

**FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN SEURA**

**KATSAUS FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN  
TOIMINTAAN SUOMESSA VUONNA 2009**

Koonnut Anna Erving

1	Yleistä.....	2
2	Toiminta kansainvälisissä yhteisöissä .....	2
3	Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tutkimus .....	3
3.1	TKK / Geomatiikan tutkimusryhmä / Fotogrammetria ja kaukokartoitus .....	3
3.2	Geodeettinen laitos / Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto .....	4
3.3	Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti.....	5
3.4	VTT .....	7
4	Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen koulutus .....	8
4.1	Tiedekorkeakoulut .....	8
4.1.1	TKK / Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta / Maanmittaustieteiden laitos / Geomatiikan tutkimusryhmä.....	8
4.1.2	TKK / Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta / Radiotieteen ja – tekniikan laitos .....	9
4.1.3	Helsingin yliopisto .....	9
4.1.4	Muut tiedekorkeakoulut .....	9
4.2	Ammattikorkeakoulut .....	9
4.3	Ammattioppilaitokset .....	10
5	Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tuotanto .....	10
5.1	Julkishallinto.....	10
5.1.1	Maanmittauslaitos .....	10
5.1.2	Topografikunta.....	10
5.1.3	Suomen ympäristökeskus.....	11
5.2	Yksityissektori .....	12
5.2.1	FM-International Oy .....	12
5.2.2	BLOM Kartta Oy .....	12
5.2.3	Pöyry Finland Oy.....	13
5.2.4	SITO-yhtiöt.....	13
5.2.5	Suomen Karttoitus ja Mittaus Oy.....	13

## **1 YLEISTÄ**

Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seura ry:n sääntöjen mukaan seuran johtokunta laatii vuosittain yhteenvetdon fotogrammetrisesta toiminnasta maassamme, ja esittää sen seuran vuosikokouksessa. Yhteenveto on laadittu alalla toimivien organisaatioiden avainhenkilöiltä ja yleisistä tietolähteistä saatujen tietojen perusteella.

Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tekniikoita käytetään nykyään hyvin laajalti myös perinteisen paikkatiedon tuottamistoiminnan ulkopuolella. Erilaiset ympäristön tilan seurantarpeet ja luonnonvarojen kestäväan kehitykseen perustuva käyttö ovat lisänneet alan teknologian tuntemusta ja käyttöä maassamme. Lisäksi laserkeilaus on kasvattanut suosiotaan useissa sovelluksissa. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tekniikoita on sisällytetty usean yliopiston ja korkeakoulun antamaan opetukseen.

Toiminnan laaja-alaisuuden vuoksi yhteenveto ei ole täysin kattava, vaan siinä on pyritty keskittymään sellaiseen toimintaan ja toimijoihin, joilla fotogrammetria ja kaukokartoitus muodostaa merkittävän osan tutkimus-, opetus-, tuotanto- tai liiketoiminnasta.

## **2 TOIMINTA KANSAINVÄLISISSÄ YHTEISÖISSÄ**

Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen seura on jäsenenä ISPRS:ssä (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing). ISPRS:n kahdeksalle komissiolle on valittu FKS:n jäsenistä yhteyshenkilöt. Yhteyshenkilöt ja heidän komissionsa ovat:

I: Image Data Acquisition - Sensors and Platforms

Juha Vilhomaa, Maanmittauslaitos, Ilmakuvakeskus

II: Theory and Concepts of Spatio-temporal Data Handling and Information

Maarit Mikkelsen, Merenkulkulaitos

III: Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis

Eija Honkavaara, Geodeettinen laitos, Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto

IV: Geodatabases and Digital Mapping

Lassi lehto, Geodeettinen laitos, Geoinformatiikan ja kartografian osasto

V: Close-Range Sensing - Analysis and Applications

Petteri Pöntinen, Mapvision

VI: Education and Outreach

Katri Koistinen, TKK, Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tutkimusryhmä

VII: Thematic Processing, Modeling and Analyses of Remotely Sensed Data

Markus Törmä, SYKE Geoinformatiikka- ja alueidenkäyttöyksikkö

VIII: Remote Sensing Applications and Policies

Jenni Attila, SYKE Geoinformatiikka- ja alueidenkäyttöyksikkö

### 3 FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN TUTKIMUS

#### 3.1 TKK / Geomatiikan tutkimusryhmä / Fotogrammetria ja kaukokartoitus

Teknillisen korkeakoulun Maanmittaustieteiden laitoksella tapahtui rakenteellisia muutoksia vuonna 2009. Entisistä laboratorioista eli tutkimusryhmistä muodostettiin suurempia kokonaisuuksia, jonka seurauksena fotogrammetria ja kaukokartoitus kuuluvat yhdessä geodesian ja paikkatietotekniikan kanssa Geomatiikan tutkimusryhmään. Tutkimusryhmän johtajana toimii professori Kirsi Virrantaus. Käytännössä toiminta on kuitenkin jatkunut melko samaan tapaan kuin edellisinäkin vuosina, eli fotogrammetria ja kaukokartoitus muodostavat oman toiminnallisen yksikön, jossa Henrik Haggrén toimii professorina. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tutkimuksessa ja opetuksessa työskentelee noin 11 henkeä. Tutkimusta on tehty yhteistyössä mm. Geodeettisen laitoksen, Museoviraston, TKK:n Automaatio- ja systeemitekniikan laitoksen ja Helsingin yliopiston kanssa.

Tutkimusryhmän tutkimuskohteina on vuonna 2009 ollut mm.

