

# Ilmakuvaus äkillisten metsätuhojen ja tulvien yhteydessä

Helsinki 2011

# Ilmakuvaus äkillisten metsätuhojen ja tulvien yhteydessä

Helsinki 2011

Maa- metsätalousministeriölle

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 5.11.2010 työryhmän, jonka tavoitteena oli kuvata ilmakehän aineistojen käyttötarpeita todennäköisissä luonnontuhoilanteissa, määrittää ilmakehiltä vaadittavia ominaisuuksia ja arvioida vaihtoehtoja ilmakehän aineistojen hankkimiseksi. Työryhmän oli erityisesti selvitettävä Maanmittauslaitoksen ilmakehävaihtelu- ja käyttömahdollisuudet. Selvitys rajattiin äkillisiin metsätuhoihin ja tulviin liittyvään ilmakehävaihteluun ja kuvatuotantoon. Pelastustoiminnan mahdollisesti edellyttämät nopeat kuvaustarpeet rajattiin tämän selvityksen ulkopuolelle.

Selvitys tehtiin hallinnonalan sisäisen työryhmän avulla.

Työryhmän puheenjohtajaksi nimitettiin maanmittausneuvos Antti Vertanen maa- ja metsätalousministeriöstä ja hänen varalleen neuvotteleva virkamies Jere Rajalin maa- ja metsätalousministeriöstä. Jäseniksi nimitettiin seuraavat henkilöt: tutkimuspäällikkö Eija Honkavaara Geodeettisesta laitoksesta, puuntuotannon asiantuntija Arto Koistinen Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta, esittelijä Yrjö Niskanen Etelä-Savon metsäkeskuksesta, ylitarkastaja Sanna Paanukoski maa- ja metsätalousministeriöstä, johtaja Juha Vilhomaa Maanmittauslaitoksesta ja neuvotteleva virkamies Leena Westerholm maa- ja metsätalousministeriöstä. Työryhmän sihteerinä toimi Sanna Paanukoski.


Työryhmän toimikaudeksi määrättiin 15.11.2010-28.2.2011. Maa- ja metsätalousministeriö päätti 25.2.2011 jatkaa työryhmän toimiaikaa 31.3.2011 saakka.

Työryhmä kokoontui 7 kertaa ja kuuli työnsä kuluessa seuraavia asiantuntijoita: Olli Jaakonaho (Uudenmaan ELY-keskus), Kari T. Korhonen (Metla), Antti Pouttu (Metla), Mikko Sane (Suomen ympäristökeskus) ja Lasse Turunen (Blom Kartta Oy). Juho Heikkilä Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta kommentoi työryhmän muistion luonnosversiota.

Saatuaan työnsä päätökseen, työryhmä luovuttaa muistionsa maa- ja metsätalousministeriölle.

Helsingissä 31.3.2011

  
Antti Vertanen

  
Eija Honkavaara

  
Yrjö Niskanen

  
Juha Vilhomaa

  
Arto Koistinen

  
Jere Rajalin

Leena Westerholm

  
Sanna Paanukoski

## Tiivistelmä

Työryhmä kuvasi ja arvioi äkillisiin metsätuhoihin ja tulviin liittyvien ilmakehävaurioiden käyttöä ja tarvetta aikaisemmista kuvauksista (muun muassa vuoden 2010 myrskykuvaukset ja koekuvaukset) saatujen kokemusten avulla, määritteli tavoitteelliset ilmakehävaurioiden hankinta- ja käyttöprosessit sekä eri toimijoiden roolit, kuvasi ilmakehävaurioiden käytöstä saatavia hyötyjä, määritteli syntyviä kustannuksia ja teki alustavat ehdotukset jatkotoimenpiteiksi.

Tavoite sekä metsätuhojen ja tulvien ilmakehävaurioiden periaatteessa sama: halutaan tallentaa systemaattinen kuva ilmiöstä ja sen vaikutuksista tietyllä ajanhetkellä ja käyttää sitä operatiivisissa ja hallinnollisissa prosesseissa tarvittavan paikkatiedon tuottamiseen. Työryhmä keskittyi asettamis päätöksen mukaisesti ilmakehävaurioiden, joiden tarkoituksena on tuottaa metsätuhojen tai tulvien jälkihoidon edellyttämää paikkaan sidottua kuva-aineistoa suhteellisen laajoilta alueilta.

Myrskytuhot ja tulvat poikkeavat ilmakehävaurioiden kannalta toisistaan. Myrskyt ja niiden vaikutukset ovat yleensä vaikeammin ennakoitavissa, mutta niiden vaikutukset ovat melko pysyviä. Myrskyjen vaikutukset riippuvat huomattavasti myrskyn luonteesta, Tulvat ovat yleensä paremmin ennakoitavissa, mutta ne voivat olla nopeasti muuttuvia ja alueittain eteneviä.

Myrskytuhojen yhteydessä ensitiedot kokonaisalueen laajuudesta ja tuhojen vakavuudesta tarvitaan yleensä 1–2 vuorokauden kuluessa myrskystä, Nämä ensitiedot on käytännössä tuotettava muilla menetelmillä kuin ilmakehävaurioiden avulla, koska kohteen aluemäärittelyä tarvitaan myös ilmakehävaurioiden toteuttamista varten. Ilmakehävaurioiden kuva-aineistojen käsittely ja kuva-aineistojen analysointi voidaan toteuttaa olosuhteista ja alueen laajuudesta riippuen normaalisti muutamien vuorokausien aikana. Ilmakehävaurioiden on eniten hyötyä myrskyn jälkeisessä suunnitelmien päivittämisessä ja hallinnollisissa prosesseissa, jotka toteutetaan osin vasta viikkojen ja kuukausien kuluessa myrskyn jälkeen. Olennaista on saada käytössä oleviin järjestelmiin hyvin sopivaa kuva-aineistoa, joka on kuvattu mahdollisimman nopeasti myrskytuhojen tapahduttua.

Tulvissa tavoitteena on dokumentoida tulvan peittämä alue tietyllä ajanhetkellä, yleensä lähellä tulvahuippua. Kuvattava alue on määriteltävä esimerkiksi tulvariskikarttojen avulla. Tämä saattaa edellyttää jopa useita peräkkäisiä kuvauksia tulvan edetessä.

Työryhmä totesi, että ilmakehävaurioiden käyttö on sekä myrskytuhojen että tulvien yhteydessä yleensä hyödyllisiä, mutta näiden normaalikäytännöistä poikkeavien aineistojen käyttöprosessit eivät ole toistaiseksi riittävän vakiintuneita. Kuvauksista saatava hyöty on erityisesti myrskytuhojen yhteydessä riippuvainen järjestelmien kyvystä ottaa syntyvät kuvat nopeasti käyttöön ja liittää ne sujuvasti erilaisiin toimintaprosesseihin. Tämä edellyttää myös kouluttamista.

Myrskytuhojen yhteydessä kuvien systemaattinen visuaalinen analysointi tuhojen kartoitusta varten nähtiin liian työlääksi, hitaaksi ja virhealttiiksi menetelmäksi etenkin laajojen ja vaikutuksiltaan hajanaisten myrskyjen yhteydessä, vaikka tuotettaisiinkin teknisesti riittävän tarkkoja kuvia. Todettiin, että automaattisten muutos- ja kuva-analyysien käytettävyyttä tulee selvittää ja varautua niiden antamien tulosten hyödyntämiseen.

Työryhmä totesi, että keskeisessä roolissa ilmakehän hankinnassa ovat myrskytuhoja ja tulvia varten asetetut/asetettavat valmius- ja tulvaorganisaatiot. Näillä tulee olla jatkuvasti tiedossaan ilmakehän palveluiden saatavuus ja edellytykset käynnistää ilmakehän hankinta, mikäli tilanne niin vaatii. Työryhmä esittää, että Maanmittauslaitos (MML) toimisi kansallisena asiantuntijaorganisaationa, joka ylläpitäisi tietoa eri tahojen (kilpailutetut yritykset, MML, muut) ilmakehän palveluista ja avustaisi valmius- ja tulvaorganisaatioita ilmakehän toteuttamisessa. Työryhmä esittää lisäksi, että Maanmittauslaitos ryhtyy välittömästi toimenpiteisiin ilmakehän valmiuden seurannan ja parantamisen kehittämiseksi. Työryhmä esittää lisäksi, että Maanmittauslaitos varautuu mahdollisiin myrskytuho- ja tulvakuvauksiin vuoden 2011 kuvauskauden alusta alkaen, kunnes pysyvästä järjestelystä on sovittu.

Myrskytuhojen yhteydessä ilmakehän hyödyt syntyvät jälkihoidon tehostumisen ja hallinnollisten prosessien nopeutumisen kautta. Ilmakehän ja mahdollisten automaattisten muutosanalyysitietojen avulla kohteet ovat nopeammin paikallistettavissa ja toimenpiteet näin tehokkaammin ja kattavammin kohdennettavissa. Esimerkiksi metsänuudistamiseen tarkoitettua tukea voidaan allokoida tarkemmin niille kohteille, jotka ovat siihen oikeutettuja.

Työryhmä esittää, että kuvauksissa sovellettaisiin pääsääntöisesti normaaleja teknisiä kuvausmäärittelyjä olosuhteisiin sovitettuina. Näin kuvausten kustannukset vastaisivat kustannuksiltaan normaaleja kuvaustilauksia. Työryhmä katsoo, että esitetyllä tavalla toteutetut ilmakehän hankinnat eivät edellytä varsinaisesti ilmakehän valmiuden yleistä kohottamista (esimerkiksi vastuupäivystyksiä talvikaudella), mistä syystä merkittäviä lisäkustannuksia valmiuden parantamisesta ei syntyisi. Lentokoneiden ja kameroiden huollot olisi suunniteltava siten, että valmius ei olennaisesti heikkene. Ilmakehän palveluiden seurannasta, yhteistoiminnasta valmius- ja tulvaorganisaatioiden kanssa ja jakelupalveluiden kehittämisestä syntyy jonkin verran lisäkustannuksia Maanmittauslaitokselle.

Työryhmä katsoo, että ilmakehän saatava kokonaishyöty kansalaisille, yrityksille ja hallinnolle on selkeästi suurempi kuin kuvauksista, kuvankäsittelystä ja yhteistoiminnasta aiheutuvat kustannukset. Tästä syystä työryhmä suosittelee, että kokemusten hankkimista ilmakehän hankinnasta jatketaan valmius- ja tulvaorganisaatioiden ohjauksessa tulevien myrskytuhojen ja tulvien yhteydessä ja samalla käynnistetään järjestelmien ja palveluiden kehittäminen sekä kouluttaminen, jotta näitä aineistoja voidaan hyödyntää tehokkaasti.

## Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	7
2	Ilmakuvien käyttö metsätuhojen yhteydessä.....	8
2.1	Myrskytuhot.....	8
2.1.1	Kokemuksia Asta-myrskystä ja sen jälkeisistä ilmakuvauksista Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella.....	9
2.1.2	Ilmakuvien käyttö Gudrun-myrskyn yhteydessä Ruotsissa.....	13
2.1.3	Ilmakuvien tarve ja käyttö myrskytuhoissa.....	13
2.2	Muut äkilliset metsätuhot.....	17
3	Ilmakuvien käyttö tulvatilanteissa.....	18
4	Myrskytuhoalueiden koekuvaukset.....	21
4.1	Kuvausten suunnittelu.....	21
4.2	Toteutetut kuvaukset.....	22
5	Uudet tekniikat.....	25
5.1	Muutosten automaattinen tunnistus pintamalleja vertaamalla.....	25
5.2	Ilmakuvien stereotarkastelu.....	26
5.3	Muut tekniikat.....	26
6	Kuvausten tekniset vaatimukset.....	27
6.1	Metsäkuvaukset.....	28
6.2	Tulvakuvaukset.....	29
7	Ilmakuva-aineistojen hankintavaihtoehdot.....	29
7.1	Maanmittauslaitoksen ilmakuvapalvelut.....	29
7.2	Yritysten palvelut Suomessa.....	30
7.3	Muut vaihtoehdot.....	30
7.4	Vaihtoehtojen arviointi.....	31
8	Ehdotus toimintamalliksi metsätuhojen yhteydessä.....	32
8.1	Valmiuden ylläpito.....	33
8.2	Ilmakuvausten valmistelu ja hankintapäätösten teko.....	34
8.3	Ilmakuvaus ja kuvien käsittely.....	35
8.4	Kuvien jakelu käyttäjille.....	36
8.5	Kuvien käyttö.....	37
9	Ehdotus toimintamalliksi tulvatuhojen yhteydessä.....	38
10	Kustannukset ja vaikutusten arviointi.....	39
11	Työryhmän esitykset jatkotoimenpiteiksi.....	40
11.1	Perustelut.....	40
11.2	Työryhmän ehdotukset.....	41

# 1 Johdanto

Loppukesällä 2010 sattuneiden myrskytuhojen jälkeen maa- ja metsätalousministeriössä päätettiin pyytää puolustusvoimilta virka-apua Asta- ja Veera-myrskyjen aiheuttamien metsätuhoalueiden ilmakehuvausta varten. Ilmakehuvien hankinnan, jakelun ja käytön organisoinnissa myrskytuhojen arvioimista ja jälkihoitoa varten havaittiin tässä yhteydessä kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia.

Yksi kehittämistarpeista liittyy ilmakehuvausten hankintaan ja toteuttamiseen. Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla Maanmittauslaitoksessa on ilmakehuvukseen erikoistunut yksikkö Ilmakehuvakeskus. Sen tehtävänä on hankkia ilmakehuvia hallinnonalan tarpeisiin, erityisesti yleisiä kartastotehtäviä ja maataloushallintoa varten. Vuosittainen kuvausmäärä on noin 100 000 neliökilometriä (10 milj. hehtaaria). Noin puolet ilmakehuvaista hankitaan ostopalveluna markkinoilta ja puolet niin sanottuna omana tuotantona. Yhteistyön avulla on voitu karsia päällekkäistä työtä ja tuottaa laajempia kuva-aineistoja virastojen käyttöön. Ilmakehuvaukset tehdään modernilla digitaalisella suorapaikannusjärjestelmällä varustetulla kameralaitteistolla ja kuvat prosessoidaan kokonaan digitaalisessa prosessissa. Maanmittauslaitoksen ilmakehuvausjärjestelmä on kuvausvalmiudessa normaalisti huhtikuusta syyskuuhun, mutta se on tietysti järjestelyin saatavissa käyttöön myös varsinaisen kartoituskuvauskauden ulkopuolella.

Sään ääri-ilmiöiden on ennustettu ilmastonmuutoksen myötä runsastuvan lyhyellä aikavälillä. Nämä ääri-ilmiöt, kuten myrskyt ja kuivuus, sekä metsätuhohyönteiset ja -taudit aiheuttavat suuremman riskin metsätaloudelle ja metsäluonnolle kuin pitkän aikavälin muutostrendit lämpötiloissa. Hoitamattomat metsät ovat alttiimpia lumi- ja tuulituhonille sekä hyönteis- ja sienituhonille. Tulevaisuudessa tuulituhoriskiä kasvattaa se, että maaperän routaantumisen odotetaan vähenevän. Tämä ilmenee muun muassa lumipeite- ja routakausien lyhentymisenä sekä rankkasateiden ja hellejaksojen lisääntymisenä. Metsätuhoihin varautuminen ja niiden seurauksien jälkihoidon kehittäminen on siis entistäkin tärkeämpää.

Ilmastonmuutoksen ennustetaan nostavan erityisesti talviajan keskilämpötiloja ja sadantaa. Jokien ja järvien talven virtaamat ja vedenkorkeudet kasvavat merkittävästi ilmastonmuutoksen myötä aiheuttaen talvitulvia. Samalla kevättulvat pienenevät etenkin Etelä-Suomessa ja Keski-Suomessa. Suurten vesistöjen keskusjärvien, kuten Saimaan ja Päijänteen, vedenkorkeudet tulevat nousemaan talvella nykyisestä huomattavasti ja talvitulvien riski lisääntyy. Kesän kasvavien rankkasateiden myötä myös kesätulvat yleistyvät varsinkin pienissä vesistöissä ja taajamissa. Pidentynyt kesäkausi tuo myös kuivien kesien kasvavan riskin etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa.

Tuhoriskien ja tulvien lisääntymisen takia on perusteltua selvittää ilmakehuva-aineistojen käyttötarpeita erilaisissa tilanteissa, ilmakehuvilta vaadittavia ominaisuuksia ja vaihtoehtoja ilmakehuva-aineistojen hankkimiseksi.

Tämän selvityksen tavoitteena on kuvata ilmakehuva-aineistojen käyttötarpeita todennäköisissä luonnontuho-tilanteissa, määrittellä ilmakehuvilta vaadittavia ominaisuuksia ja arvioida vaihtoehtoja ilmakehuva-aineistojen hankkimiseksi. Erityisesti selvitetään Maanmittauslaitoksen ilmakehuvauspalveluiden rooli ja käyttömahdollisuudet.

Selvitys on rajattu äkillisiin metsätuhoihin ja tulviin liittyvään ilmakuvaukseen ja kuvatuotantoon. Pelastustoiminnan mahdollisesti edellyttämät nopeat kuvaustarpeet on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle. Myös metsäpalot on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle, koska ne ovat Suomessa yleensä selkeärajaisia ja suhteellisen pienialaisia, jolloin uusien ilmakuvien käytöstä ei saada merkittävää hyötyä.

Selvityksen yksityiskohtaisina tavoitteina on:

- kuvata ilmakuvien tarve sekä hankinta- ja käyttöprosessi metsä- ja tulvatuhojen yhteydessä (ennen, kestäessä ja jälkeen), sekä määritellä käytön edellyttämät kuvien tekniset vaatimukset,
- selvittää Maanmittauslaitoksen rooli ilmakuva-aineistojen hankinnassa ja jakelussa,
- määritellä tavoitteellinen ilmakuvien hankintapäätös-, hankinta-, jakelu- ja käyttöprosessi metsä- ja tulvatuhojen yhteydessä,
- arvioida tavoitteellisen prosessin ylläpidon ja toteuttamisen kustannukset,
- kuvata tavoitteellisen prosessin hyödyt ja vaikutukset sekä
- tehdä tarvittavat alustavat ehdotukset määritellyn prosessin käyttöönotosta ja rahoituksen järjestämisestä.

## 2 Ilmakuvien käyttö metsätuhojen yhteydessä

### 2.1 Myrskytuhot

Viimeisen noin 30 vuoden aikana Suomessa on esiintynyt seitsemän laajaa myrskyä, jotka kukin ovat kaataneet puuta 1–8 miljoonaa kuutiometriä puuta (taulukko 1). Myrskytuhoalueiden kokonaispinta-aloja ei ole systemaattisesti dokumentoitu. Viimeksi pahimmat tuhot tapahtuivat heinäkuun lopussa ja elokuun alussa 2010, jolloin myrskyjä esiintyi neljänä lähes peräkkäisenä päivänä (Asta, Veera, Lahja ja Sylvi-myrskyt). Myrskyt kaatoivat Metsäntutkimuslaitoksen mittauksen mukaan kaikkiaan 8,1 miljoonaa kuutiometriä puuta. Arvioita kaatuneista puumääristä tehtiin eri metsäkeskuksissa eri keinoin.

Vuoden 2010 myrskyjen jälkeen myrskytuhoalueita ilmakuvaattiin Suomessa ensimmäistä kertaa tuhon jälkihoitoon liittyvä toimenpiteenä. Kuitenkin esimerkiksi maa- ja metsätalousministeriön asettama Metsätuhotyöryhmä toteaa muistiossaan (2003) seuraavaa: "Tarkat tiedot metsätuhojen sijainnista, laajuudesta ja luonteesta helpottavat suuresti myrskytuhojen jälkien korjaamista. Alustavat arviot metsätuhoista saadaan yleensä maastokäyntien pohjalta. Lentokoneesta tai helikopterista tehdyt kartoitukset ja ilmakuvaukset ovat usein tehokkain tapa selvittää alueellisesti merkittävien metsätuhojen laajuus ja sijaintitiedot. Laajuudeltaan ja taloudelliselta merkitykseltään huomattavien äkillisten metsätuhojen kartoitus tulee voida tehdä valtion talousarvion määrärahoilla, jotka on varattu mm. metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta annetun lain perusteella aiheutuvien korvausten ja muiden menojen maksamiseen. Kartoituksessa voidaan käyttää tarvittaessa lentokonetta tai helikopteria sekä ilmakuvausta. Metsäkeskus tekee tarvittaessa esityksen maa- ja metsätalousministeriölle kartoituksen suorittamisesta."



