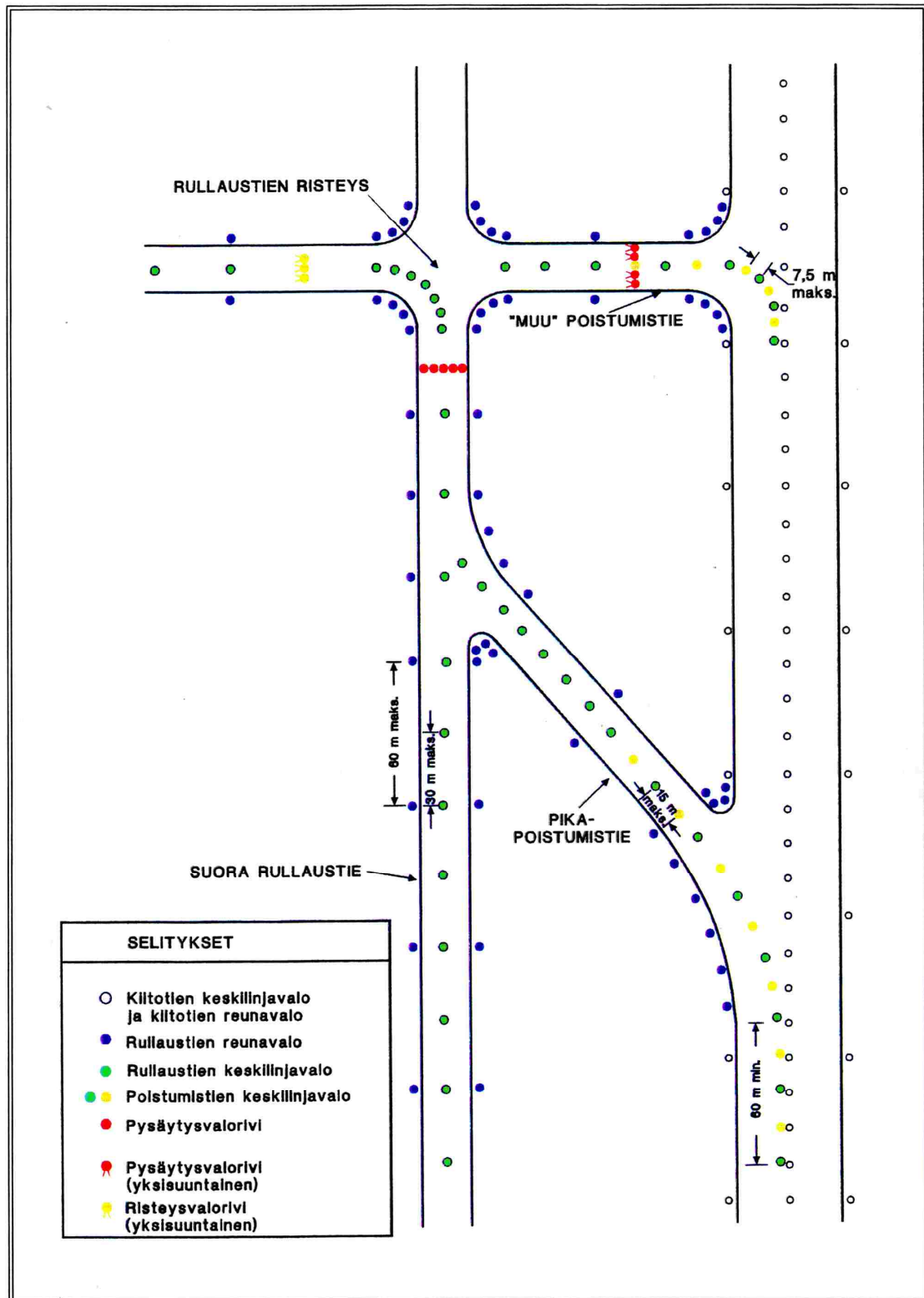
#### 4.3 Suunnittelun säännöt ja ohjeet

Suunnittelussa noudatetaan erilaisia ohjeita ja määräyksiä, niin kansainvälisiä kuin kansallisia ilmailumääräyksiä. Suurin osa ohjeista perustuu ICAON ANNEX 14:ään. ICAO eli International Civil Aviation Organisation on Yhdistyneiden kansakuntien alainen organisaatio, joka vastaa siviili-ilmailun turvallisuudesta ja kehittämisestä. ANNEX 14 on ICAO:n julkaisema normisto. Myös kansalliset ilmailumääräykset AGA M3-7, M3-9 ja M3-12 perustuvat tähän julkaisuun. Säännöissä määritellään muun muassa, missä kaikkialla valaisimia on käytettävä ja mikä valaisinten vähimmäisetäisyys toisistaan saa olla. Kuvassa 6 on esitetty peruseriaatteet, joiden mukaan valaisimia sijoitetaan Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Valaisimille annetaan myös muita määräyksiä, jotka niiden on täytettävä. Määräykset liittyvät esimerkiksi valaisinten kokoon ja valaisutehoon. Erilaisia sähköturvallisuusmääräyksiä joudutaan myös noudattamaan. [12; 13; 14.]

#### 4.4 Historia ja kehitys

Sähkösuunnittelija Kimmo Koivulan mukaan hänen työssäoloaikana suurimmat kehitykset tapahtuivat vuosien 1991 ja 1993 välissä sekä vuosien 1999—2000 aikana. Vuosituhannen vaihteessa tapahtui suuri muutos, kun putkia ruvettiin asentamaan

asfalttiin kantavan kerroksen sijaan. Tämän jälkeen kehitystä on tapahtunut lähinnä yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa. Koivulan mukaan yhteistyö käyttäjiin eli lähinnä lennonjohtoon on myös vuosien myötä parantunut. [13; 14.]



Kuva 6. Valaisinten sijoittelun periaatteet [12]

## 5 Asennus ja kartoitus

### 5.1 Yleistä

Tässä luvussa käsitellään rosteriputkien ja valaisinten asennus ja siihen liittyvät toimenpiteet. Koko prosessi sisältää monta vaihetta, ja työllistää monen eri alan ammattilaisia. Kaikki alkaa asfaltoinnista. Tämän jälkeen mittaaajat merkitsevät putkien ja valaisinten tarkat paikat maastoon, minkä jälkeen putkille jyrksitään urat. Kun urat ovat valmiit, putket asennetaan ja peitetään. Tämän jälkeen pinnat asfaltoidaan, minkä jälkeen mittaaajat merkitsevät valaisimet uudelleen ja niille porataan asennusreiät. Viimeiseksi valaisimet asennetaan ja niin sanotusti kalustetaan eli vedetään tarvittavat kaapelit. Yhden rosteriputken halkaisija on 32 mm ja pituus 6 metriä. Yhden valaisinkotelon halkaisija on 318 mm ja korkeus noin 200 mm. Rosteriputki on nimensä mukaisesti ruostumatonta terästä, ja valaisinkotelo on materiaailtaan alumiinia.

### 5.2 Asfaltointi



Kuva 7. Yleiskuva 04R etäjäänpoistoalueen asfaltoinnista

Asfaltointi tehtiin aina kantavan kerroksen päälle. Kantava kerros muovattiin ja jyrättiin tasaussuunnitelman mukaiseksi tiehöylällä. Näin varmistuttiin siitä, että lopullisen asfalttipinnan muoto oli halutunlainen. Kun pinta on oikeanmuotoinen, vesi virtaa siinä haluttuun suuntaan eikä lammikoita pääse syntymään. Kuvassa 7 näkyy

etäjäänpoistoalue 04R:n asfaltointia. Rullausteilla asfaltin paksuus on noin 150 mm, lamppujen kohdalla tosin noin 50 mm paksumpi johtuen lamppujen korkeudesta. Käytännössä tämä toteutetaan tekemällä kantava kerros 50 mm alemmaksi lamppujen kohdalta. Näin saadaan yksi ylimääräinen kerros asfalttia mahtumaan. Asfalttia levitettiin lamppujen kohdille yhteensä neljä kerrosta, muualle kolme kerrosta. Kolmannen kerroksen jäähtyttyä oli mahdollista ruveta asentamaan rosteriputkia. [17]