- Laserkeilausaineistojen laatu, laseraineistojen yhdistäminen digitaalisiin kuviin ja metsien muutostulkinta.
- Arkeologisten kohteiden 3D-mallinnus ja dokumentointi laser- ja digitaalikuva-aineistoilla. Tutkimuskohteina ovat olleet niin kotimaassa sijaitsevat kulttuurihistorialliset kohteet kuin Jordanian Petrassa sijaitseva muinainen luostari.
- Laser- ja ilmakuva-aineistojen yhdistäminen sekä tomografiamenetelmien käyttö metsän 3D-rakenteen ja ominaisuustietojen selvittämiseksi.
- Menetelmän kehitystä hakkuukoneen lähestymisliikkeen aikana tehtävään konenäköpohjaiseen puun rungon mittaamiseen strukturoidun valon avulla.
- Ledispektrometriaan perustuvan järvien vedenlaadun mittausjärjestelmän kehitys yhteistyössä TKK:n Radiotieteen ja -tekniikan laitoksen sekä Suomen Ympäristökeskuksen kanssa.
- Rakennetun ympäristön mallien tuottaminen laserkeilaisaineistosta erilaisiksi kohdemalleiksi.
- Pitkän polttovälin panoraamakuvauksen käyttö 3D-mallinnuksessa.
- Mikroskooppikuvien fotogrammetrinen mittaus.

Tutkimusryhmä järjesti syksyllä 2009 kaksipäiväisen tutkijakoulukurssin aiheesta ”How to use video sequences to accurately track moving objects in air or under water”. Tutkijakoulukurssin opetuksesta vastasivat professori Mark Shortis Australiasta ja professori Stuart Robson Iso-Britanniasta. Kurssille osallistui noin 30 jatko-opiskelijaa eri puolilta Suomea.

### 3.2 Geodeettinen laitos / Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto

Geodeettisessa laitoksessa tutkimuksesta vastaa Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian (KF) osasto, jossa työskenteli vuoden 2009 aikana kaiken kaikkiaan 30 henkilöä. Osaston julkaisu- ja toimintaa esiteltiin seuraavasti: 18 referoitua artikkelia, 10 referoitua kokousjulkaisua, 9 muuta kokousjulkaisua ja 9 muuta julkaisua tai raporttia. Osaston tutkimusta ja toimintaa esiteltiin suullisten esitelmien ja posterien kautta yhteensä noin 30 kertaa. Osastolla tehtävä tutkimus on keskitetty vuonna 2009 viiteen tutkimusryhmään.

Vuoden 2009 keskeiset tutkimukset:

**FotoBRF-tutkimusryhmä** keskittyy maanpinnan kohteiden geometrian ja radiometrian tarkkaan mittaamiseen ja tulkintaan passiivisten kaukokartoitusmenetelmien keinoin. Tavoitteena on hallita tarkan kuvantamisen kokonaisprosessi, sisältäen sensoreiden/kuvatuotteiden geometrinen ja radiometrinen kalibrointi ja validointi (laboratorio, testikenttä, in-situ), geometrian ja radiometrian mallinnus, sekä georeferointi ja radiometrian korjaus. Tärkeä osa prosessia on myös hallita kohteiden heijastavuus. Ryhmän tavoitteina on lisäksi kehittää innovatiivisia kaukokartoitusementelmiä optiselle alueelle, esim. vuonna 2009 tutkittiin lumen optisten ominaisuuksien mittausta UAV:llä. Ryhmä myös siirtää osaamista yrityksille ja maanmittauslaitoksille sekä osallistuu kansallisten ja kansainvälisten työryhmien toimintaan. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) myönsi ryhmälle arvostetun kunniamaininnan Photogrammetric Engineering and Remote Sensing -lehdessä julkaistusta artikkelista ”A Permanent Test Field Digital Photogrammetric Systems” (PE&RS, Vol. 74(1), 95-106). ASPRS myöntää tämän kunniamaininnan henkilölle tai ryhmälle, joka erinomaisella artikkelillaan vaikuttaa merkittävästi ilmakuvaukseen tai kartoitukseen.

Vuonna 2009 tutkimusryhmän vastuulla olivat seuraavat projektit: Testikentät ja FotoBRF, Digitaalisten ilmakuvien radiometrinen kalibrointi kustannustehokkaaseen kuvatulkiintaan, Pohjoisten havumetsien heijastavuus, EuroSDR ”Radiometric Aspects of Aerial Digital Images”.

**Mapping-tutkimusryhmä** kehittää ilma- ja satelliittiaineistoihin perustuvia kartoitussovelluksia. Tavoitteena on erityisesti uusien, automaattisten menetelmien kehittäminen kartoitukseen ja karttojen ajantasaistukseen, uusien aineistojen mahdollisuuksien tutkiminen sekä tutkimustiedon ja menetelmien siirtäminen käytännön kartoitustyötä tekeviin organisaatioihin. Ryhmässä kehitetään automaattisia tulkinta- ja muutostulkintamenetelmiä kaukokartoitusaineistoista tapahtuvaan kartoitukseen ja karttojen ajantasaistukseen sekä tutkitaan uusien aineistojen mahdollisuuksia kartoitussovelluksissa. Tutkimusaiheita vuonna 2009 ovat olleet rakennusten automaattinen tunnistus ja muutostulkinta laserkeilaus- ja ilmakuva-aineistoista, SAR-kuvasovellukset, laserkeilauksen laatu, ns. automaattinen testikenttäkonsepti sekä automaattinen muutostulkinta peltolohkokorkesterin ajantasaistusta varten.

