

**FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN SEURA**

**KATSAUS FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN  
TOIMINTAAN SUOMESSA VUONNA 2010**

Koonnut Anna Annila

1	Yleistä.....	2
2	Toiminta kansainvälisissä yhteisöissä .....	2
3	Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tutkimus .....	3
3.1	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta / Geomatiikan tutkimusryhmä / Fotogrammetria ja kaukokartoitus .....	3
3.2	Geodeettinen laitos / Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto .....	3
3.3	Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti.....	5
3.4	VTT .....	6
4	Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen koulutus .....	8
4.1	Tiedekorkeakoulut .....	8
4.1.1	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta / Maanmittaustieteiden laitos / Geomatiikan tutkimusryhmä .....	8
4.1.2	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / 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.....	11
5.1.3	Suomen ympäristökeskus.....	11

# 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 kestävään 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, Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Geomatiikan 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 Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta / Geomatiikan tutkimusryhmä / Fotogrammetria ja kaukokartoitus**

Fotogrammetria ja kaukokartoitus kuuluvat yhdessä geodesian ja geoinformatiikan kanssa Geomatiikan tutkimusryhmään. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen professorina toimii Henrik Haggrén. Vuonna 2010 tutkimuksen ja opetuksen parissa työskenteli 10 henkeä. Tutkimusta on tehty yhteistyössä mm. Geodeettisen laitoksen, Mapvision Oy:n, Maanmittauslaitoksen Ilmakuvakeskuksen ja Helsingin yliopiston kanssa.

Tutkimusryhmän tutkimuskohteina on vuonna 2010 ollut mm.

- Strukturoituun valoon perustuvan mittausjärjestelmän kehitys ja erilaiset muodonmittaustehtävät.
- 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.
- Selvitys vapaasti maksutta saatavista ohjelmista, joilla voidaan käsitellä ilmasta kerättyä laserkeilausaineistoa. Työ tehtiin yhteistyössä Maanmittauslaitoksen kanssa.
- Rakennetun ympäristön mallien tuottaminen laserkeilausaineistosta erilaisiksi kohdemalleiksi.
- CityGML-tietomallin hyödyntäminen kaupunkiympäristöjen mallintamisessa.
- Pitkän polttovälin panoraamakuvauksen käyttö erilaisissa mittaus- ja mallinnussovelluksissa.

Geomatiikan tutkimusryhmä järjesti syksyllä 2010 kolmepäiväisen tutkijakoulukurssin aiheesta ” New Microwave-based Techniques for environmental monitoring”. Tutkijakoulukurssin opetuksesta vastasivat Professori Jan Johansson Ruotsista sekä Tekniikan tohtori Kostas Papathanassiou ja Professori Uwe Sörgel Saksasta. Kurssille osallistui lähes 40 jatko-opiskelijaa eri puolilta Suomea.

#### **3.2 Geodeettinen laitos / Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto**

Geodeettisessa laitoksessa tutkimuksesta vastaa Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian (KF) osasto, jossa tehtiin vuonna 2010 tutkimusta ja asiantuntijatehtäviä 25 htv:n verran. Osasto julkaisi vuonna 2010 n. 40 referoitua artikkelia.

Vuoden 2010 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/kuvat tuotteiden 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 kaukokartoitusmenetelmiä optiselle alueelle. Vuonna 2010 keskeisiä tutkimushankkeita olivat UAV-pohjaisen fotogrammetrian ja kaukokartoituksen tutkimus- ja kehitystyö, ilmakuvaukseen perustuvat multitemporaaliset, -resoluutioiset ja -sensoraaliset heijastavuus ja pinta-aikasarjat, sekä EuroSDR-hankkeen ”Radiometric aspects of digital photogrammetric images” johtaminen. Keskeisiä asiantuntijatöitä olivat Sjäokullan ilmakehuvaustestikentän ylläpito ja kansainvälinen testikenttäyhteistyö, toimiminen FKS:n asettamassa työryhmässä, jonka tehtävänä on laatia uudet ilmakehuvaussuositukset kuntien suurimittakaavaista ilmakehuvausta varten, sekä EU:n peltolohkotukien valvontaan käyttämän peltolohkokorekterin nykytilanteen tutkiminen ja osallistuminen uuden laadunvalvontajärjestelmän käyttöönottoon.