Taulukko 1. Laajimmat myrskytuhot Suomessa viime vuosikymmeninä ja pääasialliset tuhoalueet.

Myrskyn nimi	Vuosi	Tuhoutunut puusto	Tuhoalue
Aarno	1978	2,5 milj. m <sup>3</sup>	Etelä-Pohjanmaa, Pirkanmaa
Mauri	1982	3,0 milj. m <sup>3</sup>	Lappi
Manta	1985	4,0 milj. m <sup>3</sup>	Savo, Pohjois-Karjala, Länsi-Lappi
Pyry, Janika	2001	7,3 milj. m <sup>3</sup>	Etelä-Pohjanmaa, Häme
Unto	2002	1,0 milj. m <sup>3</sup>	Savo
Asta, Veera, Lahja, Sylvi	2010	8,1 milj. m <sup>3</sup>	Savo, Kaakkois-Suomi, Keski-Suomi, Kainuu, Pohjois-Karjala

Ilmakuvauksen suunnittelun kannalta on tarpeellista tietää jollakin tarkkuudella myrskytuhoalueen kokonaispinta-ala, joka riippuu luonnollisesti myrskyn luonteesta. Vuoden 2010 myrskyt olivat kokonaisuutena laaja-alaisia. Täystuhoa oli 24 000 hehtaaria ja vakavaa tuhoa, jossa tuhopuustoa tulisi korjata tai on jo korjattu, on 53 000 hehtaaria. Todettavaa tuhoa, jossa oli yksittäisiä tuhopuita vähintään 10 kappaletta hehtaarilla ja tuhopuiden korjuuta tulisi harkita, oli 73 000 hehtaaria. Lievää tuhoa, jossa tuhoutuneita puita oli alle kymmenen kappaletta hehtaarilla ja tuholla ei vaikutusta metsikön metsänhoidolliseen tilaan, oli kaikkiaan 85 000 hehtaaria. Varsinaista merkittävää tuhoa syntyi paikoitellen ilmapvirtausten ja maasto-ominaisuuksien mukaisesti. Alueen vesistöolosuhteet (lähinnä suurten vesialueiden osuus pinta-alasta) vaikuttavat myös ilmakuvauksen suunnitteluun.

Vuoden 2005 tammikuussa Etelä-Ruotsissa riehui Gudrun-myrsky, joka kaatoi puuta 75 miljoonaa kuutiometriä. Metsää jouduttiin uudistamaan myrskyn jäljiltä kaikkiaan 130 000 hehtaarin alueella. Keski-Euroopan pahin myrsky koettiin joulukuussa 1999, jolloin metsää kaatui yhteensä noin 200 miljoonaa kuutiometriä. Kaikkein eniten tuhot koettelivat tuolloin Ranskaa, missä tuhoja esiintyi kaikkiaan 140 miljoonaa kuutiometriä.

### 2.1.1 Kokemuksia Asta-myrskystä ja sen jälkeisistä ilmakuvauksista Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella

Asta-myrsky kaatoi metsää laajasti Etelä-Savon maakunnassa aamuyöllä perjantaina heinäkuun 30. päivänä 2010. Eri metsäorganisaatioiden kenttähenkilöiltä saatiin muutaman päivän kuluessa tietoja, joiden perusteella todennäköiseksi kokonaistuhoalueeksi hahmottui Pihlajaveden kaakkoiskulmasta Pieksämäelle ulottuva alue (liite 1). Kenttähenkilöstö oli muodostanut näkemyksen myrskyn vaikutusalueesta metsänomistajilta saapuneiden ilmoitusten ja omien maastohavaintojen perusteella muutaman päivän kuluessa myrskystä. Näkemys myrskyn vaikutusalueesta ei muuttunut oleellisesti tietojen tarkentumisen myötä syksyn 2010 aikana.

Myrskytuhoalueen hakkuista metsäkeskukselle toimitettiin metsänkäyttöilmoituksia, joissa tuhoalueen hakkuut erotettiin muista hakkuista asiaa kuvaavalla tekstitiedolla, esimerkiksi ”myrskytuho”. Käyttöilmoituksia kertyi kuukauden kuluessa noin puolet ja viiden

kuukauden kuluessa noin 95 prosenttia lopullisesta hakkuumäärästä. Liitteessä 2 on havainnollistettu kartalle kiinteistöt, joilta tehtiin myrskyhakkuusta käyttöilmoitus 2.8.–31.12.2010.

### *Ilmakuvaukset*

Yksityinen ilmakuvauksyritys teki nopeasti, noin viiden päivän kuluttua myrskystä, oma-aloitteisesti tarjouksen edellä mainitun Etelä-Savon metsäkeskuksen tuhoalueen kuvauksesta. Tarjous sisälsi digitaalisen ilmakuvauksen ja kuvien työstämisen metsäorganisaatioiden tietojärjestelmiin sopivaan muotoon. Kuvauksen kustannukset olisivat olleet normaalin metsäilmakuvauksen suuruusluokkaa. Kuvauksen kustannusten jaosta ei syntynyt maakunnassa yhteisymmärrystä toimijoiden kesken. Kuvauksen kustannus-hyötysuhde arvioitiin myös heikoksi. Yhteistä ilmakuvausta ei näin ollen tehty. Yritys kuitenkin kuvasi osia tuhoalueesta oma-aloitteisesti.

Viikon kuluttua myrskystä, perjantaina 6.8.2010, Turun Vartiolaivueen lentokone teki metsäkeskuksen aloitteesta alueella tuhokartoituslennon. Havainnot tehtiin pääosin tähystämällä. Lentokoneesta kuvattiin lisäksi videokuvaa ja otettiin digitaalisia kuvia noin 200 kpl (kuva 1). Lento toteutettiin yhdensuuntaisina linjoina arvioidulla myrskytuhoalueella.



Kuva 1. Turun Vartiolaivueen 6.8.2010 lentokoneesta pienkameralla otettu kuva.

Lennolla oli mukana kaksi metsäkeskuksen toimihenkilöä, jotka havainnoivat myrskytuhoja silmämääräisesti ja tekivät merkintöjä kartoille. Lennon aikainen tuhojen paikantaminen kartalle koettiin hankalaksi. Tuhojen havaitseminen oli vaikeaa, jopa huomattavasti ennakoitua vaikeampaa. Paikantamisesta jäi satunnaisuuden vaikutelma. Kaikkia havaintoja ei myöskään ehditty merkitä kartoille. Kartoille tehdyille merkinnöille ei ole ollut käyttöä tähystyslennon jälkeen. Tämä johtui osin Asta-myrskyn luonteesta, jossa tuhokohteet saattoivat olla paikallisten syöksyvirtausten takia pienialaisia ja hajallaan laajalla alueella.

Metsäkeskus sai edellä mainitun kartoituslennon kuvamateriaalin käyttöönsä siten, että kuvia voitiin tarjota metsätoimijoille kun myrskystä oli kulunut noin kaksi viikkoa. Metsänhoitoyhdistys ja kaksi metsäyhtiötä testasivat kuvia työssään. Kuvia ei voitu hyödyntää toimijoiden karttajärjestelmissä, koska niitä ei ollut georeferoitu eli kuvan paikkaa ja asentoa ei ollut määriteltä, eikä myöskään oikaistu karttakoordinaatistoon. Myrskytuhojen paikantaminen oli vaikeaa ja työlästä kuvien reunassa olevien koordinaattien perusteella. Tällä menetelmällä tuotetuista kuvista ei näin ollen ollut hyötyä ja käyttö jäi muutaman kuvan kokeilukäyttöön.

Maa- ja metsätalousministeriön pyynnöstä puolustusvoimien ilmavoimat aloitti alueella varsinaisen ilmakuvauksen noin kaksi viikkoa myrskyn jälkeen. Kuvat otettiin noin viiden kilometrin korkeudesta perinteisellä tekniikalla mustavalkofilmille. Filmit kehitettiin ja kuvat muutettiin skannaamalla digitaaliseen muotoon puolustusvoimissa. Kuva-aineisto oikaistiin karttakoordinaatistoon (ykj) vain kuvauskeskipisteen ja lentosuunnan mukaan. Oikaisutietojen mukaan tällä menetelmällä yli 100 metrin sijaintivirheet ovat mahdollisia. Osin kuvien väliset sijaintierot saattoivat olla huomattavankin suuria. Kuvissa oli myös runsaasti pilviä ja niiden varjoja. Osa mustavalkokuvista oli vaaleita ja osa hyvinkin tummia. Esimerkki kuvista on esitetty kuvassa 3.

Oikaistut digitaaliset ilmakuvat siirrettiin Metsäntutkimuslaitoksen pystyttämään internet-kuvapalveluun. Toimijat pääsivät tarkastelemaan kuvia tunnistautumismenetelyn kautta. Kuvat olivat irrallisia toimijoiden omiin tietojärjestelmiin nähden. Toimijoilta saadun suullisen palautteen perusteella kuvien käyttö erillisen järjestelmän kautta on ollut hankalaa eikä kuvia ole Etelä-Savon metsäkeskuksen saamien tietojen mukaan pystytty kunnolla hyödyntämään operatiivisessa toiminnassa.

Metsäkeskuksessa ei pystytty tehokkaasti käyttämään vartiolentolaivueen kartoituslennolla ja puolustusvoimien kuvauksessa käytetyillä menetelmillä tuotettua kuva-aineistoa. Kartoituslento (tähistys) auttoi kuitenkin myrskytuhojen laajuuden ja tuhovaikutuksen hahmottamisessa.

Metsäntutkimuslaitoksen mukaan puolustusvoimien ottamilla kuvilla on kuitenkin ollut yllättävän paljon käyttöä internet-palvelussa. Metsäyhtiöiden toimihenkilöt olivat käyneet marraskuun loppuun asti katsomassa kuvia kuvapalvelussa. Myös kahden metsänhoitoyhdistyksen toimihenkilöt olivat käyneet katsomassa kuvia useasti. Kuvien tarkastelu painottui syksyyn, mistä voi päätellä, että niitä on käytetty pääosin jälkihoidon tarpeen ja kiireellisyyden arviointiin hajallaan sijaitsevilla tiloilla.

Metsäntutkimuslaitos käytti puolustusvoimien tuottamia ilmakuvia tuhoutuneen puumäärän arviointiin. Kuvilta tarkastettiin, oliko VMI-koelalla käynyt tuho ja tuhoutuneet koelarypät mitattiin maastossa. Lisäksi tehtiin pieni otos koelarypistä, joilla tuhoa ei näyttänyt

olevan. Maastotyöt tehtiin vasta varsinaisen VMI-maastokauden jälkeen lokamarraskuussa. Tähän käyttöön jopa hieman heikompileatuinen kuva on riittävä. Jos ilmakuvia ei ole lainkaan, joudutaan kaikki koealat käymään erikseen maastossa tarkastamassa, mikä lisää kustannuksia merkittävästi.

Käyttökokemusten perusteella voidaan todeta, että käytetyllä tekniikalla tuotetut pankromaattiset korkeailmakuvat eivät ole käyttökelpoisia visuaaliseen tulkintaan perustuvassa tuhojen kartoituksessa, vaan tarvitaan tarkempia ja monikanavaisia kuvia. Käytetty kuvien resoluutio oli niin karkea, että myrskytuhojen erottaminen ja rajaaminen oli käytännössä erittäin hankalaa tai se ei onnistunut lainkaan. Edellä mainituista syistä johtuen näitä kuvia ei voitu myöskään hyödyntää numeerisessa kuvatulkinnassa.

Kaiken kaikkiaan metsätoimijoiden ja toimihenkilöiden suhtautuminen vuoden 2010 myrskytuhoista otettuihin ilmakuviin oli hyvin vaihtelevaa, mikä näkyi laajana kirjona kuvien hyödyntämisessä. Osa käyttäjistä piti ilmakuvia hyvin tärkeinä ja niiden tarkkuudelle ja nopealla saatavuudelle heti tuhon jälkeen asetettiin suuria toiveita. Hyödyntämisen kirjavuus on hyvin ymmärrettävää, koska valmista prosessia ja menettelytapaa kuvien jakelulle ja käytölle ei ollut olemassa. Tehokasta käyttöä haittasivat myös erilaiset tekniset syyt.



Scale = 1 : 2551

3490566.12807, 6927218.85837

Kuva 2. Esimerkki puolustusvoimien vuonna 2010 tuottamista korkeailmakuvista.

## 2.1.2 Ilmakuvien käyttö Gudrun-myrskyn yhteydessä Ruotsissa

Gudrun-myrskyn jälkeen Ruotsissa tammikuussa 2005 tuhoalue lennettiin lentokoneella kaistoittain ja arvioitiin samalla tähystämällä, paljonko puita oli kaatunut. Kaistamenetelmän valintaan vaikutti tuhoalueen laajuus ja tuhon luonne. Varsinaiset ilmakuvaukset tehtiin 2 700 000 hehtaarin alalla 8000 metrin korkeudesta (ns. korkeakuvaus). Kuvausten tuloksena saatiin 1000 kappaletta ortokuvia 5 km x 5 km kokoisina karttalehtinä. Kuvien resoluutio oli 80 cm ja arvioitu tasosijaintitarkkuus 2–3 metriä. Kuvat saatiin käyttöön noin kahden viikon kuluttua kuvauksista. Tällä otantaan perustuvalla menetelmällä saatiin työryhmän tietojen mukaan lähes sama tulos, kuin jälkikäteen tehdyllä valtakunnallisen metsien inventointiin perustuvalla laskennalla. Menetelmä on todennäköisesti hyvin vaativa ja perusteltu tällaisissa erityisen laaja-alaisissa tuhoissa.

## 2.1.3 Ilmakuvien tarve ja käyttö myrskytuhoissa

### Metsäkeskusten valmius- ja viranomaistyö

Metsäkeskusten valmiuspäälliköiden vastuulla on selvittää myrskyn laajuus. Koska myrskytuho laajuudesta pitää muodostaa käsitys nopeasti, käytännössä jo ennen uusien ilmakuvien valmistumista, on ilmakuvien merkitys metsäkeskusten valmiustyössä ollut vähäisempi kuin viranomaistyössä. Valmiustyössä tulee kuitenkin olla edellytykset nopeasti arvioida ja päättää myrskyn jälkihoidon yhteydessä mahdollisesti tarvittavasta ilmakuvauksesta.

Ilmakuvat ovat tarpeen päivitetessä metsävaratietokantaa myrskyn ja myrskyä seuranneiden korjuutoimenpiteiden mukaiseksi. Ilmakuvat dokumentoivat tehokkaasti myrskyn jälkeisen tilanteen ennen jälkihoitotoimenpiteitä, mikäli kuvaus pystytään tekemään kohtuullisen pian (alle viikossa) myrskyn jälkeen.

Metsäkeskusten viranomaistyössä on selkeä tarve suhteellisen tarkkoille ilmakuville suuren myrskytuho jälkeen:

#### *Metsänkäyttöilmoitusmenettely*

Tuoreilla ilmakuvilla voidaan tarkentaa metsälain (1093/1996) mukaisten metsänkäyttöilmoitusten kohdistuminen myrskytuhoalueilla. Tuoreiden ilmakuvien ansioista myös itse metsänkäyttöilmoitukset saataisiin rajoiltaan tarkemmiksi ja niiden tarkastus helpottuisi.

#### *Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt*

Tuoreet ilmakuvat ovat tarpeen, jotta voidaan tarkentaa metsälain 10 §:n kohteille (erityisen tärkeät elinympäristöt) sattuneiden myrskytuhojen kohdentuminen. Lisäksi niitä tarvittaisiin ympäristötukikohteiden tilan selvittämiseen myrskytuho jälkeen. Näin saataisiin nopeasti ratkaisut toimenpiteistä ja mahdollinen puunkorjuu luvallisesti käyntiin.

#### *Valtion varoin tuettavat metsänuudistamiskohteet*

Ilmakuvien avulla voisi olla mahdollista määrittää myrskytuhoalueen pinta-ala. Pinta-alan avulla puolestaan olisi mahdollista arvioida tarkemmin myrskytuhoalueiden uudistamiseen tarvittavan valtion tuen (kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain (1094/1996) mukainen tuki) määrä. Ilmakuvilla voidaan tarkentaa Kemera-hakemusten kohdistuminen



myrskytuhoalueelle. Ilmakuvista nähdään, mitkä kohteet ovat myrskytuhoon vuoksi uudistettavia kohteita, joiden viljelyyn voi saada kohdennettua valtion Kemera-tukea.

Puunkorjuun jälkeen on mahdotonta erottaa myrskytuhoalueen hakkuuseen yhdistettyjä muita päätehakkuita, joiden uudistamiseen ei ole mahdollista saada valtion rahoitusta. Jos heti myrskyn jälkeen otettuja ilmakuvia käytetään systemaattisesti kyseessä olevalle alueelle kohdistuvien Kemera-viljelyhankkeiden laadinnassa ja tarkastuksessa, johtaa hankkeiden tarkka kohdentuminen tukikelpoisille alueille säästöihin Kemera-varojen käytössä. Esimerkiksi Etelä-Savossa koko myrskytuhoalueen ilmakuvaukustannukset olisivat olleet noin 35 000 - 45 000 euroa. Kemera-varojen käytössä olisi syntynyt näitä kustannuksia vastaava säästö, jos tukikelvottomia alueita voitaisiin rajata pois noin 70 hehtaarin verran. Tämä 70 hehtaaria on 1,4 prosenttia koko 5000 hehtaariksi arvioidusta myrskytuhoalueen Kemera-viljelyalasta. Laajoissa myrskytuhoissa voidaan Kemera-viljelyhakemusten totuudenmukaisuus todeta käytännössä vain vertaamalla ilmoitettuja aloja heti tuhon jälkeen otettuihin ilmakuviin.

#### *Ilmakuville asetettavat vaatimukset metsäkeskuksissa*

Ilmakuvista on lisäarvoa vaihtoehtoisin tietojenkeruumenetelmiin verrattuna. Ilmakuvauus on mahdollisesti halvempi, mutta ennen kaikkea nopeampi tapa alueen laajuuden ja sijoittumisen tarkentamiseen verrattuna maastossa ja teitä pitkin tapahtuvaan kartoitukseen. Tuoreiden ilmakuvien käytettävyys riippuu siitä, kuinka tehokkaasti ja luotettavasti myrskyn kokonaan tai osittain tuhoamat/muuttamat alueet ja kohteet voidaan löytää ja rajata. Kattava visuaalinen myrskytuhoinventointi ilmakuvien avulla on havaittu kokeilujen perusteella vaativaksi ja suhteellisen hitaaksi toimenpiteeksi, mihin osaltaan voi vaikuttaa se että tuotanto- ja käyttöprosesseja ei vielä ole optimoitu tähän tarkoitukseen. Lisähaasteena on osaavan tulkitsijaresurssin ylläpito tällaisia suhteellisen harvoin esiintyviä tilanteita varten.

Jotta ilmakuvista olisi mahdollisimman paljon hyötyä käytännön työssä, niiden olisi täytettävä mahdollisimman pitkälle normaalit metsäsuunnittelun laatuksiteerit. Ne olisi saatava sujuvasti taustakartoiksi käytössä oleviin järjestelmiin, mukaan lukien Masto- ja Kemera-järjestelmät. Myrskyn muuttamien alueiden ja kohteiden tehokas automaattinen analysointi visuaalisen työn tueksi voi tehostaa merkittävästi ilmakuvien käytettävyyttä. Tämä edellyttää analysointimenetelmien kehittämistä. Jotta ilmakuvia pystyttäisiin hyödyntämään hakkuiden valvonnassa ja seurannassa, olisi ne ja mahdolliset analyysitulokset saatava mahdollisimman nopeasti (14 vrk) viranomaistoiminnon käyttöön.