### 5.3 Rosteriputkien asennus



Kuva 8. Sidemitattu rosteriputki

Rosteriputkien asennus aloitettiin merkitsemällä putkien oikea paikka. Paikat merkittiin muutaman millimetrin tarkkuudella käyttäen nauloja. Suorilla osuuksilla nauloja lyötiin 7,5 metrin välein, kaarteissa noin 1–2 metrin välein riippuen kaarten säteestä. Naulojen perusteella putkille jyrtsittiin urat. Urien syvyydet vaihtelevat 50 ja 100 millimetrin välillä. Jyrtsinnän yhteydessä kaikki merkintään käytetyt naulat hävisivät, joten ne oli täytyneet sidemitata muualle ennen sitä. Sitä varten oli rakennettu reilun metrin mittainen suorakaiteen muotoinen raudanpala, jonka toinen pää on terävä ja toisella sivulla on kaksi pientä koloa. Terävä pää asetettiin naulan päälle ja sitten palaa liikuttamatta molempiin koloihin lyötiin naulat. Nämä naulat säilyvät paikallaan myös jyrtsinnän aikana. Kuvassa 8 näkyy sidemitattu rosteriputki. Jyrtsinnän jälkeen sama raudanpalanen asetettiin naulojen avulla takaisin samaan paikkaan, ja näin palan terävä pää osoitti putken tarkan sijainnin. Sama toimenpide toistettiin jokaisen mittaaajan merkintänaulan kohdalla. Kun urat oli jyrtsitty, ne täytyi puhdistaa kaikista



irtoroskista. Urien puhdistaminen helpotti putkien asentamista ja paransi bitumin tarttumista valettaessa. [15; 17; 18.]

#### 5.4 Rosteriputkien peittäminen



Kuva 9. Rosteriputken peittämisen eri vaiheet

Kun rosteriputket oli asennettu paikalleen, ne oli peitettävä. Putket peitettiin sulalla valuasfaltilla. Putkien peittäminen täytyi tehdä pienissä osissa ja maltilla. Ensiksi putkien päälle valutettiin muutaman metrin välein pieni määrä valuasfalttia, joka sitoi jähmettyessään putket paikalleen. Jos putket olisi peitetty heti täysin, olisi putkeen syntynyt niin kova lämpötila ja vääntö, että putken toinen pää olisi noussut ilmaan. Tällaista tilannetta pyrittiin välttämään muun muassa käyttämällä kiviä putkien päällä painona. Kun nämä pienet valuasfalttikasat olivat jähmettyneet, voitiin putkien peittämistä jatkaa. Seuraavaksi putket peitettiin niin, että vain putkien korkein kohta eli selkä jäi näkyviin. Kuvassa 9 näkyy peittämisen kolme eri vaihetta. Vasemmalla näkyy täysin avoin putki, keskellä putken päälle on pieniä kasoja ja oikealla putki on peitetty niin, että vain putken selkä näkyy. Valuasfaltin jähmettyttyä voitiin olla varmoja, että putket eivät enää siirry; näin ollen putket voitiin kartoittaa. Putket kartoitettiin suorilla osuuksilla muutaman metrin välein ja kaarteissa tiheämmin. Kun putket oli kartoitettu, voitiin putket peittää ja urat täyttää kokonaan. Jyrsintäurat täytettiin aina hieman yli ja ylimääräinen aines jyrsittiin myöhemmin pois. Kuvassa 10 näkyy peitetty rosteriputki

ennen ylimääräisen valuaineksen jyrintää. Peittämällä varmistettiin, että viimeinen asfalttikerros pysyy paremmin paikallaan eikä lähde irtoilemaan. [15; 17; 18.]

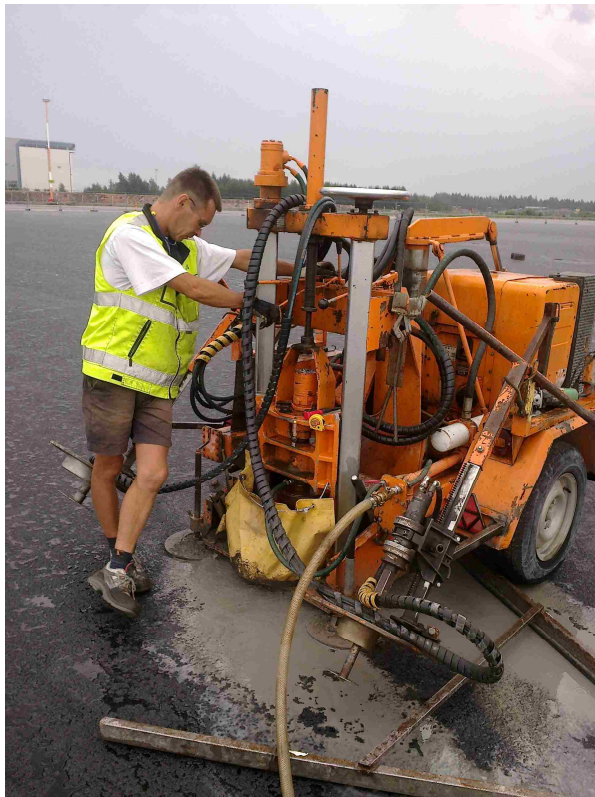


Kuva 10. Peitetty rosteriputki

## 5.5 Lamppujen poraus

Kun rosteriputket oli peitetty ja ylimääräinen valuasfaltti oli jyritytty pois, levitettiin viimeinen kerros asfalttia. Kun viimeinen kerros asfalttia oli viilentynyt, mittaajat aloittivat valaisinten merkintämittaukset. Valaisimet merkittiin millimetrin tarkkuudella oikeille paikoilleen. Merkintään käytettiin jälleen nauvoja. Valaisimet täytyi merkitä tarkasti koska valaisimen tuli osua hyvin tarkasti keskelle alla olevaa rosteriputkea. Valaisimille porattiin reikä, joka oli halkaisijaltaan 345 mm. Keskilinjalle poratut reiät olivat syvyydeltään 160 mm ja reunavalaisimille poratut reiät olivat syvyydeltään 130 mm. Tietyissä tapauksissa jouduttiin poraamaan syvemmälle, jos rosteriputki oli jostain syystä jouduttu asentamaan normaalia syvemmälle. Kuvassa 11 poraa asetetaan oikealle paikalle porausta varten. Poraus alkoi sillä, että poraaja piirsi itselleen apuviivat, joiden avulla hän asetti terän tarkasti paikalleen. Apuviivat piirrettiin käyttäen metallilevyä, jonka keskellä on reikä ja jonka sivun pituus on sama kuin porattavan

reiän halkaisija. Pieni reikä asetettiin naulan päälle ja piirrettiin viivat kahden sivun mukaan. Kun terä sivusi molempia viivoja, oli terä tarkasti oikealla paikalla.



Kuva 11. Valaisimen poraus



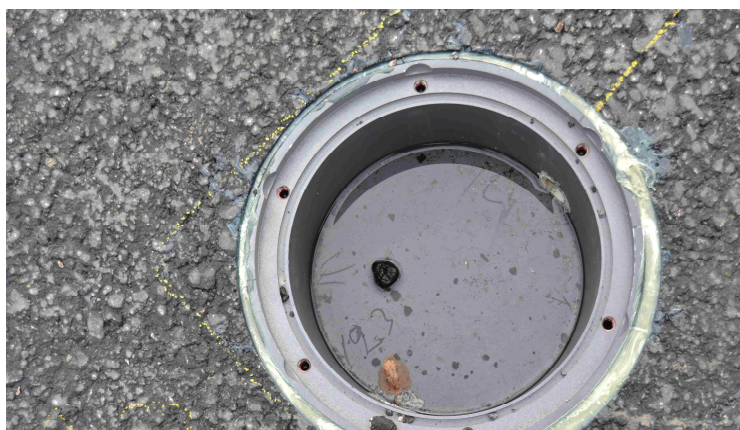
Kuva 12. Valaisinta varten porattu reikä

Kuvassa 12 apuviivat näkyvät keltaisena. Poratessa jouduttiin välillä terä nostamaan ylös, jotta se saatiin puhdistettua asfaltissa olevasta bitumista. Kun reiät oli porattu,

tehtiin seinämiin pienellä kulmahiomakoneella muutama viilto. Nämä viillot paransivat asennusliiman tarttuvuutta. Tämän jälkeen reiät puhdistettiin irtoaineksestä, ja ne olivat näin valmiita itse valaisimen asennukseen. Yhden reiän poraaminen ja puhdistaminen vei aikaa noin 10—15 min. Porauksessa käytettävä pora on asfalttiporakone, joka on rakennettu pienessä perheyrytyksessä Saksassa. [17; 18; 19.]