**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 2010 ovat olleet rakennusten automaattinen tunnistus ja muutostulkinta laserkeilaus- ja ilmakehuva-aineistoista, SAR-kuvasovellukset, laserkeilauksen laatu, ns. automaattinen testikenttäkonsepti sekä automaattinen muutostulkinta peltolohkokorekterin 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 ilmakehuva 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.

**MobMap ja laserkeilauksen algoritmit -tutkimusryhmä** kehittää laitteistoja ja menetelmiä liikkuvaan kartoitukseen sekä uusia innovatiivisia kartoitusmenetelmiä laserkeilauksessa. 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 2010 ulkopuolisia projekteja on ollut 9: 2 Tekesistä, 4 Suomen Akatemiasta, 1 tutkijakoulu ja 2 EuroSDR:stä. Tutkimusryhmä palkittiin vuonna 2010 Taksattoriklubin

ensimmäisellä innovaatiopalkinnolla operatiivisen metsälaserkeilauksen puolesta tekemästä työstä.

### 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 2010. Instituutin julkaisutoiminta vuonna 2010 sisälsi parikymmentä tieteellistä julkaisua, joista yli puolet referoituja. 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 ollut myös vuonna 2010 mukana kehittämässä orkestrointi, 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.

Vuoden 2010 keskeiset tutkimukset:

- Laserkeilaukseen perustuvien menetelmien ja sovelluksien kehittäminen, joilla voidaan hyödyntää eri digitaalisia aineistoja rakennus- ja ympäristösuunnittelussa sekä kehittää menetelmien käytettävyyttä myös alan muutostulkintasovelluksissa.
- Knowledge management ja orkestrointi asiantuntijaorganisaatiossa.
- Kulttuurikohteiden 3D-mallintaminen -projekti tähtää virtuaalimallien ja pienoismallien avulla tehtävään popularisointiin yhdistäen huipputekniikkaa ja siitä tehtyä tiedottamista.
- Suomen Akatemian ”Puun hankintaketjun parantaminen älykkäillä lasermittauksilla” -projektin ja ”Kohti parempaa kohteiden automaattista karakterisointia” -projektin tavoitteena on parantaa lasermittausten pohjalta mallintamista, ja havaita 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 digitaalikalamerakuvien avulla tuotettavaa virtuaalimallia kehitetään edelleen automaattiseksi.

### 3.4 VTT

VTT:n kaukokartoitustutkimus toimi vuonna 2010 VTT:n ICT-klusterin ”Tietointensiiviset järjestelmät” keskuksessa. Kaukokartoitustutkimusta tehtiin kahdessa tiimissä: Kaukokartoitustiimi perusalgoritmien kehittämiseen ja Alueelliset tietojärjestelmät-tiimi sovellusten kehittämiseen. Tiimeissä työskenteli yhteensä 15 tutkijaa satelliittikuvien metsä-, merijää- ja turvallisuussovelluksissa.

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

Seuraavassa on lueteltu kaukokartoitusalueen vuoden 2010 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 valtioiden raja-alueiden valvontaan (<http://www.talos-border.eu>). VTT kaukokartoitus muodosti v. 2010 PostgreSQL-tietokannan ajoneuvon navigoinnin tueksi, joka testattiin VPN yhteyden kautta Turkista. Ilmakuvia ja korkean resoluution GeoEye - satelliittikuvia käytettiin ajantasaisen kasvillisuuden ja puustotiedon kartoittamiseksi tietokantaan. Koko TALOS-systeemin virtuaalimallia ja sen dynaamista visualisointia täydennettiin VTT:n lisätyn todellisuuden ja autonomisten ajoneuvojen tutkijoiden kanssa taktisilla objekteilla ja dynaamisella UGV mallilla.