**Envilaser-tutkimusryhmän** tutkimuksen pääaiheet liittyvät laserkeilauksen intensiteettitiedon käyttöön, ns. hyperspektrilidariin ja näiden soveltamiseen ympäristön kaukokartoituksessa. Tavoitteena on kehittää tehokkaita menetelmiä ympäristön muutostulkintaan, kuten metsien ja lumipinnan seurantaan. Nämä aiheet liittyvät

ilmastonmuutokseen mm. siten, että lumipinnan sulamisella on vaikutusta talvien lämpenemiseen pohjoisessa ilmastossa ja metsien biomassan perusteella voidaan tutkia esim. hiilen kiertokulkuun liittyviä prosesseja. Laserintensiteetin ja -spektroskopian soveltaminen laserkeilauksessa tuottaa uudenlaisia mittaustekniikoita ja lisää laserkeilausaineistosta saatavan informaation määrää laajentaen sen käyttötarkoitusta uusille alueille. Tutkimusryhmälle kehitettiin myös omat internetisivut, ks. [www.fgi.fi/envilaser](http://www.fgi.fi/envilaser). Vuonna 2009 tutkimusryhmän vastuulla olivat seuraavat projektit: Improving the applicability of intensity information in laser scanning, Environmental monitoring ja Hyperspektrilaser ympäristön muutostulkinnassa.

**MobMap-tutkimusryhmä** kehittää laitteistoja ja menetelmiä liikkuvaan kartoitukseen sekä miehittämättömien lentoalustojen käyttöä ja laitteita kartoitustehtäviin. Liikkuvalla kartoituksella tuotetaan kolmiulotteista kohdetietoa kartoitettavasta ympäristöstä liikkeestä esimerkiksi laserkeilaimien ja kameroiden välityksellä. Ryhmän osaamisalueita ovat fotogrammetria, laserkeilaus, paikannus ja navigointi, 3D-mallinnus, algoritmikehitys ja geodeettiset mittaukset. Vuonna 2009 tutkimusryhmän vastuulla olivat seuraavat projektit: KIRSU Graduate School, Ubiquitous and Mobile Mapping, Mallinnus ja kartoitusmenetelmien kehittäminen osaksi tulvariskien arvioinnin liiketoimintaa ja 3D-Navi-Expo.

**Algoritmi-tutkimusryhmä** implementoi Matlab-työkaluja aineistonkäsittely-tarkoituksiin muiden osaston tutkimusryhmien käyttöön. Vuonna 2009 tutkimusryhmän vastuulla olivat seuraavat projektit: Forest Tomography, Supply Chain, Automatic 3D (yhteistyössä MobMap-ryhmän kanssa), Algorithms for Information Extraction, Towards improved characterization of map objects ja Economy and technology of a global peer produced 3D geographical information system in built environment.

### **3.3 Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti**

Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti perustettiin vuonna 2007 Teknillisessä korkeakoulussa. Instituutin toiminnassa ovat mukana Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu ja Geodeettinen laitos. Konsortio perustettiin rakennus- ja ympäristötekniikan sekä maanmittauksen tutkimusryhmien (kiinteistöoppi, kaukokartoitus, paikannus, navigointi, fotogrammetria, liikenteen telematiikka ja talonrakennustekniikka) yhteistyön tarpeisiin.

Instituutissa työskenteli noin 10 henkilöä vuonna 2009. Instituutin julkaisutoiminta vuonna 2009 jakautui seuraavasti: 10 referoitua artikkelia, 5 referoitua konferenssijulkaisua, 6 muuta kokousjulkaisua ja 7 muuta julkaisua tai raporttia.

Tutkimusyhteistyötä on tehty mm. Geodeettisen laitoksen, Turun yliopiston, Helsingin yliopiston, Jyväskylän yliopiston, Hankenin, Suomen ympäristökeskuksen, Maanmittauslaitoksen, Metropolia- ja Laurea-ammattikorkeakoulujen sekä EuroSDR:n kanssa.

Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti on vuonna 2009 ollut mukana kehittämässä johtamisprosesseja, hiljaisen tiedon käyttämistä johdon toiminnan ja päätöstentien tukena, integroitua markkinointiviestintää sekä organisaation kyvykkyyttä ja ketteryyttä.

Kehittämishankkeina ovat myös tiedekeskusyhteistyö, innovatiivinen tutkimusympäristö sekä tiedolla johtaminen. Instituutti on myös mukana valtakunnallisessa LUMA-toiminnassa, jossa maanmittaustiedettä tehdään näkyväksi luonnontieteiden ja matemaattisten aineiden opettajille ja oppilaille.

Yhteiskunnallista näkyvyyttä on lisäksi edistetty popularisointihankkeella, jossa on selvitetty mm. sosiaalisen digitaalisen median hyödyntämistä maanmittaustieteiden näkyvyyden parantamisessa. Yhteistyökumppanina toimi Jyväskylän yliopiston viestintätieteiden laitos.