## 5.6 Valaisinten asennus

Valaisinten asennus alkoi sillä, että asentaja mittasi rosteriputken selän korkeuden suhteessa valmiiseen asfaltin pintaan. Tämän jälkeen kotelo laitettiin paikalleen ja suunnattiin oikeaan suuntaan. Tarkat suuntausparametrit saatiin sähkösuunnitelmista. Kun kotelo oli suunnattu oikein, asentaja merkitsi, mihin kohtaan rosteriputket osuvat. Kun tiedettiin putkien suunta ja korkeusasema, voitiin koteloon porata läpivientireiät. Myös kotelon oikea korkeus tarkistettiin. Koteloa voitiin korottaa erillisillä lisäosilla, jos sille oli tarvetta. Rosteriputkien korkeusasema vaihteli valmiiseen asfaltinpintaan nähden, koska rosteriputkiin oli saatava tietty kallistus, jotta niihin mahdollisesti joutuva vesi valuisi pois eikä jäätäisi putkia. Tästä syystä kotelon läpivientireiän paikka ei aina ollut täysin vakio. Kun läpivienti oli porattu, laitettiin lamppukotelo paikalleen ja työnnettiin pienet muoviputket läpivientientien läpi rosteriputken sisälle ja mahdolliset raot tiivistettiin käyttäen kittiä. Tämä esti asennusliimaa menemästä rosteriputkeen ja valaisinkoteloon. Kun kaikki oli paikallaan, tehtiin vielä viimeinen suuntaus ja varmistettiin, että valaisinkotelo oli oikeassa asennossa ja suunnattu oikeaan suuntaan.



Kuva 13. Asennettu valaisinkotelo

Kun kaikki oli kunnossa, valutettiin valaisinkotelon reunoja pitkin asennusliimaa niin, että kaikki raot kotelon ja asfaltin välissä täyttyivät. Tämän jälkeen liiman annettiin kuivua. Kuvassa 13 on esitetty valaisinkotelo, joka on liimattu paikalleen. Liiman kuivuttua voitiin valaisinten väliin vetää tarvittavat kaapeloinnit. Kaikki valaisimille menevät kaapelit päättyivät isoihin sähkökaivoihin, jossa ne kytkettiin sähköverkkoon. Viimeiseksi sähköasentajat laittoivat valaisinkoteloiden kannet eli itse valaisimet paikalleen ja kytkivät tarvittavat kaapelit. Tässä vaiheessa valaisimet olivat käyttövalmiit. Kuvassa 14 näkyy valmis keskilinjavalaisin.



Kuva 14. Valmis keskilinjavalaisin

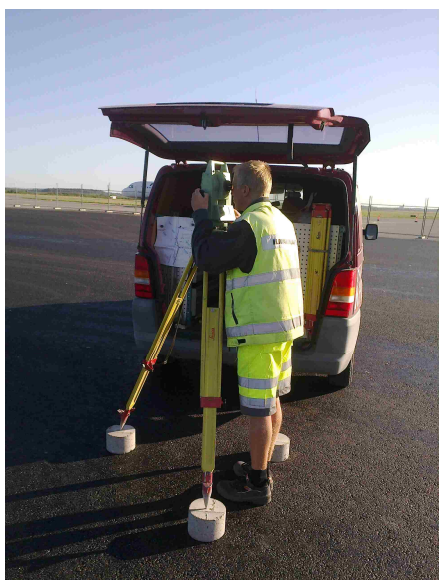
## 5.7 Valaisinten kartoitus

Kun valaisinten asennus oli valmis, oli valaisimet vielä kartoitettava. Kartoitusmittaukset pyrittiin suorittamaan samanlaisella tarkkuudella kuin merkintämittaukset. Kartoitustulokset toimitettiin sähkösuunnittelijalle, joka tarkisti vielä, että valaisimet oli asennettu haluttuun paikkaan. Hän myös arkistoi kartoitukset tulevaisuuden tarpeita varten. Tarkemmin valaisinten kartoitusmittauksia käsitellään seuraavassa luvussa. [17; 18.]

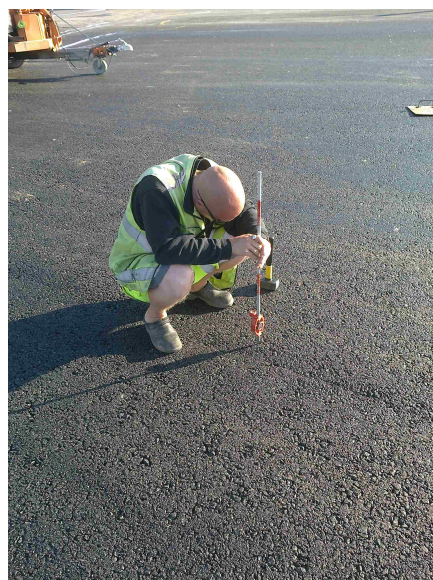
## 6 Mittausmenetelmät ja tarkkuusvaatimukset

### 6.1 Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan merkintä- ja kartoitusmittausten tarkkuusvaatimuksia ja keinoja, joita käytettiin niihin pääsemiseksi. Käsittelyssä käydään myös kriittisesti läpi mittaustapahtuma ja siihen liittyvät virhelähteet. Lisäksi esitetään myös työn tekijän mielipiteitä siitä, kuinka mittausten tarkkuuksia ja luotettavuutta pystyttäisiin parantamaan. Kuvassa 15 näkyy, kuinka takymetri pystytettiin oikeaoppisesti aurinkoisena kesäpäivänä Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Rosteriputkien ja valaisinten merkintä- ja kartoitusmittaukset olivat tarkimpia mittauksia, joita Helsinki-Vantaalla tehtiin. Siksi niihin panostettiin kaikki mahdollinen tietotaito. [18]



Kuva 15. Leica 1105plus -takymetri ja mittaaja



Kuva 16. Leica GMP111 -miniprisma ja mittaaja

### 6.2 Vaatimukset

Lentokenttien päällystystöiden työkohtaisen työselityksen ensimmäisessä liitteessä ”RST-putkitustyöt” mainitaan rosteriputkien asennustoleranssiksi vaakasuunnassa  $\pm 20$  mm ja pystysuunnassa  $\pm 5$  mm. Finavian sähkösuunnittelijan Kimmo Koivulan mukaan valaisimille ei ole olemassa mitään virallista asennustoleranssia, mutta hän

käyttää suunnittelussa toleranssina  $\pm 3-4$  mm:ä. Koivula arvioi, että maastossa päästään parhaimmillaan tällaiseen tarkkuuteen. Toleranssi ei aina täysin toteudu, Koivula arvioi. [15; 16.]

### 6.3 Käytetyt menetelmät

#### 6.3.1 Kalusto

Kartoitus- ja merkintämittaukset suoritettiin aina takymetrillä. Käytössä on Leica TCRA 1105 Plus -takymetri, jolle valmistaja lupaa kulmamittaustarkkuudeksi  $5''/1,5$  mgon ja etäisyysmittaustarkkuudeksi  $\pm 1$  mm +2 ppm, joten mittauskalusto täytti mittauksille asetetut tarkkuusvaatimukset. Prismana käytettiin Leica GMP111 -miniprismaa, jonka prismakorkeus oli 0,1 m. Matalalla prismakorkeudella pyrittiin minimoimaan mittaajasta johtuva pieni heiluminen. Kuvassa 16 on esitetty miniprisman oikeaoppista käyttöä. Lämpimänä kesäpäivänä puujalustan jalkojen alla käytettiin sylinterimäisiä betonipaloja, jotka vähensivät jalkojen painumista lämpimään asfalttiin. Kuvassa 15 on takymetri pystytetty niiden betonipalojen päälle. Toinen käytetty menetelmä oli pystyttää takymetri kohtaan, jossa ei ole asfalttia, tällöin kyseistä painumisongelmaa ei syntynyt. [17; 18.]