Kun ilmakuvat ja mahdolliset analyysitulokset saadaan eri toimijoiden (metsäyhtiöt, metsänhoitoyhdistykset, metsäpalveluyrittäjät) käyttöön sujuvasti korjuun suunnitteluun ja kuvioiden rajaukseen, heidän työnsä tehostuu ja helpottuu. Tämä parantaa toimijoilta metsäkeskukseen tulevien metsänkäyttöilmoitusten ja Kemera-tukihakemusten laatua ja nopeuttaa siten niiden käsittelyä.

#### **Maa- ja metsätalousministeriö**

Maa- ja metsätalousministeriössä tarvitaan nopeasti, noin yhden viikon kuluessa, ensiarvio myrskytuhojen laajuudesta. Laajuudella tarkoitetaan tuhojen esiintymisaluetta, pinta-alaa sekä arvioitua tuhoutunutta puumäärää. Kesän 2010 myrskyissä metsäkeskuksista saatu ensimmäinen arvio oli noin miljoona kuutiometriä. Arvio tuhoutuneesta puumäärästä kasvoi jatkuvasti ja viimeisin arvio oli noin viisi miljoonaa kuutiometriä.

Metsäntutkimuslaitoksen inventoinnin mukaan todellinen tuhoutunut puumäärä oli kuitenkin noin 8,1 miljoonaa kuutiometriä, eli kahdeksankertainen ensimmäiseen arvioon verrattuna.

Tällä hetkellä valtion talousarviossa on maa- ja metsätalousministeriön vastuulla oleva momentti 30.60.43 Eräät korvaukset, jonka määrärahaa voidaan käyttää laajuudeltaan ja taloudelliselta merkitykseltään huomattavien äkillisten metsätuhojen kartoituksesta aiheutuvien menojen maksamiseen. Momentille on varattu tähän käyttötarkoitukseen 20 000 euroa. Tämä vastaa nykyisillä ilmakehuvauskustannustasoilla ja metsäkuvausvaatimuksilla ilmakehujen tuottamista noin 100 000 - 200 000 hehtaarin alueelta (kokonaispinta-ala). Monissa tapauksissa myrskytuho edellyttää varsinaisia tuhokohteita huomattavasti laajemman kuvauksen.

Kyseessä on arviomääräraha, mikä tarkoittaa sitä, että momentti voidaan ylittää, jos siihen saadaan valtioneuvoston raha-asiainvaliokunnan lupa. Käytännössä ylitysluvan saamiseen kuluu aikaa viikosta kahteen viikkoon. Raha-asiainvaliokunnalle pitää luvan saamiseksi esittää perusteet ja kustannusarvio niistä toimenpiteistä, joita tehtäisiin ja joiden takia ylityslupa tarvitaan. Asian esittelemiseksi ministeriö tarvitsee myös metsäkeskuksen esityksen asiasta.

## **Metsäntutkimuslaitos**

Maa- ja metsätalousministeriön ja Metsäntutkimuslaitoksen välisessä vuoden 2011 tulossopimuksessa on sovittu, että Metla varautuu äkillisten laajojen metsätuhojen, lähinnä myrskytuhojen, jälkeisten selvitysten tekemiseen. Metla voisi käyttää ilmakehuvia tähän tuhoutuneen puumäärän arviointiin, kuten se teki vuoden 2010 myrskyjen jälkeen. Ilmakehuilta voidaan tarkastaa onko Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) koealalla käynyt tuho ja tällaiset koealarypät mitataan maastossa. Vuonna 2010 maastotyöt tehtiin vasta varsinaisen VMI-maastokauden jälkeen loka-marraskuussa. Tähän käyttöön jopa hieman heikompileatuiset kuvat ovat riittäviä. Jos ilmakehuvia ei ole lainkaan, joudutaan kaikki koealat käymään erikseen maastossa tarkastamassa. Metla kävi tarkastamassa vuoden 2001 Pyy- ja Janika-myrskyjen jälkeen kuuden metsäkeskuksen alueella kaikki pysyvät koealat. Näiden mittausten otantavirhe oli 10 prosenttia. Työmäärä oli massiivinen. Ilmakehu-aineiston avulla työmäärä saadaan vähennettyä arviolta alle kolmasosaan.

## **Metsäteollisuus ja puunkorjuuryitykset**

Vuoden 2010 kuvauksista saatujen kokemusten perusteella (vrt. 2.1.1) metsäteollisuus- ja puunkorjuuryitykset voivat käyttää tuoreita ilmakehuvia aktiivisestikin myrskytuhojen jälkihoidossa muun muassa toimenpidetarpeiden ja niiden kiireellisyyden arviointiin. Valmiit tuhoanalysoinnit voivat tehostaa tätä käyttöä merkittävästi. Erikseen on selvitettävä, millä ehdoilla yksityiset yritykset voisivat käyttää julkisen hallinnon tuottamia aineistoja omassa liiketoiminnassaan.

## **Metsänhoitoyhdistykset ja Metsänomistajien liitot**

Metsänhoitoyhdistyksille tuoreista ilmakuvista voisi olla hyötyä leimikoiden ja korjuun suunnittelussa. Kuvat tulisi olla saatavilla nopeasti, viimeistään kahden viikon kuluttua myrskystä. Kuvien tulisi olla digitaalisia, laadukkaita värikuvia ja ne tulisi olla liitettävissä toimijoiden omiin karttajärjestelmiin sopivassa koordinaatistossa. Tällöin voitaisiin nopeammin kohdentaa toimenpiteet oikeisiin kohteisiin ja tiloihin. Mahdolliset automaattiset tuhoanalyysit voisivat tehostaa myös metsänhoitoyhdistysten toimintaa. Metsänomistajien liitoille ilmakuvista voisi olla hyötyä tiedotuksen ja metsänhoitoyhdistysten yhteistyön organisoinnin näkökulmasta. Erikseen on selvitettävä, millä ehdoilla metsänhoitoyhdistykset ja metsänomistajien liitot voisivat käyttää julkisen hallinnon tuottamia aineistoja omassa toiminnassaan.

## **Vakuutusyhtiöt**

Finanssialan keskusliitto ry:n kautta kysyttiin vakuutusyhtiöiden tarvetta ilmakuvien käyttöön myrskytuhojen ja tulvien yhteydessä, mutta selvää kantaa asiaan ei saatu. Vakuutusyhtiöissä ei ole toistaiseksi ollut merkittävää tarvetta ilmakuville, sillä heillä ei ole välttämättä henkilökuntaa tai järjestelmiä käytössään, joiden avulla ilmakuvia voitaisiin tehokkaasti hyödyntää. Mikäli ilmakuvat olisivat käytettävissä avoimissa kuva-palveluissa ja/tai tuhojen kohdistumisesta tuotetaan automaattinen analyysi, voisivat myös vakuutusyhtiöt hyödyntää ilmakuvia ja analyysin tuloksia paremmin toiminnassaan. Tämä edellyttäisi sähköisten tietopalveluiden avaamista vakuutusyhtiöille. Erikseen on selvitettävä, millä ehdoilla vakuutusyhtiöt voisivat käyttää julkisen hallinnon tuottamia aineistoja ja -palveluita omassa toiminnassaan.

## **Yhteenveto ilmakuvien tarpeesta ja käytöstä myrskytuhojen yhteydessä**

Myrskytuhotilanteeseen liittyviä tietotarpeita ja niiden kiireellisyyttä on kuvattu taulukossa 2. Heti myrskyn puhjettua ja sen kestäessä tarvitaan nopeasti havaintoja ja tietoa myrskyn luonteesta, vaikutuksista ja vaikutusalueen laajuudesta jatkotoimenpiteiden tarpeen ja laajuuden arvioimista varten. Samalla alkaa tiedottaminen kansalaisille myrskyn vaikutuksista ja tilanteen kehittymisestä. Tiedottamista ja mahdollisten politiikkatoimien valmistelua varten tarvitaan pika-arvio vahinkojen suuruudesta. Mikäli myrskyn vaikutukset ovat merkittävät, on tässä vaiheessa päätettävä myös ilmakuvauksesta tai muusta menetelmästä, jolla myrskyn jälkeinen tilanne dokumentoidaan erilaisia jälkihoitoon liittyviä toimenpiteitä varten. Metsätalouteen liittyvät jälkihoitotoimenpiteet ja niiden tietotarve sekä erilaiset seurantatoimet käynnistyvät laajamittaisesti 1–2 viikon kuluessa varsinaisesta tuhotapahtumasta ja ne kestävät useita viikkoja. Lopullinen tarkka koelamittauksiin perustuva tieto myrskyn vaikutuksista saadaan muutamien kuukausien kuluttua tuhotapahtumasta.



Taulukko 2. Tiedon tarve myrskytuhoon tapahduttua.

MITÄ TARKOITUSTA VARTEN?	KUINKA NOPEASTI?					
	Heti (0-2 vrk)	2-5 vrk	1 viikon kuluessa	2 viikon kuluessa	1 kk:n kuluessa	3 kk:n kuluessa
Havainnot vaikutuksista ja laajuudesta						
Pika-arvio vahinkoalueesta						
Tiedonvälitys kansalaisille						
Alkutilanteen dokumentointi/ilmakuvaus						
Pika-arvio metsätuhoista						
Politiikkatoimet						
Viranomaistyö (kamera, ymp. tuet)						
Puunkorjuun tuki						
Jälkiseuranta (myrskypuiden poisto)						
Lopullinen tuhoarvio (ala, m <sup>3</sup> )						

## 2.2 Muut äkilliset metsätuhot

Tuhojen laajuuden ja merkityksen määrittäminen on tärkeää myös laajoissa hyönteistuhossa, mutta verrattuna esimerkiksi myrskytuhoihin, tuhojen merkitystä on vaikeampaa todeta. Jos tuhon aiheuttaja on neulasia tai lehtiä syövä hyönteinen, niin tuhon merkitys ei ole niin selvä, koska vain osa puista voi kuolla tai tulla vain kasvutappioita. Tavallisista ilmakuvista ei yleensä voida havaita hyönteistuhosta mitään. Lehtipinta-alaindeksin laskemiseksi tarvittaisiin monta eri kuvatasoa (monikaistailmakuvia).

Sienitaudit (ruoste- tai karistetaudit) pystyttäisiin mahdollisesti erottamaan tavallisista ilmakuviista, mutta tällä hetkellä siihen ei nähdä tarvetta. Erittäin tärkeää olisi kehittää tulevaisuutta silmällä pitäen sellainen menetelmä, jolla voitaisiin todeta mäntyankeroinen puusta. Ankeroinen vaikuttaa puun nestevirtauksiin ja se voitaisiin mahdollisesti todeta kuvista.

Ilmakuviavia voitaisiin mahdollisesti käyttää metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta annetun lain (263/1991) noudattamisen valvonnassa (kaadetun puutavaran poiskuljetus ja vahingoittuneiden puiden poisto ennen kesän määräaikoja). Periaatteessa ilmakuviavia voitaisiin käyttää myös seuraustuhon valvonnassa, mutta kohteet ovat useimmiten pienialaisia ja hajallaan laajoilla alueilla, mistä syystä uusien ilmakuviavien käyttö ei olisi tässä tapauksessa tehokasta. Automaattisten tuhoanalyysien tuloksia (aluerajaukset) voitaisiin käyttää seuraustuhon valvonnan tukena.

### **3 Ilmakuviavien käyttö tulvatilanteissa**

#### **Tulvat ja toiminta tulvatilanteessa**

Tulvat voidaan jakaa yleisesti vesistötulvaan, merenpinnan noususta aiheutuvaan tulvaan sekä rankkasateen aiheuttamaan tulvaan muualla kuin vesistöissä. Vesistötulvat aiheutuvat Suomessa yleensä sateista ja lumen sulamisesta, mutta myös jää- ja hyydepadot voivat aiheuttaa joessa paikallisesti voimakkaan vedenpinnan nousun. Merenranta-alueilla myrskyt voivat yhdessä muiden vedenkorkeutta nostavien tekijöiden kanssa aiheuttaa tulvia. Rankkasadetulvalla eli hulevesitulvalla tarkoitetaan tilannetta, jossa poikkeuksellisen voimakas sade aiheuttaa maanpinnalla veden tulvimisen. Ilmastonmuutoksen arvioidaan muuttavan merkittävästi vesiolosuhteita ja tulvariskien voidaan olettaa yleisesti lisääntyvän. Tulvat aiheuttavat Suomessa vuosittain vahinkoja jossakin osassa maata, mutta vuosien välinen vaihtelu on hyvin suuri. Toiminta tulvan uhatessa ja itse tulvatilanteessa ratkaisee lopullisesti vahinkojen määrän.

Tulvatilanteessa toimintaa johtavalla on oltava tilannekuva, joka mahdollistaa oikea-aikaisen päätöksenteon. Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) ylläpitävät vesistötulvien tulvatilannekuvaa, joka sisältää myös tulvavaroitukset. Rankkasateiden ja merivedenpinnan nousun ennustaminen kuuluu Ilmatieteen laitokselle. Nykyisillä tulvaennusteilla pystytään ennustamaan melko luotettavasti vesistötulvat. Viime vuosina myös rankkasateista aiheutuvien hulevesitulvien ennustaminen on parantunut. Rankkasateiden aiheuttamiin tulviin ja merenpinnan nousuun reagoimisaika jää kuitenkin parhaimmillaankin päiviksi – rankkasateiden kyseessä ollessa alle vuorokaudeksi, kun taas lumen sulamistulvien huippu pystytään ennustamaan usein jo viikkoja etukäteen.

Vesistötulvan uhatessa ELY-keskus on yhteydessä alueen kuntiin ja pelastustoimeen valmiustason nostamiseksi. Vastaavasti merivesi- ja rankkasadetulvissa Ilmatieteen laitos toimii varoittajana. Tulvatilanteessa alueen pelastustoimi vastaa pelastustoiminnasta ja perustaa tarvittaessa johtoryhmän, johon kutsutaan yleensä alueen kunnat ja tarvittavat asiantuntijaviranomaiset.

Tulvariskien hallinnasta säädetään Euroopan parlamentin ja neuvoston tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta säätämän direktiivin (2007/60/EY) mukaisesti lailla (620/2010) ja asetuksella (659/2010) tulvariskien hallinnasta. Näissä edellytetään tulvariskien arviointia ja tulvavaara- ja tulvariskikarttojen sekä tulvariskien hallintasuunnitelmien laatimista, joista on myös tiedotettava laajasti ja raportoitava komissiolle. Tulvariskien hallinnassa tietopohjan muodostavat hydrologiset havainnot ja hydrologinen tutkimustoiminta, valunta- ja virtausmallit, tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä korkeusaineistot ja muut erilaiset paikkatietoaineistot. Havainnot ja dokumentointi tulvatilanteista on tärkeä osa tietopohjaa.

## **Ilmakuvien käyttö tulvissa**

Kaikissa viime vuosien poikkeuksellisissa vesistötulvissa on pyritty kuvaamaan tulvan laajuus ilmakuvina (ks. liite 3). Merivesitulvissa ja taajamien rankkasadetulvissa ilmakuvausta ei ole käytetty tulvatilanteen dokumentointiin.

Kuvauksia on tehty ottamalla lentokoneesta video- ja/tai viistoilmakuvaa kuvasarjoina. Viistokuvat ovat olleet käytössä, koska niitä on ollut helpompi ottaa (eivät edellytä erikoiskalustoa) ja sopivaa kalustoa on ollut tarjolla. Kuvausalueet ovat myös olleet suhteellisen pieniä. Georeferoituja pystyilmakuvia on otettu hyvin vähän, eikä niiden käytettävyyttä ole kunnolla selvitetty. Kuvaukset on tilattu yksityisiltä kuvausyrityksiltä ja tilaajana on yleensä ollut ELY-keskus. Kuvia on pidetty hyvin hyödyllisinä ja kokemukset kuvien tilaamisesta ovat pääosin positiivisia. Tällä joustavalla menettelyllä kuvaus on saatu suoritettua haluttuna aikana ja kohtuullisin kustannuksin. Kuvamateriaali on ollut hyvälaatuaista ja se on saatu käyttöön koordinaatistoon sidottuna yleensä jo seuraavana päivänä.

FloodMAN -hankkeen yhteydessä vuonna 2005 testattiin tulvien tunnistamista tutkasatelliittikuvilta. Tulosten perusteella tulvatietoa saatiin hyvin avoimilta alueilta, mutta peitteisiltä alueilta ei. Johtopäätöksenä todetaan, että tutkasatelliittikuvista voisi olla hyötyä laajoilla avoimilla alueilla.

(Lisätietoja hankkeesta: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=139094&lan=fi>)

Keväällä 2010 kokeiltiin myös lennokkipohjaista kuvausta tulvatilanteen dokumentointiin pienehkössä vesistötulvassa Vantaalla. Kuvauksissa lennokin piti nykymääräysten mukaisesti olla koko ajan ohjaajan näkyvässä, mikä rajoitti kuvattavaa aluetta. Kuvamateriaali saatiin seuraavana päivänä käyttöön.

## **Ilmakuvien tarpeellisuus tulvatilanteissa**

Tulvien dokumentointi on tärkeää sekä kansallisella tasolla että Euroopan Unionin tasolla. EU:n tulvadirektiivi edellyttää tulvien kartoittamista ja ennakoimista. Ilmakuvat ovat tarpeellisia lähinnä dokumentointia ja raportointia ajatellen. Direktiivin mukaan ei ole pakollista tuottaa paikkatietoaineistoa, mutta Suomessa tulvatieto on päätetty tuottaa ajanmukaisin menetelmin.

Tulvatieto on tarpeellista paitsi varsinaisessa tulvantorjunnassa myös tulvariskien vähentämiseksi ja hallitsemiseksi tehtävässä suunnittelussa, kuten alueiden käytön suunnittelussa ja rakentamisen ohjauksessa. Ilmakuvaukset on paitsi tarpeellista tulvahavaintojen dokumentoimiseksi myös erittäin havainnollinen keino tiedottamisessa.

Ilmakuvia ei ole Suomessa käytetty varsinaiseen toiminnan ohjaamiseen tulvatilanteessa. Riittävän nopeasti saatavia kuvia voitaisiin luultavasti hyödyntää myös pelastustoimen suunnittelussa ja toimenpiteiden alueellisessa priorisoinnissa. Suurtulvatilanteissa tai merivesitulvissa, joissa tulva uhkaa samanaikaisesti koko rannikkoaluetta, voidaan joutua tekemään valintoja pelastustoimen resurssien jakamisessa eri alueille. Tulvavahinkojen kartoittamiseen ilmakuvia ei ole käytetty. Tulvien jälkeisellä kuvauksella saataisiin selville maataloudelle aiheutuneet vahingot, mutta rakennuksille aiheutuneet tuhot eivät kuvista näy.

Taajamien rankkasadetulvat esiintyvät rajatuilla alueilla, eikä ilmakuvauksen käyttöön niissä ole ollut tarpeita.

### **Edellytykset tulvien ilmakuvaukselle**

SYKEN vesistömallijärjestelmällä (<http://www.ymparisto.fi/vesistoennusteet>) pystytään ennustamaan vesistötulvatilanteita jopa viikkoja etukäteen. Tulvahuipun, jonka dokumentointi olisi kaikkein tärkeintä, ennustaminen on kuitenkin vaikeaa. Olisi tärkeää saada mobilisoitua kuvaus oikea-aikaisesti, jos ennusteen mukaan näyttäisi olevan tulossa merkittävä tulvatilanne. Kuvauksen ajoittamisessa tarvitaan joustavuutta, jotta kuvausta voidaan siirtää muutaman päivän sisällä.