Vuoden 2009 keskeiset tutkimukset:

- Laserkeilaukseen perustuvien menetelmien ja sovelluksien kehittäminen, joilla voidaan hyödyntää eri digitaalisia aineistoja rakennus- ja ympäristösuunnittelussa sekä kehittää menetelmien käytettävyyttä myös alan muutostulkintasovelluksissa.
- Puun hankintaketjun parantaminen älykkäillä lasermittauksilla –projektin tavoitteena on parantaa lasermittausten pohjalta metsän mallintamista, jakeluketjun logistiikkaa ja havaita metsässä tapahtuvia muutoksia.
- ”Globaali hajautetusti tuotettu 3D geograafinen informaatiojärjestelmä”-projektissa yhdistetään jokapaikan tietotekniikkaa, perinteistä karttaa, kolmiulotteisuutta, wikipediaa ja palveluita sekä tuotetaan uusia avoimia ja poikkitieteellisiä lähestymistapoja.
- Mallinnus- ja kartoitusmenetelmien kehittäminen osaksi tulvariskien arvioinnin liiketoimintaa on tutkimushanke, jossa keskitytään vesiomaisuuden ja riskien hallintaan yhdistämällä perinteisen vesialan reuna-alueilla olevia tieteenaloja kuten kaukokartoitusta, vesiekologiaa, fluviaaligeomorfologiaa ja geoinformatiikkaa. Keskeisenä tavoitteena on parantaa ympäristö- ja vesialan yritysten liiketoiminnan mahdollisuuksia, tulvariskeihin, jokidynamiikkaan ja jokiympäristöissä tapahtuvaan vesirakentamiseen liittyvissä toimeksiannoissa. Ohjaavina tekijöinä toimivat tulvadirektiivi ja vesirakentamisen velvoitteet ympäristönvaikutusten arvioinnista.
- Älykäs ja oppiva 4D julkinen tila. Mide-projektin tavoitteena on mm. vähentää rakennusten energiankulutusta niin talotekniikan optimoinnin kuin myös käyttäjien paremman kulutustietoisuuden kautta. Isot tilat muodostavat haasteita sisätilapaikannuksen sekä energiankulutuksen osalta. Seuraamalla ihmisten liikkumista on mahdollista ennustaa ja mallintaa ihmisten määrää ja aktiviteettia tilan eri osissa sekä sen vaikutusta talotekniikan mitoitukseen. Projektin tavoitteena on tutkia tilan fyysistä ja virtuaalista hallintaa, ihmisten käyttäytymistä sekä kehittää teknologioihin liittyviä palvelumahdollisuuksia kaupan toimijoille ja asiakkaille.
- Tienvarsimallintamisen EuroSDR-projektissa on yhdessä Geodeettisen laitoksen kanssa tutkittu mm. liikkuvan kartoituksen tarkkuutta, menetelmiä ja laatua sekä soveltuvuutta. Liikkuvan ajoneuvon integroitua laserkeilaus-, paikannus- ja navigointitekniikan sekä digitaalikamerakuvien avulla tuotettavaa virtuaalimallia kehitetään edelleen automaattiseksi.

### 3.4 VTT

VTT:n kaukokartoitustutkimus toimi vuonna 2009 Tietointensiiviset järjestelmät keskuksessa Digitaaliset tietojärjestelmät klusterin alla. Kaukokartoituksen tutkimusta tehtiin kahdessa tiimissä: Kaukokartoitustiimi perusalgoritmien kehittämiseen ja Alueelliset tietojärjestelmät -tiimi sovellusten kehittämiseen. Tiimeissä työskenteli 15 tutkijaa satelliittikuvien metsä-, merijää- ja turvallisuussovelluksissa.

Perusohjelmistoina ovat ErMapper ja IDRISI kuvien käsittelyyn ja ArcGIS-tietokantaohjelmisto.

Seuraavassa on lueteltu kaukokartoitusalueen vuoden 2009 keskeisiä tutkimusprojekteja.

#### EU ja ESA

**TALOS** (Transportable Autonomous Patrol for Land bOrder Surveillance) on EU FP7 tutkimusohjelman projekti (2008–2012), jossa rakennetaan ja demonstroidaan UGV järjestelmä raja-alueiden kontrolliin (<http://www.talos-border.eu>). VTT kaukokartoitus suunnitteli v. 2009 ja aloitti karttatietokannan toteuttamisen ajoneuvon navigoinnin tueksi, toteutti TALOS systeemin virtuaalimallin maaston osalta, ja toteutti visualisoinnin maaston ja taktisten komponenttien osalta. Korkean resoluution GeoEye-satelliittikuvia käytetään ajantasaisen kasvillisuuden ja puustotiedon kartoittamiseksi tietokantaan.

**GMES Forest Monitoring** (2005–2009) ja **Geoland 2** (2008-2011) projekteissa kehitettiin metsäalan tuotteita GMES palveluja varten. Forest Monitoring projekti on ESA:n rahoittama ja sitä koordinoi GAF AG. Geoland 2 on yhteisrahoitteinen EC ja ESA-projekti, jossa on 56 partneria.

#### EUMETSAT

Ilmatieteen laitoksen **Climate SAF** – projektille (1999–2010) laadittiin sääsatelliittikuvien kalibroinnin ja pinta-albedon laskentaohjelmistoa.

#### TEKES

**EnviTori** - projektissa (2009–2010) suunniteltiin ympäristötiedon markkinapaikkaa. Projekti on yhteisrahoitteinen Tekes - projekti, jossa muina tutkimusosapuolina ovat Ilmatieteen laitos, SYKE, Kuopion yliopisto ja MIKES.

**FloodFore** - projektissa (2008–2011) selvitettiin tutkahavaintojen käytettävyyttä tulvaennusteissa. Radarsat 2 polarimetrisestä aineistosta muodostettiin Lapin alueelta 10 kuvan aikasarjoja. Projekti on yhteisrahoitteinen Tekes – projekti SYKE'n ja Ilmatieteen laitoksen kanssa.