#### 6.3.2 Orientointi

Mittaukset suoritettiin aina vapaan asemapisteen orientointia käyttäen. Orientoinnissa mitattiin aina vähintään kolme tunnettua pistettä, jos mahdollista pisteitä mitattiin vielä useampia. Tunnettua pistettä mitattaessa etäisyysmittaus toistettiin useaan kertaan. Tällä pyrittiin varmistumaan siitä, että takymetri varmasti mittaa etäisyyden toistuvasti samalla tavalla. Tällä yritettiin myös minimoida mittaajasta johtuvaa heilumista prismassa, kun tuloksista pystyi etsimään keskiarvon ja hyväksymään sen orientoinnin laskentaa varten. Orientoinnissa mittausetäisyydet pyrittiin pitämään alle 150 metrissä. Huonossa mittaussäässä etäisyyksiä pyrittiin mahdollisuuksien mukaan lyhentämään. [17; 18.]

### 6.3.3 Rosteriputkien merkintä ja kartoitus

Rosteriputkien merkintämittauksissa putket pyrittiin merkitsemään muutaman millimetrin tarkkuudella, kuitenkin reilusti vaatimuksia tarkemmin. Merkintään käytettiin naulaa ja pientä aluslevyä. Naulankannan halkaisija oli noin 3 mm. Rosteriputkien sijainti merkittiin suorilla osuuksilla noin 7,5 metrin välein ja kaarteissa 1,5–2 metrin välein. Kuvassa 17 näkyy pieni osuus yhdestä kaarteesta. Naulat signaloitiin maalilla. Viivat maaliympyrän ulkopuolella osoittavat, että putken tulee jatkuu yhtenäisenä kyseisestä merkistä molempiin suuntiin. Kun merkintä oli suoritettu, sidottiin merkityt pisteet käyttäen reilun metrin mittaista lattarautaa, jonka toinen pää oli terävä ja jonka toiselle sivulle oli porattu kaksi pientä koloa. Terävä pää asetettiin merkityn pisteen päälle ja koloihin lyötiin naulat. Kuvassa 18 näkyvät valkoisella maalilla signaloidut sidontanaulat. Sidontamittaukset suoritti joko mittamies tai rosteriputkien asentaja. Kun rosteriputket olivat valmiita kartoitettavaksi, suoritettiin kartoitusmittaus. Kartoitusmittauksessa käytettiin samoja menetelmiä kuin merkintämittauksissa.



Kuva 17. Jyrsintää varten merkitty rosteriputken suunniteltu sijainti



Kartoituspisteitä mitattiin suorilla osuuksilla muutaman metrin välein. Kaarteissa mitausväliä tihennettiin, jotta putkien oikeat muodot saatiin tallennettua. Tämä tarkoitti, että kartoituspisteitä mitattiin jopa 10 cm:n välein. [15; 17; 18.]



Kuva 18. Sidemitattu rosteriputki

#### 6.3.4 Valaisinten merkintä ja kartoitus

Kun viimeinen kerros asfalttia oli levitetty ja se oli jäähtynyt ja jähmettynyt, voitiin valaisinten merkintämittaukset aloittaa. Valaisimia merkittäessä käytettiin samoja mittausmenetelmiä kuin rosteriputkia merkitessä. Ainoana erona oli, että merkintätarkkuus pyrittiin viemään äärimmilleen. Merkinnässä käytettiin samanlaisia nauloja kuin rosteriputkien merkinnässä. Merkintänaulojen signaloinnissa ei käytetty enää maalia vaan liitua.



Kuva 19. Valaisin merkitty ja numeroitu

Tämä siitä syystä, että valmista asfaltinpintaa ei haluttu sotkea maalilla. Kuvassa 19 näkyy merkitty valaisin. Käytännössä merkintä suoritettiin niin, että takymetrin vaakakulmaa ei käännetty mittausten aikana vaan prismaa siirrettiin niin, että tähtäys osuu keskelle. Tämä helpotti prisman siirtelyä siinä mielessä, että sitä ei tarvinnut mittausten välissä siirtää kuin yhteen suuntaan. Nauloja lyödessä suoritettiin viimeinen tarkistusmittaus juuri ennen kuin naula oli painunut kokonaan asfalttiin. Näin varmistuttiin siitä, että naula on varmasti lyöty asfalttiin täysin suoraan. Valaisimet merkittiin niin tarkasti kuin mahdollista, käytännössä tarkkuus oli noin  $\pm 1-3$  mm. Valaisimet merkittiin näin tarkasti, koska se vähensi osaltaan kokonaisvirheen määrää, joka syntyi merkinnän ja asennuksen yhteistuloksena. Valaisinten kartoitusmittaukset suoritettiin, kun valaisimet oli saatu asennettua. Jos valaisimessa ei valmiiksi ollut keskipisteen merkkiä, se mitattiin mittanauhalla. Tämän jälkeen keskipiste kartoitettiin ja sen taso- ja korkeuskoordinaatit tallennettiin. [17; 18.]

## 7 Virhelähteet

### 7.1 Mittauksesta johtuvat

Mittauksen osalta suurin ongelma oli tunnettujen lähtöpisteiden määrä ja laatu. Tunnettuja pisteitä oli liian harvassa, ja niiden tarkkuus oli vaihtelevaa. Tästä syystä orientointi ei useinkaan ollut geometrisesti lähelläkään optimaalista. Samasta syystä mittausetäisyyksiä jouduttiin monesti kasvattamaan. Mittaustyönjohtaja Markku Hämäläinen arvioi lähtöpisteiden aiheuttaman virheen suuruusluokaksi 1–5 mm. Tämän arvion hän perusti takymetrin orientoinnissa ilmoittamiin keskivirheisiin ja pistekohtaisiin jäännösvirheisiin. Toinen mittaukseen sisältyvä virhelähde oli takymetri. Käytettävällä takymetrillä ei ollut minkäänlaista voimassaolevaa kalibrointitodistusta. Siten takymetrin varsinaista tarkkuutta ei tiedetty. Kalibrointitodistusta ei ole tilaajan puolelta myöskään vaadittu. Mielestäni kalibrointitodistuksen hankkiminen olisi tärkein yksittäinen asia, jolla mittausten laatua voisi parantaa. Kalibroinnin puuttumisesta aiheutuvan virheen tarkkaa arviointi oli mahdotonta tehdä. Käyttökokemusten perusteella virheen suuruudeksi Hämäläinen arvioi 1–2 mm. Mittaustilanteessa prisman pieni heiluminen ja mahdollinen tähtäysvirhe aiheuttavat niin pienen virheen, että sitä ei tässä tilanteessa tarvitse huomioida. [17]

## 7.2 Porauksesta ja valaisimen asennuksesta johtuvat virheet

Reiän porauksesta aiheutuu tietynlaista virhettä. Poraa operoiva Jaakko Rautiainen [19] arvioi porauksessa pääsevänsä helposti 10 mm:n tarkkuuteen.

Viimeinen varsinainen työvaihe eli valaisimen paikalleenasennus ei mielestäni aiheuta mainittavaa virhettä, koska valaisin asennetaan reikään, joka on vain hieman suurempi kuin itse valaisin. [19]

## 7.3 Kokonaisvirheet

Hämäläisen [17] mielestä valaisimen kartoituksessa syntyvää virhettä voitiin pitää suunnilleen samansuuruisena tai hieman pienempänä kuin valaisimen merkinnässä syntyvää virhettä. Virhettä voitiin pitää pienempänä siitä syystä, että merkinnässä käytettävää pyöreäkantaista naulaa oli hieman hankalampi prismalla näyttää kuin tasaista valaisimen kantta. Tätä mieltä oli ainakin mittaaja Tero Vikström. [18] Näin ollen kokonaisvirheeksi saatiin 4–15 mm. Nämä luvut perustuivat vahvasti arviointeihin. Liitteessä 1 on verrattu rullaustie G:n keskilinjavalaisinten suunniteltuja koordinaatteja ja kartoituksesta saatuja koordinaatteja. Tuloksista nähdään, että koordinaattien erotus on suunnilleen samaa kokoluokkaa. Pienin kokonaisvirhe oli 0 mm ja suurin oli 20 mm. Kokonaisvirheiden keskiarvo asettui 9 mm:iin. Kokonaisvirheiden tulos on saatu laskemalla neliöjuuri koordinaattikohtaisten virheiden neliöiden summasta. [17; 18.]