Yleisin tarve tulvien kuvaukseen on keväisin, jolloin Maanmittauslaitoksen kuvaustoiminta on käynnissä. Kuvaustarpeita voi kuitenkin tulla myös muina vuodenaikoina ja niitä ei aina pystytä ennustamaan kovin aikaisin. Ennustetut tulvat voivat myös jäädä toteutumatta. Tulva näkyy ilmakuvista heikosti keskikesällä metsän keskeltä. Toisaalta kuvasta tulkitaan vain tulvan peittämän alueen raja. Kesällä avovesipinta voi aiheuttaa epätarkkuutta tulvatiedon taltioinnissa.

Kuvattavan alueen määrittely on vesistötulvatilanteissa selkeää. Tulvien esiintymistä on ennustettu mallilaskelmien perusteella, ja yllättävätkin jääpatotulvat esiintyvät aina vesistöjen varrella.

Tulvien ilmakuvaus on tarpeellista toimintaa, jota valtion aluehallinnon toimesta tehdään säännöllisesti poikkeuksellisten tulvien esiintyessä. Tulvien ilmankuvaukseen olisi syytä luoda yhtenäinen käytäntö kuvausteknisesti sekä tiedon hyödyntämisen ja kuvausten järjestämismenettelyjen suhteen. Tässä Maanmittauslaitoksen osaamisen ja resurssien hyödyntäminen olisi erinomainen keino. Tulvatilanteiden ilmakuvaukseen Maanmittauslaitoksen tuella tulisi luoda menettelyt varsinkin, jos päädytään organisoimaan metsien myrskytuhojen tai muiden luonnononnettomuustilanteiden ilmakuvausten tukeminen Maanmittauslaitoksen tehtäväksi.

Laajat tulvakuvaukset tulisi toteuttaa pääsääntöisesti pystykuvauksina ja kuvat tulisi saada käyttöön hyvin georeferoituna. Pikselikoon tulisi olla 50 cm tai pienempi.

## 4 Myrskytuhoalueiden koekuvaukset

### 4.1 Kuvausten suunnittelu

Maa- ja metsätalousministeriön koolle kutsumassa myrskytuhojen ilmakuvauksia koskevassa kokouksessa 23.9.2010 päätettiin, että Maanmittauslaitos tekee joitakin loppukesän myrskytuhoalueita kattavan koeilmakuvauksen. Koekuvausten tarkoitus oli selvittää ilmakuvaamisen vaatimuksia, kuvien käyttöönottoa ja sitä, millaisista kuvista olisi hyötyä metsätuhoalueella. Kohteeksi valikoituivat Etelä-Savon Rautjärven alueella vielä pääosin korjaamatta olleet tuhoalueet.

Koekuvauksessa käytettävät ilmakuvausparametrit jäivät Maanmittauslaitoksen päätettäväksi. Keskusteluissa nousi esiin maastoerotuskyvyn, varjojen pituuden, auringon korkeuskulman sekä mahdollisen pilven alta kuvaamisen vaikutus kuvien käyttökelpoisuuteen. Alueiden tarkennuttua kuvaus päätettiin suorittaa karttalehtijakoon (UTM35 6 km x 6 km) siten, että kaikki tietoon saadut tuhoalueet jäisivät kuvausalueiden sisään. Kuvaajat ohjeistettiin myös tarkastelemaan ilmasta käsin voisiko tuhoalueen rajauksen suorittaa lentokoneesta ja tehtyjen havaintojen perusteella laatia kuvaussuunnitelman sillä hetkellä vallitsevan säätilan ja pilvikorkeuden mukaan.

Etelä-Savon metsäkeskuksen ehdotuksen mukaisesti kuvattiin seuraavat alueet:

Tuusjärven alue, 3600 ha

Testin tavoitteena oli tutkia kuvausta pilvikerroksen alapuolelta suorittamalla kuvaus 10 cm maastoerotuskyvyllä (kuvauskorkeus 1000 m). Kuvista valmistettiin ortokuva 30 cm erotuskyvyllä.

liniemen alue, 39 600 ha

Kuvaus suunniteltiin tehtäväksi 30 cm maastoerotuskyvyllä (kuvauskorkeus 3000 m). Tarkoituksena oli selvittää, erottaako kuvista kallistuneet puut ja kaatuneet puunrungot sekä onko kuvilta mahdollista rajata tuhoalue ja määrittää sillä tavoin tuhon taloudelliset menetykset. Tämän lisäksi haluttiin selvittää, onko kuvia mahdollista hyödyntää puunkorjuussa ja puunkorjuun suunnittelussa.

Rautjärvi, 64 800 ha

Kuvaus suunniteltiin tehtäväksi 40 cm maastoerotuskyvyllä (kuvauskorkeus 4000 m). Tarkoituksena oli selvittää kuinka erotuskyvyn muutos 30 senttimetristä 40 senttimetriin vaikuttaa tulkintaan ja kuvien käytettävyyteen.

Kaikissa kuvauksissa edellä mainittujen seikkojen lisäksi oli tarkoitus minimoida kuvausalueilta kertyvä kuvamäärä sekä kuvauksen lentokustannus. Lisäksi pyrittiin selvittämään digitaalisen kuvausjärjestelmän käytettävyyden epätavallisen huonoissa valaistusolosuhteissa, koska ilmakuvauksia ei normaalisti tehdä syyskuun puolivälin jälkeen. Tavoitteena oli tuottaa ortokuvat suoralla paikannuksella käyttäen kuvaustilanteessa GPS-IMU-laitteistolla määritettyjä ulkoisen orientoinnin parametreja ilman maastotukipisteitä. Tällöin oikaisuvaiheessa ei tarvita manuaalisia lisämittauksia.

## 4.2 Toteutetut kuvaukset

Kuvausten sijaintirajaukset saatiin Etelä-Savon metsäkeskuksesta 28.9.2010 ja kuvaussuunnitelmat valmistuivat seuraavana aamuna. Ilmakuvaukset tehtiin torstaina 30.9.2010. Kuvien prosessointi aloitettiin maanantaina 4.10.2010 ja ortokuvat lähetettiin Etelä-Savon metsäkeskukseen ja Metsäntutkimuslaitokselle torstaina 7.10.2010.

Taulukossa 3 on esitetty tehtyjen kuvausten tärkeimmät tiedot: Alueen nimi, ilmakuvauksen GSD (Ground Sampling Distance, maastoerotuskyky), ortokuvan pikselikoko, kuvauksen pinta-ala, auringon korkeuskulma asteina sekä säätila.

Tuusjärven alueelta kuvia kertyi 144 kappaletta. Kuvaus suoritettiin aamupäivällä huomattavasti normaalia alhaisemmalla auringon korkeuskulmalla. Sää oli selkeä ja kirkas, joten olosuhteet olivat muuten hyvät. Valotus toteutettiin korjaamalla kesällä normaaliolosuhteissa käytettyjä arvoja 0,5 aukon verran. Valoa pyrittiin saamaan myös varjoihin. Yksittäisten kohteiden ylivalottuminen ("puhkipalaminen") ei liene ongelma arvioitaessa kuvien käytettävyyttä. Koneesta havaittiin jonkin verran kaatunutta metsää, mutta todettiin, että kuvattava alue olisi vaikea rajata pelkästään ilmasta tehtävän tähystyksen perusteella.

liniemen alueelta kuvia kertyi 172 kappaletta. Valotus tehtiin lähes normaalein asetuksin, sillä kuvausolosuhteet olivat ajankohtaan nähden hyvät. Myrskytuhojen havainnointi ilmasta oli vaikeaa. Ainoastaan saarissa ja suurilla aukeilla, missä oli jo suoritettu osa puiden korjuuta, tuhohavainnot voitiin tehdä ilmasta käsin.

Rautjärven alueelta kuvia kertyi 161 kappaletta. Kuvaus tehtiin normaalia ilmakehävasta vastaavalla tavalla. Kuvilla on jonkin verran kumpupilviä ja pilvien varjoja, koska alueen länsiosassa oli tiheää kumpupilvisyyttä. Kuvaus toistettiin myöhään iltapäivällä selkeämmällä säällä, mutta huonoissa valaistusolosuhteissa auringon korkeuskulman ollessa jo hyvin pieni. Rautjärven kuvauksia voi käyttää kumpupilvisyyden ja pitkien varjojen vaikutuksen selvittämiseen. Rautjärven kuvaukset tehtiin testikuvauksista kaikkein korkeimmalta, 4000 metrin korkeudesta. Ilmakehävasta on tehokasta ja nopeaa, mutta vaatii paremmat olosuhteet ja kuvien maastoerotuskyky on vaatimattomampi.

Taulukko 3. Maanmittauslaitoksen testikuvausten tiedot.

Alue	GSD	Orto-kuva	Ala, ha	Auringon korkeuskulma	Sää
Tuusjärvi	10 cm	30 cm	3600	9.9 - 14.1	selkeä
liniemi	30 cm	30 cm	39600	14.4 - 20.1	selkeä
Rautjärvi	40 cm	40 cm	64800	21.5 - 22.8	selkeä/kumpupilvi
Rautjärvi	40 cm	40 cm	64800	16.3 - 11.1	selkeä

Käytettävällä maastoerotuskyvyllä on huomattava vaikutus myös kuvauskustannukseen ja kuvamäärään. Toisaalta hyvä maastoerotuskyky parantaa kuvien käyttömahdollisuuksia. Digitaalikuvauksessa kuvamäärä sinänsä ei vaikuta kustannuksiin mainittavasti ja siksi kuvaukset kannattaa ehdottomasti tehdä stereopeitolla.

Koska normaalisti ilmakuvauksia ei tehdä alle 25 asteen auringon korkeuskulmalla eikä osittain pilvisellä säällä, voi näissä testikuvauksissa käytettyjä valotusarvoja yrittää parantaa lisätesteillä, jos testien tulos osoittaa, että kuvien käytettävyys ei vielä riitä. Testaamisen kannalta valitettavasti säätila oli vuodenaika huomioiden epätavallisen hyvä, joten pilven alta kuvaamista ei päästy kokeilemaan tässä yhteydessä lainkaan.

Kaikista kuvista valmistettiin vääräväri- ja väriortokuvat 1:10 000 UTM –karttalehtijaossa (6 km x 6 km). Työt suoritettiin alustavan suunnitelman mukaisesti viikossa kuvauksen suorittamisesta. Kuvien sävyihin ja ortokuvamosaiikin saumoihin ei tehty sävynsäätöjä.

Kuvat toimitettiin tiff- formaatissa ja ECW-pakattuina sekä EUREF-FIN -koordinaatistossa että YKJ:ssä Etelä-Savon metsäkeskukseen ja Metsäntutkimuslaitokselle siirtokovalevyillä.

Testikuvausten kustannukset koostuivat lentokustannuksesta (10 300 €, ALV 0 %), GNSS-laskennasta (8 työtuntia) sekä kuvien prosessoinnista ja ortokuvien laskennasta (yhteensä 40 työtuntia). Lisäksi kului muutamia työtunteja kuvausalueiden suunnitteluun ja yhteydenpitoon eri osapuolten kanssa sekä aineiston toimittamiseen.

### **4.3 Koekuvausten arviointi**

Maanmittauslaitoksen testikuvaus onnistui hyvin, vaikka se tehtiin normaalin kuvausajan ulkopuolella syyskuun lopussa. Kuvat saatiin nopeasti metsäkeskukselle ja ne saatiin pyynnöstä myös kahdessa eri koordinaatistossa. Kuvat toimitettiin väri-infrakuvina sekä värikuvina. Väri-infrakuvat olisivat kaivanneet tietynlaisia "metsäsäätöjä". Metsäorganisaatioissa on totuttu ilmakuviin, jotka on kuvattu keskikesällä ja joissa kuvien värisävyjä on säädetty siten, että puulajit erottuvat toisistaan mahdollisimman hyvin. Nyt väri-infrakuvat oli kuvattu sellaiseen vuodenaikaan, että silloin ei enää normaalisti metsäkuvauksia tehdä, ja siksi kuvien värisävyt olivat normaalista poikkeavia. Kuvien värisävyjä ei myöskään säädetty minkään tietyn mallin mukaisesti.

Maanmittauslaitoksen ilmakuvia käyttöönsä saaneille henkilöille metsäyhtiöissä ja metsänhoitoyhdistyksissä Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella tehtiin Webropol-kysely. Kyselyssä selvitettiin kokemuksia kuvien käyttökelpoisuudesta. Kysely tehtiin 19.11.2010 ja vastausaikaa annettiin 29.11. asti. Lisäksi lähetettiin muistutus 26.11. niille, jotka eivät olleet vastanneet tuohon mennessä. Kysely lähetettiin 28 henkilölle ja siihen vastasi 19 henkilöä. Vastaajista oli päällikötason henkilöitä vajaa kolmannes ja loput olivat kenttätoimihenkilöitä. Vastanneista 17 oli henkilökohtaisesti käyttänyt tai tutustunut pilotin ilmakuviin.



Kuva 3. Maanmittauslaitoksen 30.9.2011 klo 11.50 ottama ilmakeku samasta alueesta kuin kuvassa 1. Sää oli kuvattaessa puolipilvinen ja kuvauskorkeus 4000 metriä. Kuvassa näkyy jonkin verran pilven varjoa. Kaatuneet puut on jo korjattu.

### **Ilmakuvien käyttökelpoisuus**

Ilmakuvien sopivuus eri organisaatioiden järjestelmiin vaihteli kyselyn vastausten perusteella suuresti. Noin puolella ilmakuvien saaminen organisaation järjestelmään vaati edelleen työlää kartta- tai koordinaatistomuunnoksen. Tämän perusteella ilmakuvamateriaalin yhteensopivuuteen ja formaattiin olisi kiinnitettävä huomiota. Formaatin olisi oltava ainakin ennalta toimijoiden tiedossa, jotta työhön voidaan varautua. Käyttäjillä tulisi olla tukea aineistojen käyttöönotossa.

Koska pilotissa otettiin koeluonteisesti teknisesti erilaisia kuvia, vastaajien käytettävissä olleissa kuvissa oli teknisiä ja kuvausolosuhteista johtuneita eroja. Vastaajien mukaan joidenkin pilottikuvien tulkintaa hankaloittivat pitkät varjot ja pienet kontrastierot.



Arviot pilottikuvien laadusta suhteessa käyttökelpoisuuteen hajaantuivat. Myös tähän arvioon vaikuttivat edellä mainitut kuvien laatuerot. Valtaosa (88 %) vastaajista arvioi, että tällaisista kuvista on varauksetta tai todennäköisesti hyötyä, jos ne saadaan käyttöön kahden viikon kuluessa myrskystä. Vastauksia analysoitaessa on myös huomioitava, että käyttäjillä ei ollut mahdollisuutta vertailla eri arvoilla tai eri oloissa otettuja kuvia. Käyttöä kuvilla oli ollut alkuvaiheen puunkorjuun kiireellisyysjärjestyksen luomisessa ja muussa suunnittelutyössä. Kenttä- ja päällikkötason henkilöiden vastaukset olivat keskenään samansuuntaisia.

Valtaosa vastaajista ei voinut ottaa kantaa organisaationsa osallistumiseen ilmakehän kuvien kustannuksiin. Yksi vastaaja esitti maksimihinnan osallistumiselle, 0,50 €/ha. Kuvauksekustannusten jakoa pidettiin vaikeana, koska kuvista saatava hyöty vaihtelee toimijoittain ja alueittain.

Laaja ilmakehä Asta-myrskyn tapaisen myrskyn jälkeen sai suuren kannatuksen. Runsaat puolet vastaajista piti kuvausta varauksetta ja vajaa puolet todennäköisesti tarpeellisena. Tuoreita kuvia tarvittiin normaalin toiminnan (suunnittelu, puunkorjuu) tuhon jälkeiseen uudelleen organisointiin. Erityisesti painotettiin ilmakehien saannin nopeutta (nyt kuvat saatiin noin kuukaudessa), mutta toivottiin, ettei tarkkuudesta tingittäisi suhteessa normaaleihin metsäkuvauksiin.

## **Muut tulokset**

Muissa avoimissa vastauksissa korostui ilmakehien nopea käyttöön saaminen (noin kaksi viikkoa). Myös myrskyä edeltävän, vertailuun käytettävän ilmakehämateriaalin pitäisi olla kohtuullisen tuoretta. Lisäksi ehdotettiin toista kuvausta sen jälkeen, kun myrskytuhojen korjuu on saatu loppuun, koska korjuutoimenpiteet kohdistuvat usein varsinaiset tuhoalueita laajemmin metsikkökuvioille. Vastauksissa mainittiin, että ilmakehien voidaan hyödyntää myös hakkuukoneiden tietokoneissa.

## **5 Uudet tekniikat**

Edellä ilmakehien käyttöä ja tarvetta on kuvattu ja arvioitu pääosin perinteisen, lähinnä ilmakehien visuaaliseen tulkintaan perustuvan käytön näkökulmasta. Systemaattinen ilmakehien visuaalinen tulkinta on todettu vaativaksi erityisesti niissä tapauksissa, joissa myrskyn vaikutukset vaihtelevat paikallisesti ja hajaantuvat laajoille alueille. Näissä tapauksissa ilmakehä-, laserkeilaus- ja paikkatietoaineistoihin perustuvat uudet analysointimenetelmät tai kokonaan uudet kaukokartoitusmenetelmät voivat olla tehokkaita ja käyttökelpoisia.

### **5.1 Muutosten automaattinen tunnistus pintamalleja vertaamalla**

Myrskytuhoalueiden havaitseminen ilmakehävasta on työlästä tarkasteltaessa kuvaa silmämääräisesti. Tämä visuaalinen tarkastelu edellyttää ilmakehiltä myös korkeaa spatiaalista resoluutiota, jotta kovalta olisi mahdollista erottaa yksittäiset, kaatuneet puut. Menetelmä on altis satunnaisille virheille.

Viime vuosina tarjolle on tullut runsaasti erilaisia tekniikoita, joilla pystytään muodostamaan kohteiden pintamalleja (esimerkiksi kolmiulotteinen kuva puustosta). Näitä ovat laserkeilaus, automaattinen kuvansovitus ilmakuvia käyttäen sekä SAR-kuvaus. Pintamalleja vertailemalla voidaan tunnistaa kohteen korkeudessa tapahtuneita muutoksia, esimerkiksi puuston korkeudessa tapahtuneet merkittävät muutokset. Menetelmää voitaisiin käyttää myrskyssä kaatuneiden puiden määrittämisessä vertaamalla ennen myrskyä ja myrskyn jälkeen tuotettuja pintamalleja. Menetelmä tuottaa automaattisesti paikkatiedon eri kuvausajankohtien välillä tapahtuneista puuston korkeusmuutoksista ja korkeusmuutoksen suuruudesta. Tätä paikkatietoa voidaan käyttää tukitietona korjuun suunnittelussa, metsänkäyttöilmoitusten tarkastamisessa ja jälkihoidon seurannassa.

Ilmakuviin perustuva pintamallin tuotanto on tällä hetkellä voimakkaan kehittelyn alla ja menetelmillä saavutetaan hyvä suorituskyky. Keskeinen ilmakuvien käyttöön liittyvä kysymys on lehdettömän ajan kuvat, joilla pintamalleja ei välttämättä pystytä muodostamaan lehtipuista automaattisin menetelmin. Huonoissa olosuhteissa (matala auringon korkeuskulma, pilvinen sää) kerätyt kuvat voivat aiheuttaa myös ongelmia. Toinen haaste tällä hetkellä on pintamallin saatavuus tilanteesta ennen myrskyä. Valtakunnallinen laserkeilaus tuottaa hyvälaatuisen pintamallin metsästä. Tarvittavia pintamalleja voidaan muodostaa myös aiemmista ilmakuvauksista.

Saatavilla olevista menetelmistä laserkeilaus soveltuu parhaiten pintamallien tuotantoon. Ilmakuvat tuottavat yleensä tarkkaa pintamallia, ja niiden etu on, että ne tuottavat pintamallien ohella visuaalista informaatiota kohteesta, sekä spektritietoa. SAR-tekniikalla tuotettavien pintamallien laatu ei ole kovin hyvä, mutta mahdollisesti riittävä tuhoalueiden identifioimiseen. SAR-tekniikan etu on, että kuvia saadaan nopeasti ja säästä riippumattomasti.