**NewForest** – projektissa (2009–2010) verrataan optisen satelliittiaineiston ja laser -keilausten ominaisuuksia puuston parametrien estimoinnissa. Projekti on yhteisrahoitteinen Tekes - projekti, jossa toisena tutkimusosapuolena on Itä-Suomen yliopisto.



## Muut

Yhteisrahoitteisessa **EnviStab** projektissa (2008–2009) - yhteistyössä USM:n (Universiti Sains Malaysia) ja InfoTerra GMBH:n kanssa - tutkittiin SAR-tutka-aineistojen käyttökelpoisuutta maanvyörymien havainnoinnissa. Sortuneita pengerryksiä havaittiin TerraSAR-X satelliitin High-Resolution SpotLight-aineistossa. Suurempien maan liikkeiden seurauksena koherenssin ja triherenssin itseisarvo aleni irtosorarinteillä tien leikkauksissa.

**LaoSilva** - projektissa (2009) kehitettiin ja demonstroitiin uutta menetelmää metsävarojen ja maankäyttöluokituksen määrittämiseen käyttäen sekä hyvin korkean resoluution (alle 1 m) että keskiresoluution (10 - 20 m) satelliittikuvia. Kohdealueena oli Savannaketin provinssi Laosissa (pinta-ala 2 milj. ha) ja projekti osana Ulkoministeriön rahoittamaa SUFORD- (Sustainable Forestry for Rural Development) hanketta. Projektissa käytettiin sekä Quickbird- että Kompsat 2-kuvia (n. 10 kpl), joista systemaattisella näytteenotolla tulkittiin visuaalisesti maankäyttö- ja puustomuuttujat. Saatua dataa sovellettiin sekä tilastollisessa analyysissä että keskiresoluution (ALOS Avnir-2, res. 10 m) kuvamosaiikin tulkinnessa, joilla havaintoaineisto yleistettiin koko kohdealueelle. Lisäksi tehtiin kustannusarvio operatiiviselle monitorointijärjestelmälle koko Laosia varten.

## **4 FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN KOULUTUS**

### **4.1 Tiedekorkeakoulut**

Fotogrammetriaa ja kaukokartoitusta opetetaan Teknillisessä korkeakoulussa Maanmittaustieteiden laitoksella Geomatiikan tutkimusryhmässä sekä Radiotieteen ja –tekniikan laitoksella. Muissa tiedekorkeakouluissa aiheita opetetaan pienemmässä mittakaavassa, mikäli näissä on maantieteen tai metsätieteen laitokset.

#### *4.1.1 TKK / Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta / Maanmittaustieteiden laitos / Geomatiikan tutkimusryhmä*

Geomatiikan tutkimusryhmässä järjestetään fotogrammetrian ja kaukokartoituksen opetusta seuraavasti: kuusi kurssia kuuluu osana kandidaattiohjelmaan ja 12 maisteriohjelmaan. Lisäksi kandidaattiohjelmaan kuuluu kandidaatintyö ja maisteriohjelmaan diplomityö.

Vuonna 2009 on kehitetty opetusta useilla kursseilla. Kaukokartoitusopetukseen on tuotu mukaan kaukokartoitustyöpaja, joka tukee eri kurssien harjoitustöiden tekemistä viikottaisen ohjauksen avulla. Fotogrammetrian perusteet –kurssilla toteutettiin innovaatioharjoitus, jossa opiskelijat kehittivät uusia ajatuksia ja ideoita alan yrityksille fotogrammetriaan liittyen. Tavoitteena oli lisätä opiskelijoiden motivaatiota alaa kohtaan ja tutustuttaa opiskelijoita oikeaan työelämään jo varhaisessa vaiheessa opiskelua.

Opinnäytetöitä on vuonna 2009 valmistunut 7 kandidaatintyö, 4 erikoistytöä ja 3 diplomityötä. Lisäksi on valmistunut 1 lisensiaattityö. Kandidaatintyö on osa uutta tutkintorakennetta, ja käytännössä erikoistytöt osana perustutkintoa tulevat poistumaan uuden tutkintorakenteen myötä. Vielä vuonna 2009 valmistuneet erikoistytöt jakautuvat

sekä perusopiskelijoiden että jatko-opiskelijoiden suorituksiin, sillä erikoistöitä tekevät vielä vanhan tutkintorakenteen mukaan opintojaan suorittavat perusopiskelijat. Tulevaisuudessa erikoistöitä suorittavat ainoastaan jatko-opiskelijat.

Fotogrammetrian liseniaattityö vuonna 2009

- Antero Kukko: Road Environment Mapper - 3D data capturing with mobile mapping

#### 4.1.2 *TKK / Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta / Radiotieteen ja -tekniikan laitos*

Radiotieteen ja -tekniikan laitoksen opetukseen kuuluu avaruustekniikan opintokokonaisuus, joka käsittää yli 10 kurssia avaruustekniikan ja kaukokartoituksen alalta. Kurssien sisältöihin kuuluu mm. avaruusfysiikkaa, avaruuslaitetekniikkaa ja kaukokartoitusta. Lisäksi laitoksen perusopinnot tarjoavat myös laajan teoreettisen ja radioteknisen pohjan. Syksyllä 2009 laitos perusti uuden kurssin 'Radio Science for Space and Environmental Applications', joka antaa yleiskatsauksen avaruustekniikkaan ja kaukokartoitukseen.