# 8 Ongelmakohdat

## 8.1 Yleistä

Valaisinten merkintä- ja kartoitusmittauksissa tuli vastaan monta ongelmaa tai asiaa, jotka voitaisiin tehdä paremmin. Nämä ongelmat liittyivät sekä mittaajien työn helpottamiseen että työnlaadun parantamiseen. Nykypäivän yleiset ongelmat kiire ja resurssien vähyys näkyivät myös Helsinki-Vantaan lentoaseman mittaustoiminnassa. Tässä luvussa käsitellyt ongelmat ovat asioita, joihin työn tekijä on törmännyt työskennellessään lentoasemalla.

## 8.2 Kiire

Kiire ei ole niinkään ongelma, kun on kyse uudisrakentamisesta. Urakat joissa kenttäaluetta laajennettiin, olivat useimmiten pitkäkestoisia ja saattoivat kestää useamman vuoden. Näissä tapauksissa aikataulun suhteen oli enemmän mahdollisuuksia, ja kiirettä voitiin yrittää estää jo pidemmällä aikavälillä. Siirryttäessä korjausrakentamisen puolelle oli asia täysin päinvastainen. Korjausrakentamisessa jouduttiin aina sulkemaan työn alla oleva alue lentoliikenteeltä. Alueen sijainnista riippuen tämä vaikeutti lentoliikenteen toimintaa erittäin paljon. Esimerkkinä voidaan mainita yhden kiitotien sulkeminen. Tästä syystä korjausurakat haluttiin suorittaa mahdollisimman nopeasti ja niin, että lentoliikenne häiriintyisi mahdollisimman vähän. Mitä kiire sitten aiheutti? Kun asioita tehtiin kiireessä, kasvoi virheiden todennäköisyys merkittävästi. Asioita jäi huomaamatta ja sitä kautta tekemättä, asioiden korjaaminen jälkepäin puolestaan lisäsi kiirettä. [17]

## 8.3 Runkopisteet

Kenttäalueella kaikki mittaukset suoritettiin vapaan asemapisteen orientoinnilla. Jotta tämä olisi mahdollista, tarvittiin kattava runkopisteverkko. Lentokentällä runkopisteverkossa oli tiettyjä ongelmia, niin kattavuuden kuin laadun osalta. Mittaustyönjohtaja Hämmäläisen mielestä suurin ongelma oli, että verkon kunnolliseen ylläpitoon ei ole ollut riittäviä resursseja. Tämä johti siihen, että jouduttiin käyttämään kymmenen tai viisitoista vuotta vanhoja pisteitä, joita ei missään vaiheessa ollut tarkistusmitattu. Lentokentällä pisteitä jouduttiin rakentamaan paljolti lentoliikenteen ehdoilla. Pisteitä oli turha rakentaa sellaisille alueille, joihin ei normaalioloissa ollut mahdollista päästä. Esimerkkinä voi mainita kiitotiet ja kiitoalueet. Nämä alueet olisivat monesti olleet niitä parhaita paikkoja pisteille, mutta edellä mainitun syyn vuoksi niiden käyttö ei ollut mahdollista. Pisteitä pyrittiin rakentamaan erilaisiin betonirakennelmiin tai asfalttiin, nurmialueilla käytettiin putkipisteitä. Nurmialueilla olevissa putkipisteissä oli se ongelma, että nurmikkoa niitettäessä traktorit ajoivat pisteiden yli. Pisteitä oli yritetty signaloida erilaisin keinoin, jotta niitä väistettäisiin, mutta turhaan. [17; 18.]

## 8.4 Suunnitelmat

Mittaajan kannalta suunnitelmissa ja suunnittelussa oli yksi suurehko ongelma. Suunnitelmat saapuivat mittajille aivan liian myöhään. Tästä syystä jouduttiin useasti tekemään ensin ja suunnittelemaan jälkeensä. Markku Hämäläinen kertoi, että monet kerrat suunnittelijoilta jouduttiin erikseen kysymään tietoa siitä, miten jokin asia tulisi rakentaa. Näin tapahtui siksi, että valmiita suunnitelmia ei ollut. Suunnitelmat tehtiin Microstation-ohjelmistolla .dgn-muotoon. Mittajat käsittelivät tietoja joko .3d- tai .xyz-muodossa. Tässä oli pieni ristiriita, jossain vaiheessa täytyi tapahtua tiedostomuodon vaihdos. Helsinki-Vantaalla se tapahtui paikkatietosuunnittelijan tekemänä. Tämä ylimääräinen tapahtuma söi arvokasta aikaa. Suunnitelmien tultua mittajille oikeassa muodossa jouduttiin niitä käsittelemään, jotta niistä saatiin maastomittauskelpoisia. Aikaisemmin tämän käsittelyn hoiti pelkästään siihen palkattu henkilö, mutta hänen jäätyään eläkkeelle, ei ketään palkattu tilalle. Tämä johti siihen, että maastomittajien toimistotyöt lisääntyivät. Tässä voidaan taas palata takaisin ongelmaan numero yksi: kiire lisääntyi.

Toinen ongelma oli suunnitelmien sekavuus ja liika informaatio. Tietokoneen näytöllä tämä ei ollut ongelma, koska siinä asioita sai muokattua haluamansa mukaan. Paperikuvien suhteen ongelma oli isompi. Kun yhteen ja samaan kuvaan yritettiin mahduttaa kaikki mahdollinen informaatio, muuttui kuvan lukeminen hyvin vaikeaksi ja hitaaksi. Erehdysten todennäköisyys kasvoi merkittävästi. [13; 17.]

## 8.5 Mittamiesten määrä ja ammattitaito

Tässä luvussa käsiteltävät asiat kuuluvat vahvasti yhteen luvussa 8.2 käsiteltyihin asioihin. Kesällä 2011 Helsinki-Vantaalla työskenteli viisi mittamiestä, lomakauden aikana töissä oli käytännössä kaksi mittausryhmää. Yhden ryhmän tehtävänä oli työskennellä etäjäänpoistoalueen uudisrakennustyömaalla, ja toisen ryhmän tehtävänä oli työskennellä turvavalvotulla alueella erilaisten urakoiden parissa. Tilaisuuden tullen toinen ryhmä auttoi toista. Suurimman osan ajasta molemmat ryhmät toimivat ääri rajoilla, ja yli kaksitoistatuntiset työpäivät eivät olleet mitenkään poikkeavia. Mittaaja Tero Vikströmin [18] mielestä pitkien työpäivien tekeminen vaati veronsa, ja jaksaminen oli välillä aika heikkoa. Hieman alimitoitettun mittauskapasiteetin takia kiire oli suurimman osan ajasta kova. Se puolestaan johti huolimattomuusvirheiden määrän

kasvuun. Koska lentoasemalla työskenneltiin turvallisuussyistä ryhmässä, oli ryhmätyöskentelytaito tärkeä taito, joka mittaajien oli hallittava. Vikström kertoi, että hänen mielestään tämä asia ei aina ollut riittävän hyvällä tasolla. Tämä johtui suurimmaksi osaksi kovan kiireen ja paineen alla työskentelystä. [17; 18.]

## 9 Ratkaisuja

### 9.1 Yleistä

Tässä luvussa käsitellään työn tekijän ja muiden mielipiteitä ja ratkaisuehdotuksia siitä, miten mittaustoimintaa Helsinki-Vantaalla voitaisiin parantaa. Parannusehdotukset liittyivät olennaisesti lamppujen merkintä- ja kartoitusmittauksiin, mutta niitä voitiin soveltaa myös yleisesti kaikkeen mittaustoimintaan Helsinki-Vantaan lentokentällä. Työn pitäminen yksinkertaisena ja mahdollisten virhelähteiden systemaattinen poistaminen tai ainakin riskien huomattava vähentäminen olisi tapa, jolla työn laatu ja tehokkuus saataisiin hyvälle tasolle. Tämä vaatisi lisäponnisteluja eri työvaiheessa niin ennen varsinaisen työmaan alkamista kuin sen ajanakin.