## **5.2 Ilmakuvien stereotarkastelu**

Digitaalisia ilmakuvia voidaan tarkastella myös suoraan 3D-kuvina (stereokuvina), mikä parantaa paikallisten myrskyn vaikutusten havaitsemista. Periaatteessa 3D-kuvien käyttö vastaa jo useita vuosia laajasti sovellettua ortokuvien käyttöä, mutta mahdollistaa tarkemman työskentelyn. Laajoilla alueilla stereotyöskentely vaatii resursseja ja työhön soveltuvia järjestelmiä.

## **5.3 Muut tekniikat**

SAR-tutkasatelliiteilla voidaan myös tuottaa pintamallia joko interferometriaan tai radargrammetriaan perustuen. Geodeettinen laitos on selvittänyt radargrammetrian käyttöä puuston pintamallin mittaamisessa. Korkeus estimoidaan keskimäärin latvuksen puolivälin paikkeille ja pienin tarkasteltava alue olisi noin 10 m x 10 m - 20 m x 20 m. Tutkamenetelmän etu on, että kuvia saadaan nopeasti myrskyn jälkeen säistä riippumatta. Sitä kuinka tarkkoja hälytyksiä ja estimaatteja menetelmä antaa ja miten erilaiset kosteus- ja vuodenaikaolosuhteet vaikuttavat, pitää kuitenkin vielä selvittää lisää. Tulevaisuudessa SAR-kuvat voisivat mahdollisesti toimia nopeiden ensiarvioiden ja pintamallien tuottamisessa. Erilaiset katastrofit ovat keskeinen SAR-kuvien sovellutusalue.

Laserkeilaus on tarkin ja luotettavin menetelmä maan ja kohteen pinnan 3D-mallien tuottamiseksi. Laserkeilauksen huono puoli metsätuhojen nopeassa kartoituksessa on se,

että menetelmä ei ole tehokkuudeltaan ilmakuvauksen veroinen laajojen alueiden kattamisessa. Laserkeilaimia on toistaiseksi käytettävissä Suomessa ainoastaan lyhyen ajanjakson ajan keväällä ja alkukesällä keilauskesäaikana. Muina aikoina laitteet tulee hakea Suomeen, mikä hidastaa prosessia ja nostaa kustannuksia. Valokuvallisen tiedon tuottaminen kohteesta yhdessä keilauksen kanssa vaikeuttaa laserkeilauksen suoritusta. Esimerkiksi keilaukset öiseen aikaan eivät ole yhteiskuvauksessa mahdollisia.

Miehittämättömiin kuvausaluksiin (UAV) perustuva kaukokartoitustekniikka kehittyy voimakkaasti. Siviilikäytössä olevien laitteiden rajoite on nykyään pieni toimintasäde, koska niitä voidaan lennättää ainoastaan valvomattomassa ilmatilassa (kuvauskorkeus alle 150 metriä maanpinnasta), siten että operaattorilla on laitteeseen näköyhteys koko ajan. Ongelmia voi myös aiheuttaa tuulinen sää. Näillä laitteilla voidaan siis kattaa vain pieniä alueita, mutta toisaalta ne soveltuvat yleensä parhaiten pienten alueiden tiheästi toistuviin kuvauksiin. Tyypillisesti siviilikäyttöisissä laitteissa käytetään näkyvän valon ja lähi-infran aallonpituusalueella toimivia kaupallisia ja modifioituja pienkamaroita. Myös muuta UAV-käyttöön soveltuvaa sensoritekniikkaa, kuten lämpökamerat, laserkeilaimet ja hyperspektraalit kamerat, on jo saatavilla tai tulossa lähiaikoina.

Suomessa on useita operaattoreita, jotka tekevät kuvauksia lentokoneista pienkamaroilla. Pienkamerat ovat tyypillisesti näissä tapauksissa ammattimaiseen valokuvaukseen sopivia digitaalisia järjestelmäkamaroita. Kuvauksia voidaan tyypillisesti tehdä pysty- tai viistokuvauksina. Osalla operaattoreista on kuvien jälkikäsittelyprosessi hallussaan, jolla kuvat saadaan georeferoitua siten, että ne voidaan tuoda tasoksi paikkatietojärjestelmiin. Viistokuvauksen georeferointiin liittyy kuitenkin haasteita. Niitä ei pystytäkään tyypillisesti hyödyntämään mittauksissa tämän päivän yleiskäyttöisissä paikkatieto-ohjelmistoissa.

## 6 Kuvausten tekniset vaatimukset

Ilmakuvien laatuun vaikuttavat tekijät voidaan jaotella seuraavasti: 1) ilmakehä (näkyvyys, pilvet), 2) valaistus (auringon korkeuskulma, pilvisuus), 3) kuvausvuodenaika, 4) kuvausasetukset (lentokorkeus, spatiaalinen resoluutio, kuvablokin peittosuhteet) sekä 5) kuvausjärjestelmä (kuvaava sensori: dynamiikka, spektraali herkkyys, kamerajalusta: stabiloitu/ei-stabiloitu, paikannusjärjestelmä: tarkka GNSS/IMU, epätarkka GNSS/IMU, ei luotettavaa sijainnin/kulmanmäärittäystä).

Tiettyyn sovellutukseen kerättäville kuville asetettaviin laatuvaatimuksiin vaikuttavat vastaavasti kuvien käyttösuunnitelmat ja tiedon tarpeen kiireellisyys. Vaadittaessa nopeaa vastetta joudutaan kuvaukset suorittamaan odotusarvoisesti heikommassa kuvausolosuhteissa kuin normaalit kartoituskuvaukset (topografinen kartoitus, metsäkuvaukset). Taulukossa 4 esitetään esimerkkejä kuvausten spesifikaatioista keskeisissä kartoitussovellutuksissa sekä hahmotellaan mahdollisia tilanteita eri vuodenaikoina tehtävissä myrskytuhokuvauksissa.

Vaihtoehtoisia ilmakuvausjärjestelmiä ovat laajaformaattiset kartoituskamerat (matriisikamerat vs. rivikeilaimet, esimerkiksi Intergraph DMC, Vexcel UltraCamXp, ADS40), keskiformaattiset kartoituskamerat (esimerkiksi UltraCamLp, Trimble DSS), muut ei-kartoituskäyttöön suunnitellut pien- ja järjestelmäkameraratkaisut (esimerkiksi EnsoMosaic), sekä pienialainen kuvaus miehittämättömistä lennokeista.

Taulukko 4. Esimerkkejä ilmakehän kuvausten vuodenaikaa, valaistusta ja ilmakehää koskevista vaatimuksista kartoitus- ja metsäkuvauksissa, sekä eri vuodenaikojen ominaisuuksia.

	Kartoitus	Metsäkuvaus	Kuvausajankohdan vaikutus			
			Talvi	Kevät	Kesä	Loppusyksy
<b>Kuvausvuodenaika (kk)</b>	4-6	6-8	1-3	4-5	6-9	10-12
<b>Puut (lehti)</b>	Ei	Täysi	Ei	Ei	Täysi	Ei /ruska
<b>Maanpinta/kasvillisuus</b>	Ei	Kyllä	Lumi	Ei	Kyllä	Kyllä
<b>Pilvet/Pilven varjot</b>	0%	0%	0-100 %	0-100%	0-100%	0-100%
<b>Näkyvyys</b>	>15 km					
<b>Auringon korkeuskulma (°)</b>	>25	>25	7-26*	38-48*	31-52*	5-20*

Puut: ei lehtiä, täysi lehtipeite, ruska

Maanpinta: ei kasvillisuutta, kasvipeite, lumipeite

Pilvisuus: pilvipeite täysi, osittainen, ei pilveä

Näkyvyys: <10 km, 10–20 km, >20 km

\*) Auringon korkeuskulmat ovat maksimiarvot Tampereen korkeudella

## 6.1 Metsäkuvaukset

Metsätuhojen kuvausten laatuvaatimukset riippuvat suuresti siitä, miten ja mitä kuvilta halutaan tulkita. Halutaanko esimerkiksi erottaa yksittäiset myrskypuut vai pelkästään alueet, joilla myrskytuhoja on tapahtunut ja halutaanko ortokuvia vai stereokuvia. Asiaan vaikuttaa myös se, millaiset visuaalisessa tulkinnaassa käytettävien työasemien valmiudet sävyntäyttöihin ovat. Myrskytuhoalueiden kuvauksissa tulee pääsääntöisesti pyrkiä noudattamaan mahdollisuuksien mukaan normaaleja, metsäsuunnittelua varten tehtävän kuvauksen vaatimuksia, koska näiden vaatimusten mukaisten aineistojen käyttöön on totuttu eri organisaatioissa. Näitä ei kuitenkaan välttämättä pystytä aina noudattamaan kuvausajankohdan, auringon korkeuskulman, pilvisyyden sekä näkyvyyden osalta.

Koska sää- ja valaistusolosuhteisiin on lähes mahdoton vaikuttaa, kuvien keruussa kannattaa käyttää tehokkainta saatavilla olevaa tekniikkaa. Myös tulkintaolosuhteita ja tulkinnaassa käytettäviä menetelmiä kannattaa kehittää mahdollisuuksien mukaan. Kuvankeruun ja jälkiprosessoinnin tehokkuuden ja laadun varmistamiseksi kuvausjärjestelmän tulee olla niin sanottu fotogrammetrinen laajaformaattinen kartoituskamera, joka on varustettu stabiloidulla kamerajalustalla ja tarkalla GNSS/IMU järjestelmällä. Kameran tulee kerätä kuvia sinisellä, vihreällä, punaisella ja lähi-infrapunasella aallonpituusalueella. Kuvat kannattaa kerätä 80 prosentin stereopeitolla, mikä mahdollistaa stereoskooppisen tarkastelun ja pintamallien luonnin. Vierekkäisten kuvajonojen pitää peittää toisiaan vähintään 20 prosenttia. Kuvien pikselikoko maastossa tulee olla vähintään 0,5 metriä. Tarvittaessa voidaan kuvata pilvien alla. Kuvista tulee tuottaa ortokuvat ja tarvittaessa stereomallit ja/tai pintamallit. Selvitettäviä asioita, erityisesti automaattitulkinna kannalta, ovat pienin sallittu auringon korkeuskulma ja näkyvyys, georeferoinnin tarkkuusvaatimus sekä kuvien sävyille asetettavat vaatimukset.

## 6.2 Tulvakuvaukset

Tulvakuvauksissa keskeisin vaatimus on vesistötulvan tulvahuipun dokumentointi. Tämä edellyttää kuvausmenetelmää, joka saadaan mobilisoitua joustavasti lyhyellä varoitusajalla tulva-alueelle. Tulvat rajoittuvat yleensä pienille alueille. Tulvahuipun kartoittamisessa voidaan käyttää mitä tahansa pystykuvaustekniikkaa, jolla voidaan tuottaa riittävän tarkasti georeferoitua kuva-aineistoa. Kameran tulee tuottaa tosivärikuvaa tai väärävärikuvaa ja kuvien pikselikoon tulee olla maastossa vähintään 0,5 metriä. Tarvittaessa voidaan kuvata pilvien alta. Kuvat pitää kerätä vähintään 60 prosentin stereopeitolla ja kuvajonojen tulee peittää toisiaan vähintään 20 prosenttia siten, että georeferointi voidaan suorittaa luotettavasti ja että kuvat peittävät alueen kokonaisuudessaan. Kuvista tehdään ortokuvat. Kuvien laadun tulee olla sellainen, että tulvan peittämä alue voidaan määrittää visuaalisin mittauksin.

## 7 Ilmakuva-aineistojen hankintavaihtoehdot

### 7.1 Maanmittauslaitoksen ilmakuvapalvelut

Maanmittauslaitoksessa on kartoitusilmakuvauksiin erikoistunut yksikkö, joka tilaa noin puolet hankkimastaan ilmakuva-aineistosta kilpailutuksen perusteella alalla toimivilta yrityksiltä ja tekee noin puolet ilmakuvauksista omana työnään.

Kalustona Maanmittauslaitoksella on Rockwell Turbo Commander 690 - 2-moottorinen potkuriturbiinikone. Kone on ilmakuvauskäyttöön erittäin sopiva, koska se on nopea ja tehokas. Lentokoneen operoinnista vastaa sopimuksen perusteella yritys, joka toimittaa käyttöön lentäjän sekä vastaa koneen lentokelpoisuuden ylläpidosta ja huollosta.

Ilmakuvauskalustona Maanmittauslaitoksella on Z/I DMC -digitaalinen ilmakuvauskamera, joka on otettu käyttöön vuonna 2009. Ilmakuvauskalustoon kuuluu myös GPS/IMU-paikannuslaitteistot, joilla hoidetaan lentokoneen navigointi ilmakuvaussuunnitelman mukaisesti ja rekisteröidään kuvaushetkellä ilmakuviin ulkoiset orientointiparametrit. Näiden avulla voidaan tuottaa ortokuvia niin sanotun suoran georeferoinnin menetelmällä ilman ilmakolmiointia.

Maanmittauslaitoksella on viisi ilmakuvaajaa ja lisäksi muita alan asiantuntijoita. Nykyisin ilmakuvaustilanteessa lentokoneessa on kerrallaan yksi lentäjä ja yksi ilmakuvaaja. Kuva-aineiston prosessointi ilmakuvauksen jälkeen kuvatuotteiksi tehdään toimistolla.

Maanmittauslaitos tekee nykyisin ilmakuvauksia pelkästään viranomaistyönä. Markkinallisia tilaustöitä ei tehdä lainkaan eikä Maanmittauslaitos osallistu alan tarjouskilpailuihin ilmakuvapalvelujen tarjoajana.

Maanmittauslaitos aloittaa ilmakuvauksensa vuosittain huhtikuun lopulla ja päättää ne sää- ja muista olosuhteista riippuen heinäkuun lopun ja syyskuun alun välisenä aikana. Ilmakuvauskauden ulkopuolella lentokonetta säilytetään Tampereen tai Tikkakosken lentokentällä. Lentokoneen huollot pyritään myös järjestämään kuvauskauden ulkopuolella. Lentokoneen huoltoihin tarvitsee vuodesta ja huolto-ohjelman vaiheesta

riippuen varata yhdestä viikosta noin seitsemään viikkoon. Muun osan vuodesta kuvauslentokone, kuten muukin kuvauskalusto, on vapaana käyttöön.

## **7.2 Yritysten palvelut Suomessa**

Suomessa pitää toimistoa (tilanne 1.1.2011) nykyisin kolme suuriformaattisella ilmakuvakameralla toimivaa yritystä: Blom Kartta Oy, FM-International Oy ja Terratec Oy. Isompiin tarjouskilpailuihin voi osallistua myös muita Euroopassa toimivia yrityksiä joko yksin tai erilaisina työyhteisöinä. Pienkameralla lentokoneesta erilaisia valokuvia tekee lisäksi monilukuinen joukko yrityksiä, joiden palveluvalikoima vaihtelee huomattavasti.

Kaikki edellä mainitut suuriformaattisilla kameroilla operoivat yritykset ovat ulkomailla toimivien yritysten osia tai tytäryhtiöitä. Niillä on runsaasti ilmakuvauslentokoneita ja -kalustoa joko omistuksessaan tai sopimusperusteisesti käytettävissään. Kalustoa on myös Suomessa ilmakuvauksen aikana. Yritysten ilmakuvauksen kestävä yleensä Suomessa toukokuun alusta syyskuun puoliväliin saakka. Muun ajan vuodesta kuvauskalusto on siellä, missä ilmakuvauksen kestävä kulloinkin meneillään.

Yritysten palvelut ovat saatavissa käyttöön normaalin julkisia hankintoja koskevan hankintamenettelyn mukaisesti. Koska tässä selvityksessä kyseeseen tulevat ilmakuvaukset tulevat tehtäväksi lyhyellä varoitusajalla, olisi kilpailutus hoidettava etukäteen ja tehtävä pitkäaikainen sopimus. Ongelmana on, ettei vuosittain tarvittavaa ilmakuvauksen määrää eikä sen ajankohtaa voida ennustaa. Todennäköisesti ilmakuvia ei tule tehtäväksi joka vuosi. Yritysten kuvauskalustoa ei myöskään normaalisti ole Pohjoismaiden alueella enää myöhemmin syksyllä eikä talvisaikaan. On varsin epävarmaa, ovatko yritykset halukkaita sitoutumaan tämän tyyppisten ilmakuvauksen tekemiseen varsinaisen ilmakuvauksen ulkopuolella kohtuullista korvausta vastaan, varsinkin kun ilmakuvauksen tarve vuosittain on epävarmaa.

Ilmakuvauksen prosessointi siihen muotoon, missä niitä tullaan käyttäjäorganisaatioissa käyttämään, kannattaa teettää samalla toimijalla, joka tekee varsinaisen ilmakuvauksenkin.

## **7.3 Muut vaihtoehdot**

Ilmavoimien ilmakuvauksen ja kuvankäsittelykapasiteettia käytettiin vuoden 2010 myrskytuhojen kuvauksissa. Ilmavoimien kapasiteetin käyttömahdollisuuksia myrskytuhojen kuvauksissa voidaan kuitenkin pitää rajoitetuina, koska ilmavoimilla ei ole digitaalista kuvauskameraa ja filmikameraan filmien saaminen käy yhä haastavammaksi. Käytännössä filmikuvaukset olisi kuvattava mustavalkofilmille, koska Suomessa ei enää ole väri-ilmakuvafilmiä kehittämiseen soveltuvaa laboratoriota. Myös kuvien georeferensointi- (kameran GPS/IMU-järjestelmää) ja oikaisujärjestelmää tulisi edelleen kehittää, jotta ortokuvat voidaan tuottaa nopeasti.

## 7.4 Vaihtoehtojen arviointi

Kun vertaillaan ilmakuvien hankintaa Maanmittauslaitoksen tuotannon ja alan yritysten kesken, on selvää, että kaikki niistä pystyvät tuottamaan kuvat samantapaisin menetelmin. Edellytyksenä on, että kalusto on paikalla ja käytettävissä, silloin kun ilmakekus on ajankohtainen. Niin ikään ortokuvien tuottaminen ilmakekusta onnistuu kaikilta riittävän nopeasti, mikäli niin halutaan.

Kuvauskauden aikana on ratkaistava kuvausten priorisointi. Ajavatko yllättäen tulevat myrskytuhokuvaukset muiden kuvausten ohi, kun valitaan kuvausalueita ja valmistetaan kuvatuotteita? Kuvatuotteiden valmistus on yleensä tarkasti aikataulutettu. Näistä tilanteista on sovittava kuvauksia hankittaessa.

Normaalin ilmakekuskauden (huhtikuun lopusta syyskuun loppupuolelle) ulkopuolella Suomessa on normaalisti suuriformaattiseen ilmakekuaamiseen soveltuvasta kalustosta paikalla vain Maanmittauslaitoksen kuvauskalusto. Yritysten kalusto on yleensä siellä, missä kulloinkin vallitsee kuvauskausi. Tällöin se on kiinnitetty sikäläisiin hankkeisiin ja sen siirtäminen Suomeen on useissa tapauksissa hankalaa ja kallista.

Yritykset eivät todennäköisesti sitoudu pitämään omaa valmiuttaan yllä Suomen luonnontuhokuvauksia varten ilman kustannuksia. Näiden kuvausten tarve on kuitenkin vuosittain suhteellisen pieni ja epävarma. Siksi on varauduttava siihen, että ilmakekuskauden ulkopuolella ei yritysten palveluja välttämättä aina ole käytettävissä.

Kuvauskauden ulkopuolella kuvausvalmiutta voidaan ylläpitää ilman mainittavia lisäkustannuksia siten, että Maanmittauslaitoksen kaluston (sisältäen lentokoneen ja kameralaitteiston) huollot ja muut ylläpitotoimet pyritään hoitamaan niin, että niiden aiheuttama katkos valmiuteen on mahdollisimman lyhyt. Katkoksen tulisi myös ajoittua vuoden vaihteen tienoille ja keskitalveen, jolloin myrskytuhojen ja laajojen tulvien riski on pienimmillään.