#### 4.1.3 *Helsingin yliopisto*

Kaukokartoitusta ja fotogrammetriaa käsittelevät kurssit löytyvät Fysikaalisten tieteiden laitoksen Geofysiikan osastolta, Maantieteen laitokselta sekä Metsävarojen käytön laitokselta.

#### 4.1.4 *Muut tiedekorkeakoulut*

Muissa yliopistoissa järjestetään kaukokartoituksen opetusta, mikäli yliopistossa on maantieteen tai metsätieteen laitos. Joensuun yliopistolla on geoinformatiikan opintokokonaisuus, johon kuuluu kolme kaukokartoituskurssia. Turun yliopiston maantieteen laitos järjestää yhden kaukokartoituskurssin. Tämän lisäksi kaukokartoitusta on mahdollista opiskella Oulun yliopistossa (2 kurssia) ja Tampereen yliopistossa (1 kurssi). Tampereen teknillisen yliopiston kaukokartoitusta ja fotogrammetriaa käsittelevät kurssit löytyvät Mittaus- ja informaatiotekniikka ja Rakennustuotanto ja -talous -laitoksilta. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietotekniikkaosastolta löytyy konenäköä ja hahmontunnistusta käsitteleviä kursseja, joilla käsiteltäviä menetelmiä voidaan soveltaa fotogrammetriaan ja kaukokartoitukseen.

## 4.2 **Ammattikorkeakoulut**

Metropolia Ammattikorkeakoulussa maanmittauksen perusopiskelijat opiskelevat fotogrammetriaa ja kaukokartoitusta kursseilla "Kaukokartoituksen perusteet", "Kaukokartoitus" ja "Fotogrammetrian jatkokurssi". Lisäksi laserkeilausta voi opiskella maanmittauksen lisäksi Muotoiluinstituutissa (yksi kurssi aikuisopetuksena).

Rovaniemen ammattikorkeakoulussa opetetaan kaukokartoitusta maanmittaustekniikan ja metsätalouden koulutusohjelmissa. Kummankin koulutusohjelman opiskelijat suorittavat pakollisen kaukokartoituksen perusteiden opintojakson (3 op). Valinnaisissa ammattiopinnoissa on lisäksi mahdollista suorittaa fotogrammetrian opintojakso (3 op) ja kaukokartoituksen jatkokurssi (3 op). Pakolliselle kaukokartoituksen perusteiden opintojaksolle osallistuu vuosittain noin 60 opiskelijaa ja valinnaisiin opintojaksoihin

noin 30 opiskelijaa. Opetuksessa käytetään ImageStationSSK – stereotyöasemaa ja ERMapper-ohjelmaa.

Vaasassa olevassa ruotsinkielisessä ammattikorkeakoulu Noviassa on maanmittauksen koulutusohjelma, jonka opetusohjelmaan kuuluu fotogrammetrian kurssi.

Muut ammattikorkeakoulut: Muissa ammattikorkeakouluissa kaukokartoitusta ja fotogrammetriaa opetetaan yhden tai kahden kurssin verran osana paikkatiedon tai metsätalouden opintoja. Näitä ovat ainakin Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu sekä Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

### **4.3 Ammattioppilaitokset**

Ammattioppilaitoksista kartoittajan koulutusta ovat antaneet ainakin Helsingin Tekniikan alan ammattioppilaitoksen Vallilan koulutusyksikkö, Turun ammatti-instituutti, koulutuskeskus Tavastia (Hämeenlinna), Pohjois-Karjalan ammattiopisto (Joensuu), sekä Mikkelin ja Rovaniemen ammattioppilaitokset.

## **5 FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN TUOTANTO**

### **5.1 Julkishallinto**

#### *5.1.1 Maanmittauslaitos*

Maanmittauslaitoksen ilmakuvauk- ja kuvatuotantotoiminnasta vastaa ilmakuvakeskus. Maastotietokannan ajantasaistus tapahtuu maanmittaustoimistoissa, joissa on yhteensä lähes 200 digitaalista stereotyöasemaa (Espa Systems).

Vuonna 2009 maastotietotuotannon kuvauksissa siirryttiin digitaalisen ilmakuvauuskameran käyttöön. Kuvauksia suoritettiin sekä 30 cm että 50 cm maastoresoluutiolla. Tuotanto käsitti kaikkiaan 43 000 km<sup>2</sup>. Vuoden 2009 lopussa lopetettiin filmikuvalaboratorio.

Vuonna 2009 jatkettiin keväällä 2008 alkanutta laserkeilaukseen perustuvan korkeusmallin, MML2, tuotantoa. Keilaukset hankittiin suurimmalta osin alihankkijalta. Keilauspinta-alaa kertyi yhteensä lähes 32 000 neliökilometriä. Tornionjoen tulvakartoitushanke toteutettiin yhteistyössä ruotsalaisten kanssa.

Vuonna 2009 uutta MML2 korkeusmallia valmistui noin 25 000 neliökilometriä. Niin sanottu ”laser-espä” työ laajeni tehtäväksi useisiin maanmittaustoimistoihin. Vuonna 2009 käynnistyi myös rakennusten 3D-mallintaminen -niminen projekti, jossa etsitään mahdollisuuksia hyödyntää laserkeilausaineistoja Maastotietokannan rakennusten ajantasaistuksessa.

#### *5.1.2 Topografikunta*

Topografikunta toteuttaa ilmakuvauksia yhteistoiminnassa ilmavoimien kanssa. Topografikunnan ilmakuvalaboratorio toimii Suomen Open Skies –laboratoriona.

Vuoden 2009 aikana Topografikunta on toteuttanut korkeakuvauksia n. 1400 kuvaa kuvausmittakaavassa 1:60 000.