### 9.2 Kiire

Työmaan aikataulutukseen ei mittaajalla juurikaan ollut vaikutusvaltaa, joten työaika ei voitu lisätä pidentämättä työpäiviä. Ongelmakohtia esittäessä tuli esiin korjausrakentamisen kiireelliset aikataulut lentoliikenteen sujuvuuden takia. Tästä syystä työmaiden aikataulun pidentäminen oli erittäin vaikeaa. Työvoiman lisääminen on siksi ehkä se helpoin ja nopein keino vähentää kiirettä. Työvoiman lisääminen ei ole täysin vaivatonta. Ammattitaitoisia mittaajia ei ole vapailla markkinoilla, ja uuden mittaajan kouluttaminen vie oman aikansa. Työn tehokkuuden parantaminen on yksi vaihtoehto, jolla työtä voisi mahdollisesti hieman nopeuttaa ja sitä kautta vähentää kiirettä. Tällä ei mielestäni saavuteta suuria etuja. Osa työnjohdon teettämistä töistä kuuluu kategoriaan ”kiva tietää”. Niillä ei juurikaan ole merkitystä työmaan etenemiseen, mutta niiden tekemiseen kuluu aikaa. Kaikki tämä aika on pois tärkeämmiltä työtehtäviltä. Jos näitä tehtäviä vähentäisi, olisi mittaajilla enemmän aikaa ja vähemmän kiirettä tehdä niitä tärkeitä tehtäviä. Niihin voisi silloin paneutua tarkemmin, ja työn laatu varmasti paranisi.

### 9.3 Runkopisteet

Lentokentän alueelle tulisi rakentaa niin sanottu paikallinen ensimmäisen luokan runkoverkko. Ensimmäisen luokan runkoverkolla en tarkoita geodeettisen laitoksen rakentamaa valtakunnallista verkkoa vaan lentokentän sisäisessä tarkkuusluokassa tarkinta mahdollista runkoverkkoa. Runkoverkkoon voisi kuulua noin 25 pistettä, jotka sijoitettaisiin tasaisesti ympäri kenttäaluetta. Näistä pisteistä voisi sitten jatkossa mitata eri työmaiden tarpeisiin alemman tarkkuusluokan pisteitä. Pisteet tulisi rakentaa, jos mahdollista, peruskallioon. Jos tämä ei ole mahdollista, voisi pisteitä varten maahan lyödä betonista valmistetun paalun, joka mahdollisesti ylettyisi peruskallioon asti. Pisteet tulisi sitten suojata esimerkiksi kaivonrenkaalla. Tällöin voitaisiin olla varmoja, että piste on täysin koskematon ja maannousua lukuun ottamatta täysin liikkumaton. MVR-Rakennevahvistus Oy:n toimitusjohtajan Reijo Parkkisen antaman suullisen hinta-arvion mukaan yhden paalun asentaminen maksaisi noin 1 000 euroa. Pisteiden rakentamisen jälkeen pisteille tulisi mitata mahdollisimman tarkat koordinaatit. Järkevin mittaustapa olisi satelliittimittaus, lentokenttäalueen luodessa mainiot puitteet satelliittien käyttöön.

### 9.4 Suunnitelmat

Suunnittelussa tulisi panostaa siihen, että suunnitelmat saataisiin tarpeeksi ajoissa valmiiksi. Tällä tavoin mittajille annettaisiin enemmän aikaa tutustua ja käsitellä suunnitelmia niin, että ne saadaan maastoon realisoitua. Silloin aika riittäisi myös tarkastusten tekemiseen ja mahdollisten virheiden huomaaminen olisi todennäköisempää. Näin työn laatua saataisiin parannettua kautta linjan. Toinen parannusta vaativa kohde on paperitulosteiden liika informaatio. On varmasti oikein hyvä, että on yksi kuva, johon on kaikki mahdolliset rasterit laitettu päällekkäin. Tällaisten kuvien lisäksi pitäisi olla kuitenkin erikseen tulosteet, joihin on laitettu vain osa rastereista. Rasterit voisi jakaa esimerkiksi niin, että sähkösuunnitelmat tulevat yhdelle tulosteelle ja viemärointisuunnitelmat tulevat toiselle. Näiden lisäksi voisi sitten tarpeen mukaan tulostaa muita järkeviä kokonaisuuksia. Kaikkien tulosteiden pohjalla olisi sama pohjakartta. Tämä helpottaisi suunnitelmien lukemista, ja mahdollisten väärinlukemisten riski vähenisi merkittävästi.

## 9.5 Mittaajien määrä ja ammattitaito

Mittaajien määrä tulisi sopeuttaa aina työmaiden määrän ja kiireellisyyden mukaan. Liian monen mittaajan pitäminen ei ole millään tavalla mielekäästä. Jos mittaajia on liian vähän, tämäkin aiheuttaa omat ongelmansa. Mitään tarkkaa määrää tai kaavaa, jolla mittaajien sopivan määrän voisi laskea, ei minulla ole antaa. Tilaajan eli tässä tapauksessa Finavian tulisi hyvissä ajoin talvella tietää, mitä ensi kesänä tehdään ja kuinka paljon se vaatii mittaajia. Näin aliurakoitsijalle jäisi aikaa mahdollisesti rekrytoida uutta työvoimaa, jos muilta työmailta ei voida henkilöstöä uudelleen sijoittaa. Helsinki-Vantaalla tilanne on pääsääntöisesti sellainen, että kesällä mittaajia tarvitaan useampia mutta talven tullessa työmaat hiljenevät ja mittaajien tarve vähenee. Ihannetilanne olisi, että kesällä töissä olevat mittaajat ovat talven töissä toisella työmaalla ja tulevat taas seuraavaksi kesäksi takaisin. Näin saataisiin luotua kaikille mittaajille samanlainen tapa toimia ja tehdä töitä, eikä syntyisi sekaannuksia, vaikka eri työmaita jouduttaisiin hoitamaan välillä ristiin. Jos joka kesä tulee uusia mittaajia niin sanottujen ympärivuotisten avuksi, menee taas oma aikansa ennen kuin toimintatavat saadaan yhtenäistettyä. Vähän samaa voisi sanoa opiskelijoiden palkkaamisesta kesäksi. Koska kesällä kiire on kova, ei aika oikein riitä opettamiseen, ja koska opiskelija monesti tulee kesätöihin oppimaan, menee kesä häneltä siksi hieman hukkaan. Parasta olisi, jos opiskelijoille voisi talvella vähitellen opettaa toimintatapoja ja antaa vinkkejä. Tämä taas ei oikein sovi yhteen koulun aikataulujen kanssa. Yleisesti mielestäni mittaajien ammattitaitoa voisi kehittää erilaisilla lisäkoulutuksilla, varsinkin erilaisten tietokoneohjelmistojen opettelu ja kertaaminen olisi varmasti monelle hyödyksi.

## 10 Etäjäänpoistoalue 04R

### 10.1 Yleistä

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti yhtä kesän 2011 urakoista eli 04R-etäjäänpoistoalueen rakentamista. Alue sijaitsee kiitotien 04R lounaispäässä. Tämä alue on uudisrakentamista eli lentokentän asematasoaluetta laajennetaan. Alue toimii esimerkkinä siitä, millaisessa laajuudessa ja miksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehdään maanrakennus- ja päällystystöitä. Suunnittelija Heikki Putkosen mukaan



Helsinki-Vantaalla kenttäalueen yleissuunnitelmia tehdään muutamaksi kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. [22]