**GMES Forest Monitoring Extension** (2010–2013) 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.

**ReCover** (2010–2013) on EU FP7 tutkimusohjelman projekti, jossa kehitetään uusia menetelmiä metsien tilan seuraamiseksi globaalisti satelliitista. Projekti tukee YK:n ilmastokokouksen alullepanemaa REDD-prosessia (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation). Seurannassa yhdistetään 10 - 20 metrin tarkkuuteen yltäviä ja koko kohdealueen peittäviä satelliittikuvia osa-alueiden tarkkoihin satelliittikuviin. Suomesta VTT:n lisäksi hankkeeseen osallistuu Arbonaut Oy.

**TransIce**-projektissa (2010–2011) VTT kehitti menetelmää Jääpalvelun jäänpaksuuskartan ja Radarsat ja Envisat ASAR -tutkakuvien fuusiointiin ja tuloksen esittämiseen ja jakamiseen Web-portaalissa mm. laivoille.

### EUMETSAT

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

### TEKES

**EnviTori**-projektissa (2009–2010) määriteltiin ympäristötiedon markkinapaikka. Projekti on yhteisrahoitteinen Tekes - projekti, jossa muina tutkimusosapuolina ovat Ilmatieteen laitos, SYKE, Kuopion yliopisto ja MIKES. Projektin tuloksia hyödynnetään mm. 2010 alkaneessa Tekesin CLEEN-ohjelman MMEA-projektissa (Measurement, Monitoring, and Environmental Assessment, 2010-2014) ympäristötiedon välittämiseen käyttäjäsovelluksiin.

**FloodFore**-projektissa (2008–2011) tutkittiin lumipeitteen kartoitusta Radarsat-2 polarimetrisestä aikasarjasta. Erityyppisten hydrologisten paikkatietoaineistojen yhdistämiseen ja analysointiin tehtiin Web-järjestelmän prototyyppi. Projekti on yhteisrahoitteinen Tekes-projekti SYKE:n ja Ilmatieteen laitoksen kanssa.

**NewForest**-projektissa (2009–2010) kehitettiin yksittäisten puiden tunnistus- (mänty, kuusi, lehtipuu) ja puun latvuksen läpimitan estimointimenetelmät korkean resoluution GeoEye-1 satelliitin kuvista. Näiden puukohtaisten tietojen yhdistämiseen segmentoidulta kovalta tuotetuihin keskimääräisiin metsämuuttujaestimaatteihin tuotettiin StemMixer -ohjelmisto alihankintana (Simosol Oy). Tavoitteena oli parantaa estimaattien tarkkuutta, erityisesti korkean runkotilavuuden alueella. Tulokset osoittivat toisaalta parantunutta dynamiikkaa (korkeampia runkotilavuusestimaatteja) mutta myös suurempaa hajontaa. Jatkossa testataan StemMixer-ohjelmiston käyttöä mm. ositetusti eri runkotilavuusluokille ja optimoidaan parametrit yksittäin eri puulajeille. Hankkeessa myös verrattiin optisella satelliittiaineistolla ja laserkeilauksilla saatuja tuloksia puuston parametrien estimoinnissa. Eri puulajeille tuotetut estimaatit olivat keskenään vertailukelpoisia, kun taas kokonaisestimaatit olivat laserkeilausaineistolla selkeästi parempia. Projekti oli yhteisrahoitteinen Tekes-hanke, jossa toisena tutkimusosapuolena on Itä-Suomen yliopisto.

**Social Forest** –projektissa (2010–2011) kehitettiin uutta menetelmää metsäsuunnitteluun ja suunnitelmien ajantasaistamiseen. Menetelmä käyttää maastossa matkapuhelimella otettuja GPS-koordinaatein varustettuja kuvia metsämuuttujien arvioinnin tukiaineistona satelliittikuvien tulkinnassa. Vuonna 2010 kehitettiin puiden



tunnistusalgoritmia matkapuhelinkuvilta. Tutkimuksessa ovat mukana Stora Enso Oyj, MosaicMill Oy, Simosol Oy ja Helsingin yliopisto.