Käytännössä ei ole mahdollista varautua siihen, että Suomessa pidettäisiin läpi vuoden tauoton ilmakekusvalmius äkillisiä tarpeita varten, vaan keskitalven tienoilla on varauduttava pahimmillaan noin kuukauden mittaiseen katkokseen. Tosin sääolot ja auringon korkeuskulmakin rajoittavat silloin ilmakekusmahdollisuudet käytännössä olemattomiksi.

Olisi kuitenkin mahdollista järjestää avoin tarjouskilpailu, jossa ilmakekuvauksen reunaehdot on määritelty. Reunaehtoina voi tulla kysymykseen teknisten parametrien lisäksi valmiuden ylläpito, kuvaamisen aloituskustannukset, priorisointi muiden töiden suhteen, kuvatuotteiden toimitusaikataulu ja muut vastaavat seikat. Yritykset voivat tällöin ratkaista, voivatko ne sitoutua asetettuihin ehtoihin. Tarjouskilpailun voittaneen yrityksen tai konsortion kanssa tehdään useampivuotinen sopimus, jossa sovitaan muun muassa valmiuden ylläpidosta. Ilmakekuvauksien hankkimiseksi ja käyttämiseksi suunniteltu toimintamalli (kuvattu kohdassa 8) pitää perustaa myös tähän yritykseen. Toimintamallin ja valmiuden ylläpitämisestä pitää todennäköisesti maksaa yritykselle jokin kiinteä vuotuinen korvaus.

Toinen vaihtoehto on, että Maanmittauslaitos vastaa ilmakekuvauksista virkatyönä maa- ja metsätalousministeriön ja Maanmittauslaitoksen sopimuksen mukaisesti. Tässä tapauksessa kohdassa 8 kuvattu toimintamalli perustetaan Maanmittauslaitokseen.

Maanmittauslaitoksen lentokoneen ja kuvauskaluston huollot suunnitellaan ja ajoitetaan siten, että ne ajoittuvat esimerkiksi tammi-helmikuulle, jolloin ilmakehän todennäköisyys lienee pienimmillään. Lisäksi Maanmittauslaitos valmistautuu käyttämään ilmakehän tekemiseen sitä yritystä, minkä kanssa sillä kulloinkin on voimassa oleva ilmakehän sopimus, mikäli sen oma kapasiteetti ei riitä tai yrityksen käyttö on muuten perusteltua. Maanmittauslaitoksen ja maa- ja metsätalousministeriön pitää myös sopia etukäteen tilaus- ja korvauseriaatteista niitä tilanteita varten, kun kuvauksia joudutaan tekemään.

Ilmakehän toteuttamiskustannukset riippuvat kuvattavista pinta-aloista, niiden sijainnista ja vallitsevista sää- ja muista olosuhteista. Eniten yksikkökustannuksiin vaikuttaa se, miten matalalta kuvaukset tehdään. Jos kuvaukset joudutaan kuvaamaan pilvikerroksen alta esimerkiksi 1000 metrin korkeudesta, tulee yksikkökustannus noin kolmin- tai nelinkertaiseksi siihen verrattuna, että kuvaus voidaan tehdä selkeällä säällä.

Edellä mainitusta syystä johtuen mahdollisessa kilpailutuksessa ei voida pyytää esimerkiksi ilmakehän pinta-alaperusteista yksikköhintaa, vaan tarjousten vertailuperusteeksi on pyydettävä esimerkiksi lentotunnin hinta.

Mahdolliset kuvien vakiomuotoiset analyysipalvelut voidaan kilpailuttaa osana tätä samaa prosessia. Analyysipalvelut on määriteltävä hyvin ennen kilpailuttamista. Analyysipalveluiden käyttöönotto edellyttää vielä jatkoselvityksiä.

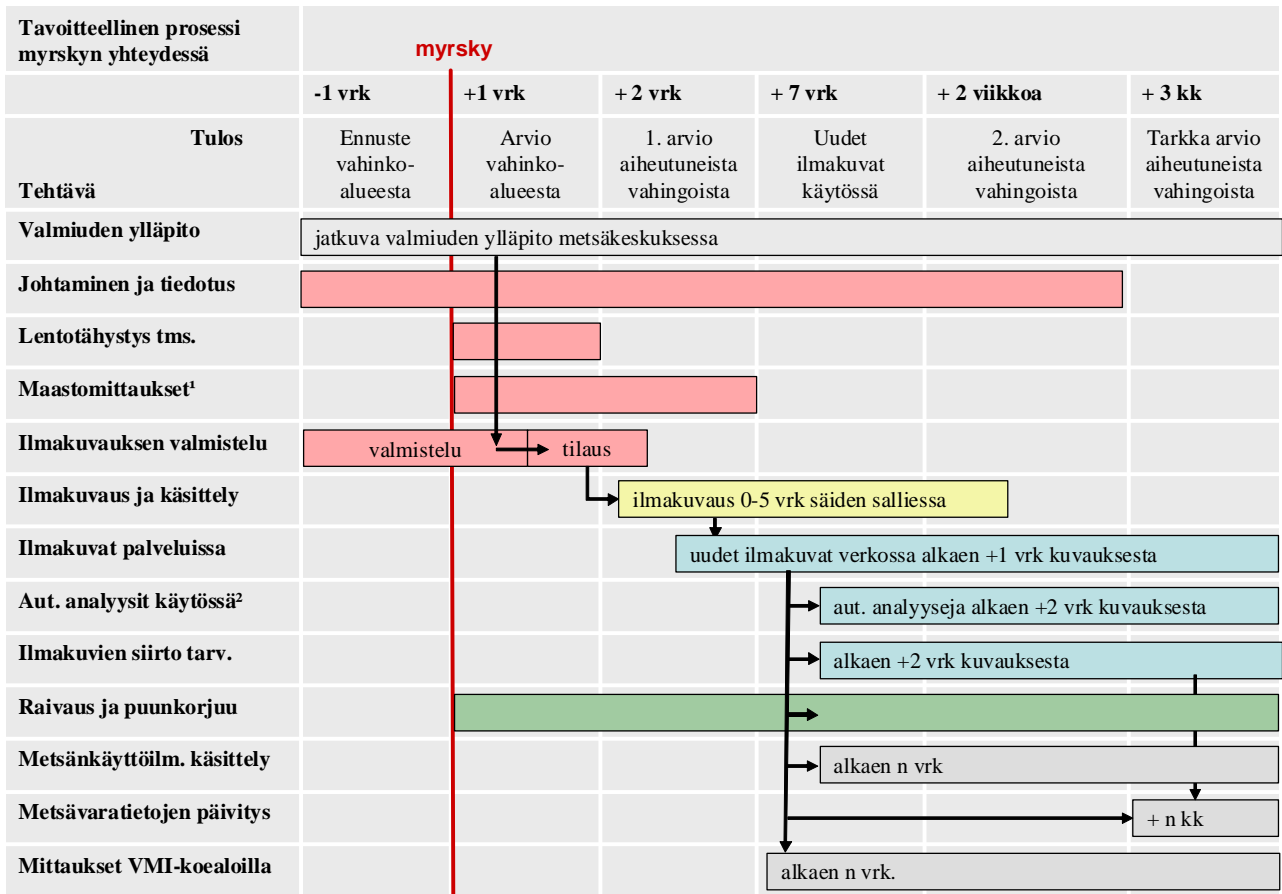
Maanmittauslaitoksen osallistumisesta valmiustyöhön (muun muassa puitekilpailutus) on sovittava tulossopimuksissa tai erillisenä sopimuksena.

## **8 Ehdotus toimintamalliksi metsätuhojen yhteydessä**

Alla olevassa kuvassa 4 on havainnollistettu työryhmän esityksen pohjana olevia myrskytuhoihin liittyviä varautumisen, tiedonhankinnan, tietopalvelun ja operatiivisen toiminnan prosesseja. Prosessikuvausta käytetään arvioitaessa ilmakehän käyttöä ja roolia näiden osaprosessien yhteydessä. Prosessikuvaus ei kaikilta osin vastaa tämän hetken käytäntöä, eikä työryhmän ole tarkoitus ottaa kantaa prosessien muiden toimenpiteiden kuin ilmakehän tarpeellisuuteen tai menettelytapoihin. Ilmakehän tarpeellisuus on osin riippuvainen tietyn myrskyn yhteydessä sovellettavista prosesseista, jotka puolestaan riippuvat myrskyn luonteesta.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan tarkemmin vain niitä prosessin osia, jotka liittyvät ilmakehän hankintaan.





Kuva 4. Kuvaus ilmakuvausvalmistelusta myrskytuhoihin liittyviin toimintoihin (varautuminen, tiedonhankinta, tietopalvelu, hallinto ja operatiivinen toiminta).

## 8.1 Valmiuden ylläpito

Metsähallinto ylläpitää organisaatiota ja prosessia, joiden puitteissa varaudutaan myrskytuhoihin. Tämä toiminta on määritelty Valtakunnallisessa metsätuhovalmiussuunnitelmassa. Valmiusorganisaatio aktivoituu, kun myrskyn uhka ilmenee esimerkiksi ilmatieteilijöiden toimittaman tiedon perusteella. Kyseisellä valmiusorganisaatiolla tulee olla toimintamalli ja resurssit myös myrskyn yhteydessä mahdollisesti tarvittavien ilmakuvausten hankintaa varten.

Suomessa tulee vastaavasti olla myrskytuhoihin liittyvää ilmakuvausvalmiutta ylläpitävä tahon. Tämän tahon tulisi ylläpitää ilmakuvausvalmiutta siten kuin maa- ja metsätalousministeriön kanssa on sovittu. Ilmakuvausvalmius perustuu joko oman kaluston käyttöön ja/tai sopimuksiin, joilla myös useamman palvelutarjoajien resurssit ovat valmiusvaatimuksen mukaisilla ehdoilla käytettävissä. Työryhmä ehdottaa, että ilmakuvausvalmiudesta ja siihen liittyvistä tukipalveluista huolehtii Maanmittauslaitos.

Maanmittauslaitoksen tulisi ylläpitää myrskytuhoihin liittyvää ilmakuvausvalmiutta valtion sisäisenä palveluna ja luoda valmiuksia myös muiden palvelutoimittajien ilmakuvaus- ja kuvankäsittelypalveluiden käyttämiseksi. Valtion sisäinen palvelu perustuu palveluiden omakustannusarvoon. Tästä valmiustoiminnasta sovitaan vuosittain ja päätetään muun

muassa kuvausten priorisoinneista. Maanmittauslaitos ylläpitää jatkuvasti tietoa eri (puitesopimus)toimittajien palveluvalmiudesta Suomessa.

Ilmakuvausvalmius tulee sovittaa ilmakuvausten yleisiin toimintaedellytyksiin ja myrskyjen todennäköisyyteen valmiuden ylläpidon kustannusten minimoimiseksi. Varsinaisella kuvauskaudella (huhtikuusta lokakuuhun) kuvausvalmius tulee olla 0-5 vuorokautta ja kuvauskauden ulkopuolella 3-5 vuorokauden luokkaa. Näiden valmiuksien ylläpidon ei katsota vielä aiheuttavan merkittäviä ilmakuvausvalmiuden ylläpitoon liittyviä lisäkustannuksia. Lentokoneiden huolloista aiheutuvat valmiuskatkokset on joko hyväksyttävä riskinä tai niiden ajaksi on hankittava korvaava valmius, mikä saattaa aiheuttaa lisäkustannuksia.

Valmiutta ei ole olemassa, ellei sitä päätöksin, sopimuksin ja toimintamallein selkeästi ylläpidetä ja johdeta.

Viime vuosina on havaittu, että myrskyjä saattaa olla useita samana vuonna ja jopa lyhyenkin ajan sisällä. Metsähallinnon valmiusorganisaatiolla tulee olla toimintamalli myös tällaisia tilanteita varten. Käytännössä tämä tarkoittaa riittävän joustavan ja nopean päätös- ja rahoitusmekanismin rakentamista tällaisia poikkeustilanteita varten.

Ilmakuvia käytävillä tahoilla tulee olla valmiudet käyttää syntyvää kuva-aineistoa ja mahdollisia automaattisia analysointituloksia tehokkaasti hyödyksi. Tämä edellyttää tietojärjestelmien valmiuksien parantamista ja käyttäjien kouluttamista.

Kuten kuvassa 4 on esitetty, uudet ilmakuvaukset eivät yleensä ole vielä käytettävissä myrskytuhoalueen laajuuden arviointiin ensivaiheessa, vaan päinvastoin laajuustietoa tarvitaan ilmakuvausten suunnittelua varten. Laajuustieto on tuotettava muiden tietolähteiden tai menetelmien avulla arvioitaessa myrskyä ja sen edellyttämiä toimenpiteitä.

Valmiustilanteessa pitää kuvauksesta päättävällä taholla olla saatavilla helposti tietoa, mitä aiempaa kuvamateriaalia alueesta on olemassa, erityisesti jos aiotaan soveltaa automaattisia analysointimenetelmiä (erottelukuva). Maanmittauslaitos pitää metatietorekisteriä kaikista valtakunnallisen tason kuvauksista. Työryhmä ehdottaa, että tähän rekisteriin lisättäisiin tiedot myös metsäkeskusten kuva-aineistoista kuvaustietojen saatavuuden tehostamiseksi.

## **8.2 Ilmakuvausten valmistelu ja hankintapäätösten teko**

Työryhmä suosittelee myrskytuhoalueiden ilmakuvausta normaaleja metsäkuvausvaatimuksia soveltaen noin viikon kuluessa myrskystä. Kuvauksen tavoitteena on tuottaa tukimateriaalia myrskyn vaikutusten arviointiin, korjuun suunnitteluun, metsänkäyttöilmoitusten tekemiseen ja tarkastamiseen, metsävaratiedon päivittämiseen sekä myrskyn jälkihoidon seurantaan.

Maa- ja metsätalousministeriön tulee kyetä tekemään päätös ilmakuvausten tilaamisesta ja teknisistä vaatimuksista nopeasti myrskytuhoon tapahtuttua, mikäli tuhon laajuus ja vakavuus sitä edellyttää. Tätä päätöksentekoa varten organisaatiolla tulee olla valtuus vähintään noin 800 000 hehtaarin (80 x 100 km<sup>2</sup>, muutamia kuntia) ilmakuvausten

tekemiseen itsenäisesti. Tämä valmius vastaa noin 150 000 euron valtuutta ilmakehuaineistojen sekä –palveluiden, kuten esimerkiksi automaattisen analyysin hankintaan.

Valmiusorganisaation tulee olla yhteydessä Maanmittauslaitokseen myrskytuhoon uhan kasvaessa merkittäväksi kuvausvalmiuden nostamiseksi ja mahdollisen hankinnan valmistelua varten.

Samaan aikaan kuin metsähallinnon valmiusorganisaatio selvittää tuhon laajuutta, on Maanmittauslaitoksessa selvitettävä sen hetkiset ilmakehuvalmiudet. Ensimmäisenä tulee harkittavaksi onko tuhojen sijaintialue vuodenaikaan nähden sellainen että halutun laatuista ilmakehuvausta pystytään tekemään. Esimerkiksi Lapissa auringon korkeuskulma on syyskaudella jo paljon pienempi ja kuvausmahdollisuudet niin ollen rajoitetummat kuin eteläisessä Suomessa. Selvitysvaiheeseen kuuluu lisäksi sen yrityksen valmiuksien selvittäminen, jonka kanssa on tehty sopimus myrskytuhoilmakehuvauksista. Vastaavasti selvitetään Maanmittauslaitoksen oman kuvauskapasiteetin valmius. Selvitettäviä asioita ovat kuvauskaluston sijainti, työtilanne, töiden priorisointi ja miten kalusto olisi irrotettavissa myrskytuhoilmakehuvauksiin. Varsinaisen ilmakehuvausten edellytyksien lisäksi on selvitettävä kuvatuotteiden valmistusedellytykset kyseisessä tilanteessa. Selvitysten perusteella voidaan informoida valmiusryhmää kuvausten edellytyksistä ja aikataulusta, jolla kuvaukset voidaan aloittaa.

Jos valmiusryhmä päättää kuvausten aloittamisesta, tehdään Maanmittauslaitoksessa päätös, teetetäänkö kuvaukset yrityksellä jonka kanssa on tehty sopimus kuvauksista, tehdäänkö se Maanmittauslaitoksen omana työnä vai onko kyseessä niin laajat kuvaukset että niihin kannattaa käyttää molempien kapasiteettia. Päätöksen pohjana käytetään edellä esitettyjen selvitysten tuloksia. Tavoitteena on varmistaa kuvausten tekeminen tavoitteen mukaisessa aikataulussa.

Kun merkittävä osa rahoituksen perusvaltuudesta on käytetty, tulee valmiusorganisaation ja metsähallinnon käynnistää prosessi lisärahoituksen saamiseksi, jotta riittävä valmius voidaan ylläpitää mahdollisia nopeastikin seuraavia myrskyjä varten.

Ilmakehuvaudesta päättävällä taholla pitää olla etukäteen selvillä, tilataanko tuhoalueesta pelkkä ilmakehu vai tilataanko myös muita kuvankäsittelypalveluita (esimerkiksi analyysipalveluita).

### **8.3 Ilmakehu ja kuvien käsittely**

Ilmakehuvausten suunnittelu voidaan aloittaa heti, kun tieto kuvattavista alueista on saatu Maanmittauslaitokseen. Kuvaukset voidaan aloittaa 2–3 vuorokauden kuluessa kuvauspäätöksestä, mikäli sääolosuhteet sen sallivat. Lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana (talvikautena) viive voi olla pidempikin riippuen lentokoneen ja kuvauskaluston huoltotilanteesta. Talvikauden valmiutta voidaan pitää paremmin yllä suunnittelemalla erilaiset huoltotoimet mahdollisimman lyhyiksi, jos se nähdään tarpeelliseksi.

Normaalin kuvauskaudenkin aikana, puhumattakaan syys- ja talvikaudesta, sääolosuhteet sanelevat pitkälti sen, miten nopeasti kuvaukset saadaan käytännössä tehtyä. Suomessa on kuvauskauden aikana keskimäärin 10–15 hyvää ilmakehu päivää ja 20–30 sellaista kuvauspäivää jolloin voidaan jossain päin maata kuvata muutama tunti. Yhden hyvän kuvauspäivän aikana voidaan yhdellä kuvauskoneella kuvata muutamia tuhansia

neliökilometrejä. Määrä riippuu kuvattavien alueiden muodosta, koosta ja sijainnista suhteessa toisiinsa.

Ilmakuvauksen jälkeen kuva-aineisto siirretään lentokoneesta toimistolle kuvien prosessointia varten. Prosessointi käsittää kuvien muodostamisen kokonaisuksi ilmakuviksi ja edelleen ortokuviksi haluttuun koordinaatistoon ja karttalehtijakoon. Prosessoinnin tuloksena ensiksi valmistuvat stereomallit ja sitten ortokuvat. Jos prosessointi menee hyvin, kuvat voidaan toimittaa tarvitsijoiden käyttöön, ladata kuvapalvelimiin tai rajapintapalveluun muutaman päivän kuluttua ilmakuvauksesta.

Ilmakuvien valmistuttua on niiden perusteella mahdollista tehdä myös automaattisia analyysijä myrskyn seurauksista. Jos kuvamäärä on suuri ja myrskytuhot laaja-alaisia, automaattinen analysointi on todennäköisesti tehokas menettely. Eräänä kysymykseen tulevana menettelynä on, että tuotetaan pintamallit ennen ja jälkeen myrskytuhoon. Näiden erotuksena saadaan paikkatietoa kuvausten välillä tapahtuneista muutoksista. Tätä menetelmää on kokeellisesti käytetty viime elokuun myrskyjen jälkeen (Blom Kartta Oy), mutta sen luotettavuudesta ja käytettävyydestä ei ole vielä selvää kuvaa. Menetelmä edellyttää laajaa eri ajankohtien aineistojen käyttöä. Kuvien automaattisista analyysimenetelmistä ja niiden mahdollisuuksista tulisi tehdä selvitys ja kehittää analysointiprosessi, joka olisi otettavissa käyttöön tarpeen tullen.