## 10.2 Tarve

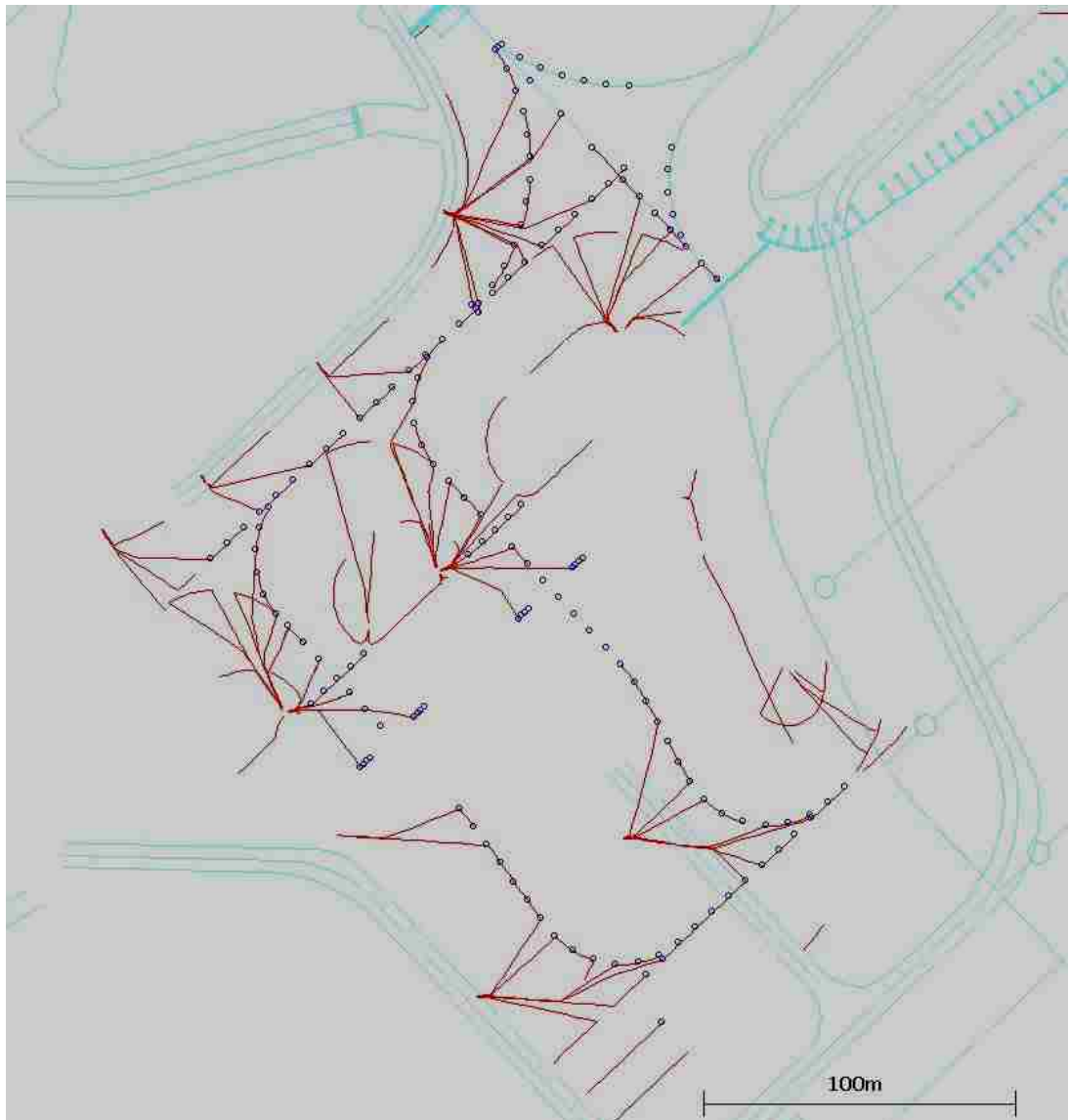
Yleisesti jokin toiminto luo tarpeen uuden alueen rakentamiselle. Näitä toimintoja voivat olla esimerkiksi rahdinkäsittely, lentokoneiden huoltotoimenpiteet tai matkustajien hallinta. Tarpeet voivat myös syntyä ympäristönsuojelun tuloksena. Etäjäänpoistoalueen tapauksessa on kyse ympäristön suojelusta. Helsinki-Vantaan lentoasemalle myönnetty ympäristölupa vaatii, että uusi jäänestoalue on otettava käyttöön vuoden 2011 loppuun mennessä. Helsinki-Vantaan ensimmäinen jäänestoalue sijaitsee vastakkaisella puolella kenttäaluetta. Se on suunniteltu toimimaan silloin kun lentokoneiden lentoonlähtösuunta on lounaaseen. Kun lentoonlähtösuunta on vastakkainen, lentokoneiden ei ole järkevää kiertää tämän alueen kautta päästäkseen toiseen päähän lentokenttää lähtökiihdytystä varten. Tästä syystä uusi etäjäänpoistoalue rakennetaan palvelemaan lentokoneita lentoonlähtösuunnan ollessa koilliseen. [21; 22; 23.]

## 10.3 Käyttötarkoitus

Lentokoneita joudutaan talvisaikaan käsittelemään kemikaaleilla, jotta ne eivät jäätyisi. Etäjäänpoistoalue on suunniteltu juuri tätä varten. Kemikaaleja ruiskutettaessa suurin osa niistä valuu maahan ja ajautuu valumavesien mukana kuormittamaan ympäristöä. Etäjäänpoistoalueella valumavesien keräystä on tehostettu, jotta mahdollisimman paljon näistä kemikaaleista saataisiin talteen. Talteen otettu aines toimitetaan mädättämöön, jossa sitä käytetään energialähteenä. Oikealla jälkikäsittelyllä talteen otetusta aineksesta voi saada käyttökelpoista jäänestoainetta, sitä ei tosin Helsinki-Vantaalla ainakaan vielä tehdä. Kesällä lentokoneiden jäänestoa ei tarvitse tehdä, joten silloin aluetta käytetään muihin käyttötarkoituksiin. Suunnittelija Putkosen mukaan kesällä aluetta käytetään normaalina asematasoalueena eli lentokoneiden seisontapaikkana. Alueella tulee olemaan neljä lentokoneiden pesu/seisontapaikkaa. [21; 22.]

#### 10.4 Rakentaminen

Vuoden 2011 loppuun mennessä alueelle valmistui kaksi pesupaikkaa. Jäljelle jääneet kaksi paikkaa on suunniteltu rakennettavaksi vuonna 2013. Vuoden 2011 aikana alueelle rakennettiin kaikkiaan 159 keskilinjavalaisinta ja 47 reunavalaisinta. Niitä varten asfalttiin asennettiin yhteensä noin 3 880 m rosteriputkea. Kuvassa 20 on punaisella värillä esitetty rosteriputkista tehdyt tarkemittaukset. Siniset ympyrät kuvaavat keskilinja- ja odotuspaikkavalaisimia. Reunavalaisimia ei kuvassa näy. Kuvan ylälaidassa näkyy muutama valaisin, jolle ei kuvan mukaan kulje rosteriputkea. Tämä



Kuva 20. 04R-etäjäänpoistoalueen rosteriputket ja keskilinjavalaisimet

johtuu siitä, että valaisimet ovat vanhoja ja ne on asennettu uudelleen asfaltoinnin jälkeen käyttäen samoja rosteriputkia. Vanhoja putkia ei siis missään vaiheessa poistettu ja tästä syystä niistä ei ole esitetty tarkemmittauksia tässä kuvassa.

Suunnittelussa vuoden 2013 urakassa vastaavat luvut ovat todennäköisesti hieman suuremmat. Tämä johtuu siitä, että kahden uuden pesu/seisontapaikan lisäksi alueelta rakennetaan uusi suora yhteys kiitotielle 04R. [22]

## 10.5 Kustannukset

Koko 04R etäjäänpoistoalueen rakentamisen kustannusarvio on noin 17 miljoonaa euroa. Tästä summasta käytettiin vuonna 2011 noin 14 miljoonaa euroa. Kyseessä on siis mittava investointi. Uusia alueita suunniteltaessa niiden budjettihinta lasketaan käyttämällä kaavaa 100 euroa kertaa rakennettava neliometri. 10 000 neliömetrin alueen rakentaminen maksaa siis noin miljoona euroa. Etäjäänpoistoalueen koko on noin 20 hehtaaria eli 200 000 neliometriä, joten budjettihinnaksi muodostuu 20 miljoonaa euroa. [22]

## 11 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli parantaa mittaustöiden laatua ja sujuvuutta Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Tarkoituksena oli luoda dokumentaatio, joka perehdyttää uusia työntekijöitä työskentelyyn lentoasemalla. Asioita haluttiin tuoda esiin niin teorian kuin käytännön kannalta.