#### Muut

**CarbBal – (Carbon Balance In Northern Latitudes)** -hankkeessa (2009–2011) kehitettiin SAR-tutkakuviin perustuvia menetelmiä metsien maankäyttöluokitukseen ja biomassan estimointiin. Tavoitteena on tuottaa tarkempaa tietoa metsien hiilitaseen määrittämiseen, erityiskohteena mm. suoalueet. Hankkeessa on myös kehitetty web-kamerakuvien tulkintamenetelmiä kasvukauden pituuden määrittämiseksi.

## **4 FOTOGRAMMETRIAN JA KAUKOKARTOITUKSEN KOULUTUS**

### **4.1 Tiedekorkeakoulut**

Fotogrammetriaa ja kaukokartoitusta opetetaan Aalto-yliopiston 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 Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / 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 2010 jatkettiin opetuksen kehitystyötä fotogrammetrian kursseilla. Kurssilla ”Johdanto valokuvaukseen, fotogrammetriaan ja kaukokartoitukseen” toteutettiin uusi ”opetuksen tietokanta” -harjoitus. Ajatuksena oli, että opiskelijat perehdytetään viikottain tiedonhakuun koskien luennoilla esitettäviä asioita. Löydetyt internet-linkit tallennetaan tietokantaan, jonne näin kertyy fotogrammetrian, laserkeilauksen ja kaukokartoituksen piiristä hyviä Internet-linkkejä. Samalla opiskelijoita kannustetaan opiskelutekniikkaan, jossa luentojen sisältöjä luetaan tasaisesti pitkin kurssia. Tietokanta on vapaasti kaikkien saatavilla ja löytyy osoitteesta: <http://foto.hut.fi/opetus/foto/index.php>.

Maisterivaiheessa oleville pidettiin ensimmäistä kertaa uusi kurssi ”digitaalinen fotogrammetria 3”. Aiheena oli kuvamittauksiin perustuva liikkeen seuranta. Kurssi oli jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa työstiin liikkeenseurantajärjestelmän teoreettisia taustoja PBL (Problem Based Learning)-ryhmätyömenetelmällä. Toisessa osassa toteutettiin käytännössä 4 kameran liikkeenseurantajärjestelmä. Kurssin päätteeksi opiskelijat onnistuivat esittämään demon, jossa ihmisen liike saatiin mitattua tähytysten ja kameroiden avulla.

Opinnäytetöitä on vuonna 2010 valmistunut 8 kandidaatintyö, 5 erikoistytöä ja 7 diplomityötä. Lisäksi on valmistunut 2 väitöskirjaa. Kandidaatintyö on osa uutta tutkintorakennetta, ja käytännössä erikoistytöt osana perustutkintoa tulevat poistumaan uuden tutkintorakenteen myötä. Vielä vuonna 2010 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 väitöskirjat vuonna 2010

- Petri Rönholm: Orientation and Integration of Images and Image Blocks with Laser Scanning Data
- Mika Karjalainen: Multidimensional SAR Satellite Images - A Mapping Perspective

#### *4.1.2 Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu / 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. Vuonna 2010 laitos perusti kansainvälisen maisteriohjelman ”Master's Programme in Radio Science and Engineering” jossa opiskelija voi erikoistua radiotekniikan ohessa myös kaukokartoitukseen. Laitos vetää myös Aalto-yliopiston opiskelijasatelliittiprojektia, jonka tavoitteena on laukaista kiertoradalle oma kaukokartoitussatelliitti vuonna 2013.

#### *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 on mahdollisuus suorittaa maanmittaustekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto, joka rinnastetaan ylempään korkeakoulututkintoon, ja se tuottaa saman kelpoisuuden julkiseen virkaan kuin yliopistossa ja muissa tiedekorkeakouluissa suoritettu ylempi korkeakoulututkinto. Maanmittauksen perusopiskelijat opiskelevat fotogrammetriaa ja kaukokartoitusta

kursseilla ”Kaukokartoituksen perusteet”, ”Kaukokartoitus” ja ”Fotogrammetrian jatkokurssi”.

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 Noviasassa 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 ilmakuvauslaitoksen ja laserkeilauksista vastaa ilmakuvauskeskus. Ilmakuvauskeskus kuvaa tai hankkii valtionhallinnon organisaatiolle niiden tarvitseman kuvamateriaalin.