### 5.1.3 Suomen ympäristökeskus

Suomen ympäristökeskus (SYKE) on ympäristöministeriön tutkimus- ja kehittämiskeskus, joka palvelee koko ympäristöhallinnon tarpeita. SYKE:n Tietokeskuksen Geoinformatiikka- ja alueidenkäyttöyksikössä (GEO) kehitetään kaukokartoitustekniikkaa operatiiviseen ympäristön seurantaan. Kaukokartoitusteknologian kehittämisen ja tiedontuotannon parissa SYKE:ssa työskennellään noin 15 henkilötyövuoden edestä vuodessa.

Yksikkö tuottaa päivittäin erilaisia tietopalveluja satelliittikaukokartoituksen avulla, joten kehityskohteena ovat erityisesti kansallisten ympäristöseurantojen tietotarpeista lähtevät tiedontuotantomenetelmät ja -prosessit. Erityisenä kehittämiskohteena on tuotetun ympäristötiedon yhdistäminen ympäristön tilan kehittymistä kuvaaviin malleihin. SYKE/GEO kaukokartoitus keskittyy seuraaville aihealueille:

- Pintavesien laatu ja lämpötila
- Lumipeite (erityisesti sulantavaiheen seuranta hydrologisia malleja varten)
- Maanpeitekartoitus, maanpeitteen muutos ja kasvukauden kehitys

Suurin osa tiedontuotannosta (vesi, lumi ja maanpeitteen fenologian seuranta) perustuu MODIS, ESA MERIS ja NOAA AVHRR–kuviin (alueellinen erotuskyky 250 – 1000m). Näiden kuvien prosessointia varten on kehitetty puoliautomaattinen järjestelmä, jossa suurin ihmistoimintaa vaativa osa on pilvitunnistuksen oikeellisuuden tarkistaminen. Näitä kuvia prosessoidaan vuosittain noin 500 kappaletta, yleensä maaliskuun alun ja lokakuun lopun väliseltä ajalta. Tarkempia maanpeitteen kartoituksia ja muutostulkintaa tehdään käyttäen paremman alueellisen erotuskyvyn kuvia kuten Komsat-2, Landsat TM/ETM, Spot ja IRS LISS.

SYKE/GEO osallistuu aktiivisesti erilaisiin kansallisiin ja kansainvälisiin kaukokartoituksen tutkimushankkeisiin. Merkittävä yhteistyöhanke on ollut EU:n ja ESA:n GMES-ohjelma (Global monitoring of Environment and Security) jossa tuotetaan tietoa mm. ympäristönseurannan tarpeisiin. Muita projekteja ovat esimerkiksi SNOWCARBO-projekti (EU LIFE+), jossa on tavoitteena rakentaa mallinnusjärjestelmä Pohjois-Euroopan hiilidioksidin vaihdon kartoittamiseksi. SYKE/GEO tuottaa satelliittikaukokartoitusaineistoista ympäristömuuttujia, joita käytetään parantamaan hiilitasemallien tulosten tarkentamiseen. VACCIA-projektissa (EU LIFE+) SYKE/GEO tuottaa räätälöityjä aineistoja satelliittikuvilta FinLTSER (Finnish Long-Term Socio-Ecological Research network)- tutkimusasemaverkoston tarpeisiin. Geoland2-projektissa (EU FP7) SYKE osallistuu maanpeitetiedon tuottamiseen ja validointiin sekä hyvän alueellisen erotuskyvyn Komsat-2 että huonon alueellisen erotuskyvyn MERIS-kuvilta. Lumen kaukokartoituksen tutkimus- ja kehitystyön tuloksena GlobSnow-projektissa (ESA DUE) tuotettava lumitietokanta (Fundamental Climate Data Record) perustuu suurelta osin GEOssa kehitettyyn lumitulkinta-algoritmiin. Metsätutkimuslaitoksen kanssa yhteistyössä tehty Corine Land Cover 2006 maanpeitetulkinta Suomen alueelta saatiin valmiiksi vuoden 2009 lopussa.

## 5.2 Yksityissektori

### 5.2.1 FM-International Oy

FM-International Oy:n ydinosaamista ovat paikkatiedon tuottaminen ilmasta käsin sensoritekniikkaan perustuen. Ilmakuvausten lisäksi laserkeilaus on oleellinen osa liiketoimintaa. Yhtiön päämarkkinat ovat edelleen kansainvälisessä toiminnassa, mutta kotimaan liikevaihto kasvoi jälleen lähinnä Maanmittauslaitoksen ison laserkeilaustyön myötä.

Yhtiö on suorittanut Suomessa ilmakuvauksia pelkästään digitaalisilla Vexcel UCD ja UCX kameroilla. Kuvauksia tehtiin 5 – 50 cm pikselikoossa. Kaikkiaan kuvattiin reilu 14.000 ruutua. Maanmittauslaitokselle tehtiin laserkeilauksia noin 18.000 km<sup>2</sup> alueella. Lisäksi keilattiin Leican ALS50-II-keilaimella useita isompia ja pienempiä projekteja sekä helikopterista että lentokoneesta.

Fotogrammetrinen tuotantolinja on kokonaan digitaalinen. Pistetihennykset tehdään Inpho:n Match-AT tai Bingo-ohjelmilla, stereokartoitukset DAT/EM Summit Evolution -järjestelmillä ja ortokuvatuotanto Inpho:n ohjelmistoilla (Match-T, DTM-Master, OrthoMaster, OrthoVista). Pistepilviaineiston prosessointi tehdään Terrasolidin Terra-ohjelmistoilla.