Asetettuihin tavoitteisiin päästiin työn tekijän mielestä hyvin. Keskittymällä mittauksellisesti kaikkein haastavimpaan tehtävään eli valaisinjärjestelmien mittaamiseen, saatiin aikaan napakka tietopaketti, jota voidaan helposti soveltaa myös muihin työtehtäviin. Lukija saa myös kattavan käsityksen siitä, mitä työskentely Helsinki-Vantaan lentoasemalla on ja mitä se vaatii. Käytännön mittaustyöskentely ei juurikaan eroa normaalista työmaatyöskentelystä, mutta liikkuminen ja oleskelu lentoasemalla on niin erilaista, että mielestäni on hyvin tärkeää, että uudet työntekijät saavat siitä heti hyvän käsityksen. Lopussa käsitelty esimerkkityömaa toi hyvin esiin

suuruusluokan, jossa Helsinki-Vantaalla toimitaan. Työmaat olivat yleensä kohtuullisen isoja ja laatuvaatimukset korkeita.

Tulevaisuutta ajatellen tästä insinööriyöstä voisi tehdä toisen version, joka olisi lyhyempi ja jossa keskityttäisiin ainoastaan käytännön tekemiseen. Sen päivittäminen olisi helpompaa, jos ja kun työtavat työmailla muuttuvat ja kehittyvät. Tällä saataisiin toivottavasti luotua yhtenäinen työtapa kaikkien mittamiesten kesken ja näin parannettua työn laatua.

## Lähteet

- 1 Helsinki-Vantaan lentoasema. 2011. Verkkodokumentti. <[www.helsinki-vantaa.fi](http://www.helsinki-vantaa.fi)>. Luettu 19.11.2011.
- 2 Finavia Oyj. 2011. Verkkodokumentti. < [www.finavia.fi/tietoafinaviasta](http://www.finavia.fi/tietoafinaviasta)>. Luettu 19.11.2011.
- 3 Finavia Oyj. 2011. Verkkodokumentti. <[https://ais.fi/ais/eaip/aipcharts/efhk/EF\\_AD\\_2\\_EFHK\\_MARK.pdf](https://ais.fi/ais/eaip/aipcharts/efhk/EF_AD_2_EFHK_MARK.pdf)>. Luettu 7.12.2011.
- 4 Finavia Oyj. 2011. Verkkodokumentti. <[https://ais.fi/ais/eaip/pdf/aerodromes/EF\\_AD\\_2\\_EFHK\\_EN.pdf](https://ais.fi/ais/eaip/pdf/aerodromes/EF_AD_2_EFHK_EN.pdf)>. Luettu 7.12.2011.
- 5 Broberg, Mika. 2011. Maaliikenneohje osa D, Maaliikenne – RTF. Finavia Oyj.
- 6 Salo, Pekka. 2011. Helsinki-Vantaan lentoaseman toimintakäsikirja, versio 4.
- 7 Finavia Oyj.
- 8 Broberg, Mika. 2011. Maaliikenneohje osa C. Finavia Oyj.
- 9 Laki turvallisuusselvityksistä (177/2002)
- 10 Heinijoki, Heikki. 2011. Ajoneuvolla liikkumista koskeva ohje- ja lupajärjestelmä. Finavia Oyj.
- 11 Heinijoki, Heikki. 2010. Kenttäalueen liikennesäännöt. Finavia Oyj
- 12 Uusi lennonjohtojärjestelmä varmistaa Helsinki-Vantaan lentoaseman tarvitseman kapasiteetin. 2011. Tiedote 23.8.2011. Finavia Oyj.
- 13 Lentoaseman visuaaliset maalaitteet. 2002. Ilmailumääräys. Verkkodokumentti. < [http://www.finlex.fi/data/normit/5332-AGM3\\_07.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/5332-AGM3_07.pdf) >. Luettu 13.1.2012.
- 14 Koivula, Kimmo. 2012. Sähkösuunnittelija, Finavia Oyj. 26.1.2012. Sähköpostiviesti
- 15 Koivula, Kimmo. 2012. Sähkösuunnittelija, Finavia Oyj, Vantaa. Haastattelu. 19.1.2012.
- 16 Vuori, Janne. 2011. Rst-putkitustyöt. Liite Lentokenttien päällystystöiden työkohtaiseen työselitykseen.
- 17 Koivula, Kimmo. 2012. Sähkösuunnittelija, Finavia Oyj. Sähköpostiviesti. 12.3.2012.
- 18 Hämäläinen, Markku. 2012. Mittaustyönjohtaja, Pentti Hannukainen ky, Vantaa. Haastattelu 14.3.2012.
- 19 Vikström, Tero. 2012. Mittaaja, Pentti Hannukainen ky, Vantaa. Haastattelu 14.3.2012.

- 20 Rautiainen, Jaakko. 2012. Työmies, MVR-Rakennevahvistus Oy, Vantaa. Haastattelu 15.3.2012.
- 21 Parkkinen, Reijo. 2012. Toimitusjohtaja, MVR-Rakennevahvistus Oy, Vantaa. Haastattelu 12.1.2012.
- 22 Vuori, Janne. 2012. Toimitusjohtaja, RWY-Consulting Oy, Vantaa. Haastattelu 30.3.2012.
- 23 Putkonen, Heikki. 2012. Suunnittelija, Finavia Oyj, Vantaa. Haastattelu 13.4.2012.
- 24 Ympäristölupa rajoittaa Helsinki-Vantaan yöliikennettä. 2011. Tiedote 4.8.2011. Finavia Oyj.

**Rullaustie G keskilinjalaisinten koordinaatti erot**

	<b>Mitattu X- koordinaatti</b>	<b>Mitattu Y- koordinaatti</b>	<b>Suunniteltu X- koordinaatti</b>	<b>Suunniteltu Y- koordinaatti</b>
1	691175.374	552630.628	691175.377	552630.632
2	691168.267	552633.041	691168.275	552633.041
3	691161.185	552635.447	691161.173	552635.451
4	691146.972	552640.269	691146.968	552640.271
5	691132.752	552645.098	691132.764	552645.091
6	691118.559	552649.916	691118.559	552649.911
7	691104.361	552654.725	691104.355	552654.731
8	691090.150	552659.551	691090.150	552659.551
9	691075.939	552664.375	691075.946	552664.371
10	691061.750	552669.192	691061.741	552669.191
11	691047.556	552674.017	691047.537	552674.010
12	691033.340	552678.832	691033.332	552678.830
13	691019.140	552683.649	691019.128	552683.650
14	691012.038	552686.064	691012.025	552686.060
15	691004.932	552688.466	691004.923	552688.470
20	690990.719	552693.286	690990.718	552693.290
21	690983.614	552695.690	690983.616	552695.700
22	690976.522	552698.107	690976.514	552698.110
23	690969.416	552700.514	690969.412	552700.520
24	690962.306	552702.919	690962.309	552702.930
25	690955.212	552705.329	690955.207	552705.340
26	690948.098	552707.751	690948.105	552707.750
27	690941.004	552710.140	690941.003	552710.159
28	690933.895	552712.574	690933.900	552712.569
29	690926.794	552714.966	690926.798	552714.979
30	690919.704	552717.376	690919.696	552717.389
31	690912.600	552719.790	690912.594	552719.799
32	690905.486	552722.196	690905.491	552722.209
33	690898.389	552724.611	690898.389	552724.619
34	690891.284	552727.021	690891.287	552727.029
35	690877.077	552731.846	690877.082	552731.849
36	690862.877	552736.673	690862.878	552736.669
37	690848.668	552741.490	690848.673	552741.489
38	690834.469	552746.312	690834.469	552746.308

	<b>X-koordinaatti ero (mm)</b>	<b>Y-koordinaatti ero (mm)</b>	<b>Kokonaiserotmitta (mm)</b>
1	3	4	5
2	8	0	8
3	12	4	13
4	4	2	4
5	12	7	14
6	0	5	5
7	6	6	8
8	0	0	0
9	7	4	8
10	9	1	9
11	19	7	20
12	8	2	8
13	12	1	12
14	13	4	14
15	9	4	10
20	1	4	4
21	2	10	10
22	8	3	9
23	4	6	7
24	3	11	11
25	5	11	12
26	7	1	7
27	1	19	19
28	5	5	7
29	4	13	14
30	8	13	15
31	6	9	11
32	5	13	14
33	0	8	8
34	3	8	9
35	5	3	6
36	1	4	4
37	5	1	5
38	0	4	4