Maastotietokannan ajantasaistus tapahtuu maanmittaustoimistoissa (12), joissa on yhteensä lähes 200 digitaalista stereotyöasemaa (Espa Systems).

Vuonna 2010 maastotietotuotannon kuvaukset suoritettiin kokonaan digitaalisella ilmakuvauuskameralla. Kuvauksia suoritettiin sekä 30 cm että 50 cm maastoresoluutiolla. Oma työnä tehdyt kuvaukset käsittivät kaikkiaan 49 530 km<sup>2</sup>. Näistä kuvista valmistettiin ESPA -stereomallit ja ortokuvat. Sen lisäksi tilattiin ulkopuoliselta konsultilta kuvauksia 53 000 km<sup>2</sup> alueelta. Kuvista valmistettiin 50 cm resoluution ortokuvat.

Vuonna 2010 jatkettiin laserkeilaukseen perustuvan korkeusmallin, MML2, tuotantoa. Laserkeilauksia suoritettiin noin 32 500 km<sup>2</sup> aina Porvoosta Sodankylään ulottuvalla alueella. Keilaukset suoritti alihankkija. Laserkeilausalueiden suuntaamisessa tehtiin

entistä enemmän yhteistyötä mm. kuntien, ELY-keskusten ja metsäkeskusten tarpeiden mukaisesti.

Laserkeilausaineistosta tuotettavaa korkeusmallia työstettiin vuonna 2010 lähes kaikissa maanmittaustoimistoissa sekä ilmakuvakeskuksessa. Kaikki vuoden 2009 laserkeilausalueet (noin 32 000 km<sup>2</sup>) saatiin valmiiksi korkeusmallin osalta vuoden 2010 aikana. Myös useiden vuonna 2010 laserkeilattujen alueiden korkeusmallityö alkoi jo saman vuonna.

### *5.1.2 Topografikunta*

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

Vuoden 2010 aikana Topografikunta on toteuttanut ilmakuvauksia n. 700 kuvaa kuvausmittakaavassa 1:30 000. Virka-apuna toteutettiin myrskytuhojen ilmakuvauksia n. 950 kuvaa.

### *5.1.3 Suomen ympäristökeskus*

Suomen ympäristökeskus (SYKE) on ympäristöministeriön tutkimus- ja kehittämiskeskus, joka palvelee koko ympäristöhallinnon tarpeita. SYKE:n Tietokeskuksen Geoinformatiikka-yksikössä (GEO) kehitetään kaukokartoitus-tekniikkaa operatiiviseen ympäristön seurantaan. Kaukokartoitusteknologian kehittämisen ja tiedontuotannon parissa SYKE:ssä 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 helmikuun puolenvälin ja lokakuun lopun väliseltä ajalta, alueen kattaessa Suomen ja Itämeren valuma-alueen lähiympäristöineen. Tarkempia maanpeitteen kartoituksia ja muutostulkintaa tehdään käyttäen paremman alueellisen erotuskyvyn kuvia kuten Komsat-2, Formosat, 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 Kompsat-2 että huonon alueellisen erotuskyvyn MERIS-kuvilta. Lumen kaukokartoituksen tutkimus- ja kehitystyön tuloksena vuonna 2011 päättyvässä GlobSnow-projektissa (ESA DUE) tuotettava lumitietokanta (Fundamental Climate Data Record) perustuu suurelta osin GEO:ssa kehitettyyn lumitulkinta-algoritmiin, samoin projektissa käytettävä pilvitunnistusmenetelmä on SYKE:ssä kehitetty. GEO on mukana ESA:n North Hydrology-projektissa (Support to Science Element (STSE) ohjelma), jossa kootaan yhteen jokien ja järvien jääpeitettä ja pintalämpötilaa kuvaavia kaukokartoitustuotteita. Kotimaisia rahoituslähteitä ovat Tekes (FloodFore, CLEEN MMEA, JVP), Suomen Akatemia (CarbBal) sekä Ympäristö- ja Maa- ja metsätalousministeriöt.