Maanmittauslaitoksen hankkimat kuvat säilytetään Maanmittauslaitoksen kuva-arkistossa ja pidetään saatavilla Maanmittauslaitoksen ortokuvapalvelimessa. Ne voidaan myös siirtää muille mahdollisille hallinnon alan organisaatioiden palvelimille tarpeen mukaan. Maanmittauslaitoksen hankkimien kuvien metatiedot pidetään Maanmittauslaitoksen ilmakuvien metatietokannassa ja -palvelussa (ILMArek).

Maanmittauslaitoksen hankkimien kuvien käyttö viranomaistehtävissä on nykyisen hinnoittelun mukaan maksutonta. Kaupallisesta käytöstä peritään voimassa olevan hinnaston mukainen käyttöoikeusmaksu.

Koska myrskytuhojen mahdollisissa automaattisissa analysoinneissa tullaan tarvitsemaan myös vanhaa (ennen myrskyä ilmakuvattua) kuva-aineistoa, tulisi kaikkien käyttökelpoisten ilmakuvausten metatiedot (kuvaustiedot) kerätä keskitettyyn tietokantaan Maanmittauslaitokseen.

#### **8.4 Kuvien jakelu käyttäjille**

Mitä enemmän tuotetuilla ilmakuvilla on käyttöä, sen parempi. Työryhmä ehdottaa, että laajan käytön toteuttamiseksi valmistuneet ilmakuvat jaetaan käyttöön ensisijaisesti niin kutsuttujen rajapintapalveluiden avulla kuvien valmistumisen tahdissa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki kuvia mahdollisesti käyttävät järjestelmät (viranomaisjärjestelmät, kansalaispalvelut ja yritysten järjestelmät) saavat samat kuvat käyttöönsä mahdollisimman nopeasti. Rajapintapalveluiden käyttö edellyttää, että niiden käyttöön on valmistauduttu eri toimijoiden tietojärjestelmissä. Standardien rajapintapalveluiden käyttö on laajenemassa nopeasti paikkatietojen jakelussa ja käytössä, joten niiden soveltaminen tulee muutenkin olemaan rutiininomaista lähivuosina. Kuvien käyttö rajapintapalveluiden avulla olisi maksutonta kaikille toimijoille tietyn määräjän puitteissa.

Akuutin vaiheen jälkeen kuvadata voidaan tarvittaessa siirtää eri toimijoiden omiin tietojärjestelmiin. Näissä luovutuksissa sovellettaisiin erikseen määriteltyjä maksullisuusperiaatteita. Perusperiaatteena on, että kaupalliseen käyttöön tai pysyvästi yritysten käyttöön siirrettävistä kuvista maksetaan korvaus, joka osaltaan alentaa myrskytuhoihin hankittujen kuvien kokonaiskustannuksia.

Työryhmä esittää, että Maanmittauslaitos huolehtii ilmakuvien jakelun järjestämisestä ja maksujen perimisestä noudattaen samoja periaatteita jotka koskevat muutakin Maanmittauslaitoksen kuva-aineistoa. Maanmittauslaitos saa itse käyttää syntynyttä kuva-aineistoa viranomaistehtävissään maksutta.

Maanmittauslaitoksella on oma kuvapalvelin (WMS-rajapinta), joka voisi olla kanava myös myrskytuho kuvien jakeluun. Tällöin metsäkeskukset, samoin kuin muut toimijat hakisivat kuvat omaan käyttöönsä tarpeen mukaan suoraan Maanmittauslaitoksen palvelimelta.

Toinen vaihtoehto on, että kuvia jaetaan muille toimijoille metsäkeskuksista, jolloin ne toimitettaisiin Maanmittauslaitoksesta nopeimmalla mahdollisella tavalla metsäkeskuksiin. Metsäkeskuksille ollaan parhaillaan suunnittelemassa kuvapalvelinratkaisua, jota muun muassa Metsään.fi -palvelu tulee hyödyntämään. Tämän palvelun kautta kuvat voisivat olla myös yksityisten kansalaisten ja metsänomistajien tarkasteltavissa. Kuvien jakeluun ei kannata perustaa uusia portaaleja, vaan hyödyntää olemassa olevia tai jo nyt kehitteillä olevia. Heikko kohta kuvien jakelussa voi olla tietopalveluiden tukkeutuminen käytön keskittyessä voimakkaasti tiettyihin ajankohtiin.

Jos kuvat halutaan jakaa stereomalleina, on mallien orientointiparametrien siirto selvitettävä etukäteen. Tämä edellyttää tiedon siitä, missä järjestelmässä kuvia tullaan käyttämään ja orientointien siirtomenetelmän kehittämisen mikäli sitä ei ole kyseessä olevaa järjestelmää varten valmiina olemassa. Stereomallien kuva-aineiston jakamiseen ei nykyisellään ole varsinaista palvelinratkaisua. Maanmittauslaitoksessa on meneillään tiedostopohjaista tietojen jakelua kehittävä projekti, joka tuonee tähän apua.

Mahdolliset automaattiset analyysitulokset jaetaan standardimuotoisena järjestelmiin sopivana paikkatietona.

## **8.5 Kuvien käyttö**

Kuvia käytettäisiin pääasiassa taustakuvina erilaisissa metsähallinnon arviointi- ja karttajärjestelmissä, yritysten suunnittelujärjestelmissä, muissa viranomaisjärjestelmissä ja mahdollisissa kansalaisille tarkoitetuissa tietopalveluissa. Rajapintapalveluihin perustuva jakelu mahdollistaa samojen kuvien tehokkaan käytön näissä kaikissa järjestelmissä.

Kuvien automaattisista analyysimenetelmistä ja niiden mahdollisuuksista tulee tehdä selvitys ja kehittää prosessi, joka olisi otettavissa käyttöön tarpeen tullen. Mahdolliset automaattisella kuvatulkinnalla saatavat tulokset tukisivat eri tahoja myrskykohteiden löytämisessä, rajaamisessa sekä puuston määrän arvioinnissa ja korjuusuunnittelussa.

## 9 Ehdotus toimintamalliksi tulvatuhojen yhteydessä

Tulvien yhteydessä tehtävissä ilmakuvauksissa ehdotetaan sovellettavaksi pääperiaatteissaan samankaltaista toimintamallia kuin metsätuhojen yhteydessä.

Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskusten vastuuhenkilöt ja tulvaorganisaatiot vastaisivat ilmakuvaustarpeiden arvioinnista ja ilmakuvausten hankintapäätöksistä.

Tulvaorganisaatiot voisivat käyttää tarvittaessa Maanmittauslaitoksen asiantuntija- ja tukipalveluita ilmakuvausten valmistelussa ja hankinnassa. Maanmittauksen asiantuntija- ja tukipalvelurooli rajoittuisi kuitenkin vain niin sanottujen kartoituskameroiden avulla tehtävään kuvaukseen. Pien- ja järjestelmäkameraratkaisujen käytön osalta ELY-keskusten tulisi kehittää erikseen näillä tekniikoilla tehtävien kuvausten tuki- ja hankintatoimintaa.

Työryhmä ehdottaa, että Maanmittauslaitos varautuisi tukemaan ELY-keskuksia ilmakuvausten hankinnassa samoilla periaatteilla kuin metsätuhokuvausten hankinnassa. Tästä tukitoiminnasta sovittaisiin vuosittain. Tukirooliinsa liittyen Maanmittauslaitos ylläpitäisi jatkuvasti tietoa eri kartoituskuvaustoimittajien (puitesopimus) palveluvalmiudesta Suomessa. Yhteistyö Maanmittauslaitoksen kanssa ei sitoisi ELY-keskuksia kuvausten toteuttamisessa tai hankinnassa, vaan se tarjoaisi yhden valmiiksi määritellyn toimintamallin.

Työryhmä suosittelee laajojen tulva-alueiden (yli 50 km<sup>2</sup>) ilmakuvausta kartoitusilmakuvauskameralla kartoitusilmakuvausten teknisiä vaatimuksia soveltaen. Alueen laajuuden vaikutus kuvauksen tekniikkaan ja kustannuksiin riippuu kuvauskaluston sijainnista ja valmiudesta, mistä syystä ELY-keskusten olisi suositeltavaa olla säännönmukaisesti yhteydessä Maanmittauslaitokseen kuvauksia suunnitellessaan. Kuvauksen ajankohdan (käytännössä aikaikkunan) määrittelyssä on otettava huomioon vallitsevat kuvausolosuhteet yhteistyössä kuvauksen suorittajan tai tukipalvelua tarjoavan tahon kanssa.

Tulvaorganisaatioilla tulisi olla vuosittain valtuus vähintään noin 500 neliökilometrin alueen ilmakuvausten tilaamiseen yhtenä tai useampana kuvauksena. Tämä valmius vastaa noin 5 000 - 10 000 euron valtuutta ilmakuva-aineistojen ja -palveluiden hankintaan.

Koska tulvien yhteydessä ilmakuvia käytetään pääasiassa tulva-alueen laajuuden ja sijainnin määrittelyyn, kuvien tulee olla orto-oikaistu riittäväällä tarkkuudella (sijaintivirheet korkeintaan 1–2 m).

Varsinaisen kuvaustilauksen yhteydessä tulvaorganisaation on pääsääntöisesti ratkaistava myös mitä kuvankäsittelypalveluita (esimerkiksi vesipintojen visuaalinen/automaattinen erottelu) toimittajan halutaan perusprosessoinnin lisäksi tekevän.

Tulvien kuvaamiseen pätevät pitkälti samat periaatteet ja haasteet kuin metsätuhojenkin kuvauksissa. Tulvien yhteydessä kuvauksen ajoitus on kuitenkin erilainen kuin staattisempien myrskytuhojen yhteydessä. Tulvahuippua voidaan usein ennakoida paremmin ja näin valmistautua kuvaukseen pidemmällä varoitusajalla. Kuvauksen

ajankohdan määrittely saattaa kuitenkin edellyttää kuvaajilta pidempiä odotusaikoja kuin myrskytuhojen kuvauksissa.

Tulvakuvauksissa kuvien käyttö ei ole kiireellistä, minkä vuoksi kuvat voidaan toimittaa suoraan tilaajalle tai käyttäjälle tiedostosiirtoina koko alueen prosessoinnin valmistuttua. Tilaaja huolehtii edelleen kuvien arkistoinnista ja jakelusta muille käyttäjille.

Maanmittauslaitoksella on oma kuvapalvelin (WMS-rajapinta), joka voisi olla kanava myös sen toimesta tuotettujen tulvakuvien jakeluun. Tällöin eri toimijat hakisivat kuvat omaan käyttöönsä tarpeen mukaan suoraan Maanmittauslaitoksen palvelimelta.

## **10 Kustannukset ja vaikutusten arviointi**

Työryhmä esittää, että kartoituskuvauksissa sovellettaisiin pääsääntöisesti muutenkin sovellettavia teknisiä kuvausmäärittelyjä olosuhteisiin sovitettuina. Näin kuvausten kustannukset vastaisivat kustannuksiltaan normaaleja kuvaustilauksia. Kuvausten kustannukset riippuvat tarvittavien ja/tai tilattavien kuvausten määrästä. Historian perusteella tulisi varautua vähintään 150 000 euron perusmäärärahaan myrskytuhokuvauksia varten. Tulvakuvauksia varten tulisi ELY-keskuksissa varautua keskimäärin 5 000 euron perusmäärärahaan vuosittain.

Työryhmä katsoo, että esitetyllä tavalla toteutetut ilmakuvaukset eivät edellytä varsinaisesti ilmakuvausvalmiuden yleistä kohottamista (esimerkiksi vastuupäivystyksiä talvikaudella), mistä syystä merkittäviä lisäkustannuksia ei syntyisi. Lentokoneiden ja kameroiden huollot olisi suunniteltava ja ajoitettava Maanmittauslaitoksessa siten, että valmius ei olennaisesti heikkene. Ilmakuvauspalveluiden saatavuuden seurannasta, yhteistoiminnasta valmius- ja tulvaorganisaatioiden kanssa ja jakelupalveluiden kehittämisestä syntyy jonkin verran lisäkustannuksia Maanmittauslaitokselle.

Työryhmä katsoo, että esitetyllä tavalla tuotettujen ilmakuviin käyttöön otosta ei aiheudu käyttäville osapuolille merkittäviä lisäkustannuksia, koska ne käyttävät samantyyppisiä kuvia muutenkin. Poikkeuksellisissa olosuhteissa otettujen kuvien ja mahdollisten automaattisten analyysitulosten käyttö edellyttää kuitenkin koulutuksen järjestämistä säännöllisesti käyttövalmiuden ylläpitämiseksi. Niin sanottujen rajapintapalveluiden käyttöönotto voi aiheuttaa kehittämistarpeita ja kustannuksia, mutta ne syntyisivät joka tapauksessa järjestelmiä yleisesti kehitettäessä.

Myrskytuhojen yhteydessä hyödyt syntyvät paremman yleisen tilannekuvan, jälkihoidon tehostumisen ja hallinnollisten prosessien nopeutumisen kautta. Ilmakuviin ja mahdollisten automaattisten muutosanalyysitietojen avulla kohteet ovat nopeammin paikallistettavissa ja toimenpiteet näin tehokkaammin ja kattavammin kohdennettavissa. Esimerkiksi metsänuudistamistukea voidaan allokoida myrskyn jälkeen tarkemmin vain niille alueille, jotka ovat siihen oikeutettuja. Yrityksissä toimenpiteet voidaan kohdistaa nopeammin oikeille alueille sekä omissa metsissä että asiakkaiden metsissä. Yritysten tulisi maksaa kuvien pysyvästä käyttöön otosta, mikä osaltaan alentaisi kuvauksista julkiselle sektorille aiheutuvia kustannuksia.

Työryhmä katsoo, että ilmakuviin saatava kokonaisyöty kansalaisille, yrityksille ja hallinnolle on selkeästi suurempi kuin kuvauksista, kuvankäsittelystä ja yhteistoiminnasta

aiheutuvat kustannukset. Tästä syystä työryhmä suosittelee, että kokemusten hankkimista ilmakuvauksista ja yhteistoiminnasta jatketaan valmius- ja tulvaorganisaatioiden ohjauksessa tulevien myrskytuhojen ja tulvien yhteydessä ja samalla käynnistetään järjestelmien ja palveluiden kehittäminen sekä kouluttaminen, jotta näitä aineistoja voidaan hyödyntää tehokkaasti.

## 11 Työryhmän esitykset jatkotoimenpiteiksi

### 11.1 Perustelut

Työryhmä kuvasi ja arvioi äkillisiin metsätuhoihin ja tulviin liittyvien ilmakuvausten käyttöä ja tarvetta aikaisemmista ja koekuvauksista saatujen kokemusten avulla, määritteli tavoitteelliset ilmakuvien hankinta- ja käyttöprosessit sekä eri toimijoiden roolit, kuvasi ilmakuvausten käytöstä saatavia hyötyjä ja määritteli syntyviä kustannuksia.

Tavoite sekä metsätuhojen että tulvien ilmakuvauksessa on periaatteessa sama: halutaan tallentaa systemaattinen kuva ilmiöstä ja/tai sen vaikutuksista tietyllä ajanhetkellä ja käyttää sitä operatiivisissa ja hallinnollisissa prosesseissa tarvittavana paikkatietona. Työryhmä keskittyi asettamis päätöksen mukaisesti ilmakuvauksiin, joiden tarkoituksena on tuottaa metsätuhojen tai tulvien jälkihoidon edellyttämää paikkaan sidottua kuva-aineistoa suhteellisen laajoilta alueilta. Pelastus- ja muun toiminnan mahdollisesti edellyttämät hyvin nopeat ja paikalliset kuvaustarpeet rajattiin tämän selvityksen ulkopuolelle. Ne on yleensä toteutettava erilaisella tekniikalla kuin laaja-alaiset kartoitusilmakuvaukset ja eri organisaatioiden toimiessa toimeksiantajana.

Myrskytuhot ja tulvat poikkeavat ilmakuvausten kannalta toisistaan. Myrskyt ja niiden vaikutukset ovat yleensä vaikeammin ennakoitavissa, mutta niiden vaikutukset ovat melko pysyviä. Myrskyjen vaikutukset riippuvat huomattavasti myrskyn luonteesta. Tulvat ovat yleensä paremmin ennakoitavissa, mutta ne voivat olla nopeasti muuttuvia ja alueittain eteneviä. Laajat hyönteistuhot ovat puolestaan yleensä ennakoitavissa, mutta niiden havaitseminen vaatii erilaista kuvaustekniikkaa.

Myrskytuhojen yhteydessä ensitiedot kokonaisalueen laajuudesta ja tuhojen vakavuudesta tarvitaan yleensä 1–2 vuorokauden kuluessa myrskystä. Nämä ensitiedot on käytännössä tuotettava muilla menetelmillä kuin ilmakuvauksella, koska ilmakuvaukset, kuva-aineistojen käsittely ja kuva-aineistojen analysointi voidaan toteuttaa olosuhteista ja alueen laajuudesta riippuen normaalisti muutamien vuorokausien aikana. Jonkinlaista kohteen aluemäärittelyä tarvitaan myös jo ilmakuvausten toteuttamista varten. Ilmakuvista on eniten hyötyä myrskyn jälkeisessä metsäsuunnitelmien päivittämisessä ja hallinnollisissa prosesseissa, jotka toteutetaan osin vasta viikkojen ja kuukausien kuluessa myrskyn jälkeen. Olennaista on saada käytössä oleviin järjestelmiin hyvin sopivaa kuva-aineistoa, joka on kuvattu mahdollisimman nopeasti myrskytuhon tapahduttua.

Tulvissa tavoitteena on dokumentoida tulvan peittämä alue tietyllä ajanhetkellä, yleensä lähellä tulvahuippua. Kuvattava alue on määriteltävä esimerkiksi tulvariskikarttojen avulla. Tämä saattaa edellyttää jopa useita peräkkäisiä kuvauksia tulvan edetessä.



Työryhmä totesi, että ilmakuvat ovat sekä myrskytuhojen että tulvien yhteydessä yleensä hyödyllisiä, mutta niiden käyttöprosessit eivät ole toistaiseksi vakiintuneita. Kuvauksista saatava hyöty on erityisesti myrskytuhojen yhteydessä riippuvainen järjestelmien ja organisaatioiden kyvystä ottaa syntyvät kuvat nopeasti käyttöön ja liittää ne sujuvasti erilaisiin toimintaprosesseihin. Tämä edellyttää myös kouluttamista.

Myrskytuhojen yhteydessä kuvien systemaattinen visuaalinen analysointi tuhojen kartoitusta varten nähtiin liian työlääksi, hitaaksi ja virhealttiiksi menetelmäksi etenkin laajojen ja vaikutuksiltaan hajanaisten myrskyjen yhteydessä vaikka tuotettaisiinkin teknisesti riittävän tarkkoja kuvia. Todettiin, että automaattisten muutos- ja kuva-analyyysien käytettävyyttä tulee selvittää tarkemmin ja varautua niiden antamien tulosten hyödyntämiseen eri toimijoiden järjestelmissä.

Työryhmä totesi, että keskeisessä roolissa ilmakuvausten hankinnassa ovat myrskytuhoja ja tulvia varten asetetut/asetettavat valmius- ja tulvaorganisaatiot. Näillä tulee olla jatkuvasti tiedossaan ilmakuvausten saatavuus ja edellytykset käynnistää ilmakuvauksien hankinta, mikäli tilanne niin vaatii. Työryhmä katsoi, että tarvitaan kansallinen tuki- ja asiantuntijaorganisaatio, joka ylläpitää tietoa eri tahojen (kilpailutetut yritykset, Maanmittauslaitos, muut) ilmakuvauspalveluiden saatavuudesta ja avustaa valmius- ja tulvaorganisaatioita ilmakuvausten toteuttamisessa. Toimenpiteisiin ilmakuvausvalmiuden seurannan ja parantamisen kehittämiseksi on ryhdyttävä mahdollisimman nopeasti. Mahdollisiin myrskytuho- ja tulvakuvauksiin on valmistauduttava väliaikaisella järjestelyllä heti vuoden 2011 kuvauskauden alusta alkaen, kunnes pysyvästä järjestelystä on sovittu.