### 5.2.2 BLOM Kartta Oy

Blom Kartta Oy kuuluu Blom-konserniin, jolla on tytäryhtiöitä useassa Euroopan maassa. Blom Kartan päämarkkinat ovat Suomessa. Muissa pohjoismaissa yhtiö toimii yhdessä paikallisten Blom-yhtiöiden kanssa.

Yhtiö on kuvannut Suomessa digitaalikameralla (Vexcel Ultra Cam) noin 22 980 kuvaa. Pistetihennykset tehdään Inpho Match-AT -ohjelmalla.

Blom Kartan fotogrammetrinen tuotanto tehdään digitaalisilla stereotyöasemilla (Z/I Imagination 1 kpl ja Summit Evolution 2 kpl). Ortokuvatuotanto tapahtuu Inpho:n OrthoBox-järjestelmällä. Tarvittavat korkeusmallit tuotetaan Inphon Match-T- ja DTM Master -ohjelmilla.

Laserkeilauksia tehtiin vuonna 2009 kansallisten korkeusmalli- ja kartoitushankkeiden yhteydessä sekä metsätalouden tarpeisiin yhteensä noin 11 000 neliökilometrin alueelta. Lisäksi keilattiin useita linjamaisia hankkeita. Keilauslennot tekee yhtiön kanssa samaan konserniin kuuluvat Blom Sweden Ruotsista (helikopteri) MARK III/MARK II keilaimilla (5 kpl) ja Blom Geomatics Norjasta (lentokone) Optech GEMIN keilaimilla (2 kpl) ja Leica ALS60 (1 kpl).

Yhtiö teki vuonna 2009 Pictometry® kuvauksia 4 kaupungista. Pictometry perustuu samanaikaisten georeferoitujen viisto- ja ortokuvien esittämiseen ja liittämiseen erilaisiin GIS-järjestelmiin.

Kesällä 2009 teimme merenpohjan laserkeilausta vihreällä laserilla merenkurkun alueella ja Kyrönjoessa Vähässäkyrössä. Merenkurkun alueen pinta-ala oli noin 45 neliökilometriä.

### 5.2.3 Pöyry Finland Oy

Yhtiön kaukokartoitusyksikön toiminta on keskittynyt lähinnä asiantuntijapalveluiden tuottamiseen sekä konsernin sisäisten ja ulkoisten asiakkaiden tarpeisiin. Vuonna 2009 toteutettuja kaukokartoitukseen liittyviä hankkeita ovat olleet mm.

- Ilmasta tapahtuvan laserkeilauksen aineistojen käsittely ja konsultointi
- Ilma- ja satelliittikuvaperusteiset fotogrammetriset 3D-kartoitukset
- Satelliittikuvien välitys ja prosessointi
- Hyperspektristen kuvausten konsultointi
- Metsätalouden inventointi- ja logistiikkaselvitykset

Kaukokartoitusaineistoja on käytetty lähtötietoina erilaisissa ympäristön tilaan liittyvissä selvityksissä mm. kaatopaikkojen tilan arvioinnissa, metsien ominaisuuksien arvioinnissa ja kaivostoiminnan suunnittelussa. Yhtenä tavoitteena on ollut satelliittikuvien ja hyperspektristen aineistojen käytön lisääminen ympäristötietojen keruussa.

Kaukokartoitusaineistojen fotogrammetrisessä ja radiometrisessä käsittelyssä käytetään Leican, BAE Systemsin sekä ITT VIS:n ohjelmistoja ja laserkeilausaineistojen käsittelyssä Terra-ohjelmistoja.

Terrestriaalista laserkeilausta käytetään tehdasympäristöjen ja maanalaisten tilojen mallinnuksessa. Laserkeilaus on osoittautunut tehokkaaksi tiedonkeruumenetelmäksi myös älykkäiden rakennustietomallien (BIM) toteutuksessa.

Vuodenvaihteessa yhtiön nimi muuttui Pöyry Finland Oy:ksi.

### 5.2.4 SITO-yhtiöt

Vuoden 2009 aikana yritys on tuottanut lukuisia sekä laserkeilaukseen että ilmakuvaukseen perustuvia yleispiirteisiä ja tarkkoja maastomalleja erityisesti väylien suunnitteluun. Myös perinteiset ilmakuvakartoitukset ja ortokuvien tuotanto ovat säilyneet vahvasti mukana toiminnassa. Laserkeilaushankkeita on toteutettu niin kunnille, yrityksille kuin Liikennevirastolle. Laserkeilausten käsittelyssä käytämme Terra-ohjelmistoja. Fotogrammetrisessä tuotannossa yhtiö käyttää Inphon tuotantolinjaa ortokuvien ja pistetihennysten osalta, sekä kartoitusten osalta digitaalisia EspaCity -järjestelmiä sekä analyttisiä stereokojeita. Ajoneuvolaserkeilausta ja sen soveltuvuutta teiden lähialueiden tiedonkeruuseen ja erityisesti melumallinnuksen tarpeisiin testattiin tiehallinnolle tehdyssä selvitysprojektissa.

### 5.2.5 Suomen Kartoitus ja Mittaus Oy

Yhtiö on jatkanut Suomessa fotogrammetristä tuotantoa digitaalisilla stereotyöasemilla (Summit Evolution, 4kpl) sekä laserkeilausaineistojen jälkikäsittelyä.

Vienti on koostunut asiantuntijapalveluista.