Työryhmä katsoo, että ilmakuvista saatava kokonaishyöty kansalaisille, yrityksille ja hallinnolle on selkeästi suurempi kuin kuvauksista, kuvankäsittelystä ja yhteistoiminnasta aiheutuvat kustannukset. Tästä syystä työryhmä suosittelee, että kokemusten hankkimista ilmakuvauksista jatketaan valmius- ja tulvaorganisaatioiden ohjauksessa tulevien myrskytuhojen ja tulvien yhteydessä ja samalla käynnistetään järjestelmien ja palveluiden kehittäminen, jotta näitä aineistoja voidaan hyödyntää tehokkaasti.

## 11.2 Työryhmän ehdotukset

Työryhmä esittää, että valmiutta toteuttaa ilmakuvauksia myrsky- ja metsätuhojen sekä tulvien yhteydessä parannetaan lähivuosina seuraavilla toimenpiteillä:

*Maanmittauslaitos ja maa- ja metsätalousministeriö sopivat mahdollisimman nopeasti vuonna 2011 sovellettavasta väliaikaisesta mahdollisissa tuhotilanteissa sovellettavasta toimintamallista ja tiedottavat siitä eri osapuolille.*

*Maanmittauslaitos ja maa- ja metsätalousministeriö sopivat vuoden 2011 aikana ilmakuvausvalmiuden kehittämisestä ja ilmakuvauksia koskevien tukipalveluiden järjestämisestä äkillisiä tuhotilanteita ajatellen ja tiedottavat siitä eri osapuolille.*

*Metsähallinto, ELY-keskukset ja Maanmittauslaitos käynnistävät käytännön yhteistyön tekemällä mahdollisimman nopeasti yhteistyösopimukset ilmakuvausten tukipalveluista.*

*Metsähallinnon valmiusorganisaation toimintaa kehitetään vuodesta 2011 alkaen siten, että metsäkeskukset pystyvät tekemään tuhojen yhteydessä nopeasti arvion ja esityksen ilmakehuvaustarpeesta ja maa- ja metsätalousministeriö päätöksen ilmakehuvausten ja kuvankäsittelypalveluiden tilaamisesta.*

*Kokemusten hankkimista metsätuhojen ja tulvien ilmakehuvaamisesta ja kuvien käsittelystä jatketaan yhteistoimintamallin kehittämiseksi ja ilmakehuviien käytön tehostamiseksi. Tarve toimintamallin ylläpidolle ja kehittämiseksi tulee arvioida uudelleen viimeistään vuonna 2014.*

*Metsätuhoilmakehuvausten rahoitus tulisi järjestää vuodesta 2012 alkaen joustavaksi siten, että maa- ja metsätalousministeriöllä olisi tarvittaessa käytössään riittävästi ja riittävän nopeasti määrärahaa myös huomattavan laaja-alaisen tai peräkkäisten metsätuhojen kartoittamiseksi.*

*Suunnittelun ja operatiivisen toiminnan prosesseja ja tietojärjestelmiä kehitetään siten, että tuhoilmakehuvia, rajapintapalveluita ja mahdollisia automaattisia kuva-analyysituloksia voidaan tehokkaasti hyödyntää. Kuvausjärjestelmien kehittämistarpeista tehdään vuoden 2011 loppuun mennessä.*

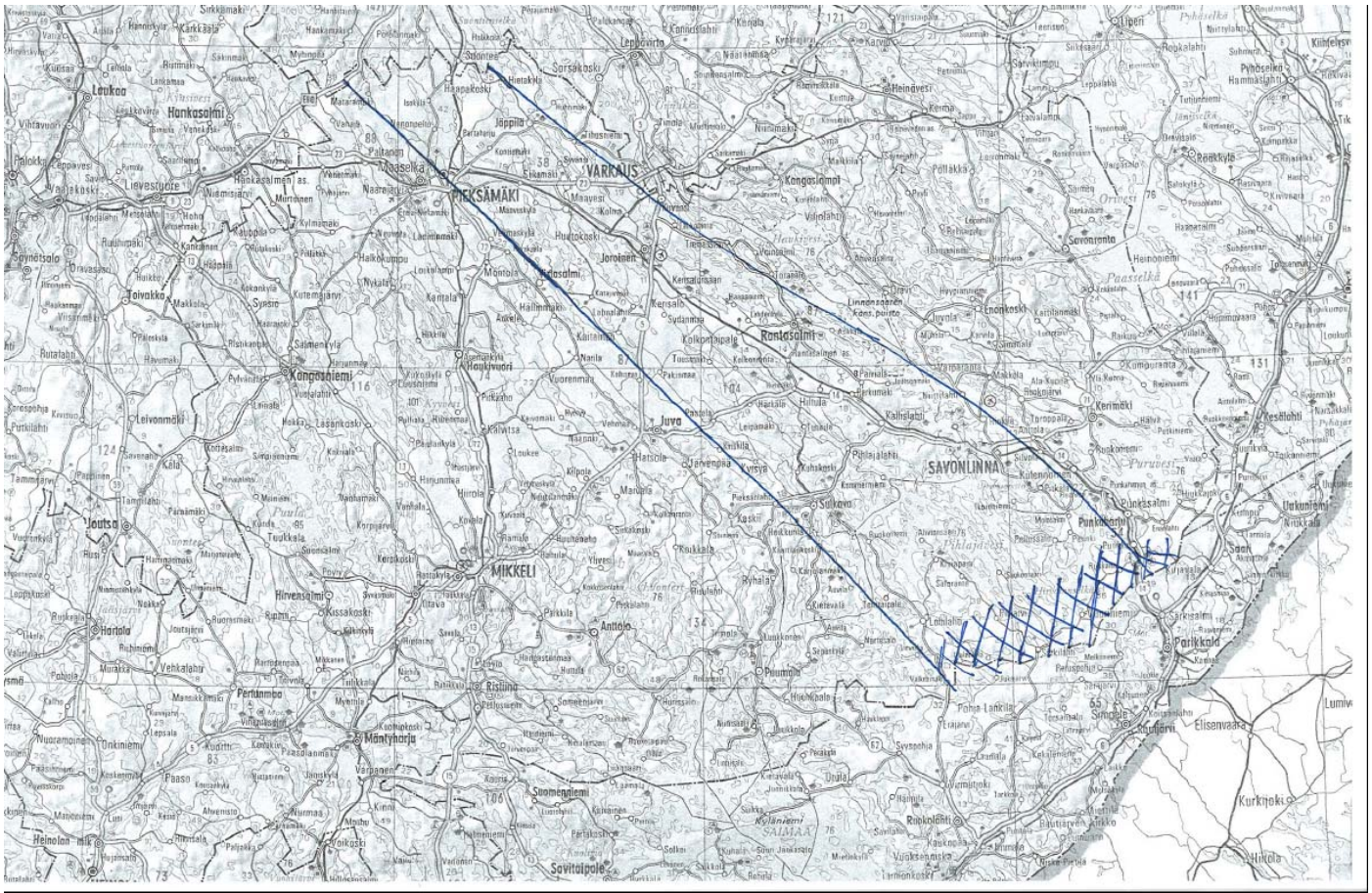
*Selvitetään ja määritellään vuoden 2012 loppuun mennessä (automaattisia) digitaalisia tulkintamenetelmiä, jotka tukevat ilmakehuviien tehokasta hyödyntämistä tuhojen kartoituksessa (esimerkiksi pintamalleihin tai ilmakehuviien sävyihin perustuva muutostulkinta, metsävaratietokannan käyttö tms.). Selvitetään myös, onko myrskytuhojen suuruus mahdollista arvioida nopeasti ja luotettavasti suoraan ilmakehuvilta.*

*Työntekijöille järjestetään tarpeen mukaan koulutusta uusien menetelmien ja kuvien käytöstä eri toimintaprosesseissa.*

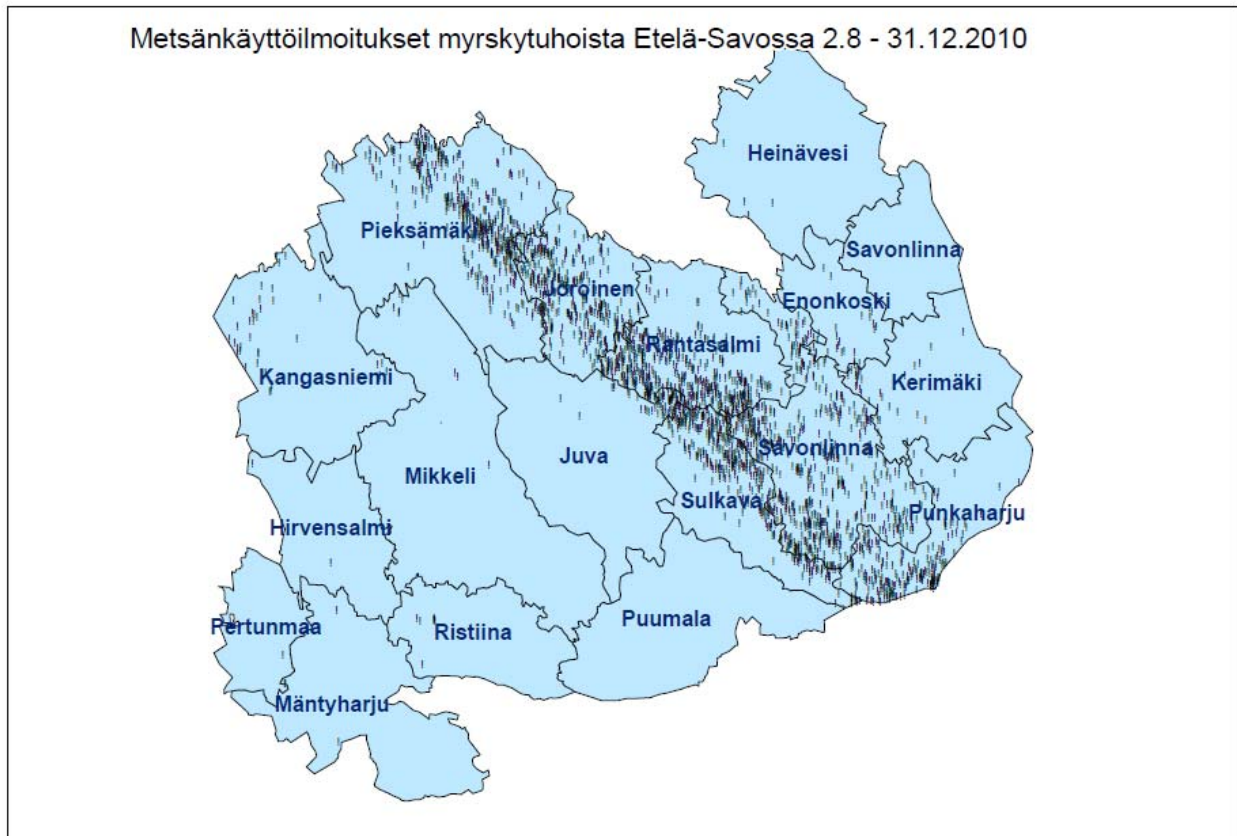
*Valmiusorganisaatioiden käyttöön kehitetään vuoteen 2013 mennessä myrskyluokittelu, jota voidaan hyödyntää ilmakehuvaustarvetta ja -tapaa arvioitaessa.*

*Ilmakehuvauksesta tehtävät sopimukset ja toimintamallit kirjataan Valtakunnalliseen metsätuhovalmiussuunnitelmaan.*

Liite 1. Eri metsäorganisaatioiden kenttähenkilöiden havaintojen perusteella muutaman päivän sisällä hahmottunut kuva myrskytuhoalueesta Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella.



Liite 2.



Liite 3. Ilmakuvauksen hyödyntäminen tulvatilanteissa Suomessa 2000-luvulla.

<b>Vuosi</b>	<b>Tilaaaja</b>	<b>Vesistö, tulvatilanne</b>	<b>Tekniikka</b>	<b>Kuka kuvasi ym.</b>	<b>Hyödyntäminen</b>	<b>Huomiota</b>
2010	VAR	Loimijoki, huhtikuu	viistokuva	Vallas Oy	Kevättulvan maksimileviämisalueen dokumentointi	Käytetty hyväksi tulvakartoituksessa ja Loimijoen tulvanpidättämisselvityksessä
2010	VAR	Kiskonjoki, huhtikuu	viistokuva	Vallas Oy	Kevättulvan maksimileviämisalueen dokumentointi	Käytetty hyväksi tulvakartoituksessa ja Kiskonjoen säännöstelyn kehittämishankkeessa.
2010	SYKE/ UUD	Vantaanjoki, kevättulva	ortokuva	PIEneering Oy	Testitarkoitus	Kuvaus kauko-ohjatulla lennokilla, ilmainen kokeilu, hyvä menetelmä rajallisella alueella.
2008	VAR (LOS)	Kokemäenjoen keskiosa / Loimijoki, joulukuu	viistokuva	Vallas Oy	Talvitulvan maksimileviämisalueen dokumentointi tulvakartoitusta silmällä pitäen	
2008	POP	53_Kalajoki, kesätulva	videokuvaus	Suomen ilmakuva Oy	Kesätulvan 1/20 peittävyys	Peltoalueilla vaikea erottaa tulvan peittämää alaa kasvillisuuden takia. Kuvattu Kalajanjoki ja Kalajoen pääuoma
2006	VAR (LOS)	Karvianjoki, Kokemäenjoen ala- ja keskiosa, joulukuu	viistokuva	Vallas Oy	talvitulvan maksimileviämisalueen dokumentointi	Kuvattiin laajasti Satakunnan alueella ja myös Pirkanmaan puoleinen Kokemäenjoen jokijakso, jonka PIR maksoi
2005	Porin kaupunki	Kokemäenjoki, talvitulva, tammikuu	viistokuva	yksityinen	Porin ja Kokemäen hyydetulvatilanteen dokumentointi, hyödynnetty tulvahankkeiden suunnittelussa	
2005	UUD	Vantaanjoki, talvitulva	digikamera	K. Rantakokko, rajavartioston kopterista	tulvan laajuuden arviointi, kuvia käytetty vähän	Kuvien laatu huono pilvisen ja sateisen sään takia
2005	LAP	Ounasjoki, Kittilän	Valokuvia, viistokuva	Sauli Koski, Studio Tunturi-Lappi Oy	Käytetty alueelle laadittujen tulvavaarakarttojen tulva-alueiden peittävyden tarkastamisessa	Kuvattu 28.5.2005 Kittilän kirkonkylän ympäristöstä



2004	EPO	Kimonjoki, Vöyrinjoki, rankkasadetulva elokuussa	videokuva, diakuva, pystykuva, viistokuva	LSU/Unto Tapio ja Lasse Känsälä pelastuslaitoksen helikopterilla ja Vallas Oy	tulvan laajuuden selvittäminen, tulvakartat, tulvasuojelusuunnittelu	Digikuvat, diat ja video sekä videosta tehty kooste, kuvattu useana päivänä. Osa kuvauksista on tehty pelastuslaitoksen helikopterilla, osa tilattu konsultilta (Vallas Oy).
2004	UUD	Vantaanjoki, kesätulva	digikamera	K. Rantakokko, rajavartioston kopterista	tulvan laajuuden arviointi, kuvia käytetty useissa esityksissä ja julkaisuissa, hyödynnetty vaara-alueiden määrittämisessä ja tulvakartoituksessa	Lento pelastuslaitoksen virka-apu-pyyntönä, kuvaus ikkunan läpi (laatu ei paras mahdollinen)
2004	UUD	Mustijoki, Porvoonjoki, kesätulva	digikamera	T. Taponen, vuokrakopteri	tulvan laajuuden arviointi, kuvia käytetty useissa esityksissä ja julkaisuissa, hyödynnetty vaara-alueiden määrittämisessä	Edullinen tapa, asiantuntija voi lennolla päättää mielenkiintoisimmat kuvauskohteet, kattaa helposti laajan alueen
2001	EPO	Maalahdenjoki, Petolahdenjoki	videokuva, diat	LSU	tulvien poikkeuksellisuuslausunnot	videotallenne, joka on muunnettu myös digimuotoon, diat
2000	POP	54_Pyhäjoki, kevättulva	kohtisuora pystykuva+viistokuva	Suomen ilmakekuva Oy	laadittu numeeriset tulvakartat, tulvatietojärjestelmässä, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvut,	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohtisuorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohtisuorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m
2000	POP	57_Siikajoki, kevättulva	kohtisuora pystykuva+viistokuva	Suomen ilmakekuva Oy	laadittu numeeriset tulvakartat, tulvatietojärjestelmässä, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvut,	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohtisuorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohtisuorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m
2000	POP	58_Temmesjoki, 58.04_Ängeslevänjoki, 58.05_Tyrnäväjoki, 58.06_Liminkajoki, kevättulva	kohtisuora pystykuva+viistokuva	Suomen ilmakekuva Oy	tulvakarttojen laadinta kesken, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvut,	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohtisuorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohtisuorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m

2000	POP	60_Kiiminkijoki, kevättulva, 60.06, 60.07_ Nuorittajoki	kohtisuora pystykuva+ viistokuva	Suomen ilmakehu Oy	laadittu numeeriset tulvakartat, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvat	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohti- suorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohti- suorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m
2000	POP	61.4_Siuruanjoki	kohtisuora pystykuva+ viistokuva	Suomen ilmakehu Oy	tulvakarttojen laadinta kesken, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvat,	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohti- suorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohti- suorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m
2000	POP	59.2_Utosjoki	kohtisuora pystykuva+ viistokuva	Suomen ilmakehu Oy	tulvakarttojen laadinta kesken, kaavoitus, rakennusten poikkeusluvat	Paperiset ja digikuvat, kuvat oikaistu manuaalisesti koordinaatistoon, kohti- suorapystykuvassa kuva-alueen reunat vääristyy ja kuvan keskusta on kohti- suorassa maanpintaan, lentokorkeus noin 500 m
2000	EPO	Lestijoki, Perhonjoki, Kälviänjoki, Pöntiönjoki	videokuva	PPO/Esa Ojutkangas, pienkone ilmailukerholta	rakentamiskorkeuslausunnoissa ja tulvariskien alustavassa arvioinnissa	Kuvanlaatu ei ole kovin hyvä. Tulva-alue on rajattu peruskartalle ja viety paikkatietoaineistoksi.

**MMM:n vuonna 2011 julkaisemat työryhmämuistiot  
Arbetsgruppspromemorior publicerade av JSM år 2011**

- 2011:1 Ehdotus soiden ja turvemaiden kestäväen ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi  
ISBN 978-952-453-624-0 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-625-7 (Verkkajulkaisu)
- 2011:2 Ehdotus kansalliseksi vieraslajistrategiaksi  
ISBN 978-952-453-638-7 (Verkkajulkaisu)
- 2011:3 Metsätilakoon ja rakenteen kehittäminen - Työryhmän kannanotot osa 1  
ISBN 978-952-453-642-4 (Verkkajulkaisu) (koko julkaisu)  
ISBN 978-952-453-643-1 (Verkkajulkaisu) (osa 1)
- 2011:3 Metsätilakoon ja rakenteen kehittäminen - Työryhmän taustaselvitykset osa 2  
ISBN 978-952-453-642-4 (Verkkajulkaisu) (koko julkaisu)  
ISBN 978-952-453-644-8 (Verkkajulkaisu) (osa 2)
- 2011:4 Kasvinsuojeluaineiden kestäväen käytön kansallinen toimintaohjelma  
ISBN 978-952-453-647-9 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-648-6 (Verkkajulkaisu)
- 2011:5 Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa  
ISBN 978-952-453-649-3 (Verkkajulkaisu)
- 2011:6 Metsäpuiden siementarvearviotyöryhmän muistio  
ISBN 978-952-453-651-6 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-652-3 (Verkkajulkaisu)



ISBN 978-952-453-653-0 (Painettu)  
ISSN 0781-6723 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-654-7 (Verkojulkaisu)  
ISSN 1797-4011 (Verkojulkaisu)