

Kaukokartoitusaineiston analyysimenetelmät tulvamallinnuksessa

KAUKOKARTOITUS

Loppuraportti

Tarmo Lipping
Professori, projektipäällikkö



1. Lähtökohdat

Tulvariskien analyysissä ja tulvatilanteiden mallinnuksessa on yhä merkittävämpi rooli kaukokartoituksella ja paikkatietomallinnuksella. Viikkojen tai kuukausien mittaukset maastossa voidaan joskus korvata kaukokartoitukseen perustuvan mallin pohjalta tehdyllä analyysillä. Toisaalta digitaalisen kaukokartoitusaineiston avulla voidaan esittää tilanteita ja prosesseja yleisellä tasolla, tinkimättä kuitenkaan tarkkuudesta, jolloin ongelmakohdat saadaan nopeasti selville ja käytettävissä olevat resurssit voidaan kohdentaa tehokkaasti.

Pori ja Kokemäenjoen suisto on todettu kansallisesti tulvaherkimmäksi alueeksi. Tilastollisesti kerran sadassa vuodessa tapahtuvan suurtulvan sattuessa aineelliset vahingot Porin kaupungin alueella ylittäisivät laskelmien mukaan yli miljardiin euroon. Ilmastonmuutoksen ja Kokemäenjoen suistoalueen sedimentoitumisen myötä tulvariski alueella kasvaa tulevaisuudessa. Porin kaupunki suunnittelee parhaillaan mittavia toimenpiteitä tulvariskien ehkäisemiseksi sekä laatii toimintasuunnitelmaa tulvatilanteen varalle. Samana aikana toteutetaan Kokemäenjoen tulvapadon korjaustöitä.

Tässä hankkeessa keskityttiin pääasiallisesti laserkeilausaineiston hyödyntämiseen tulvasuojelutyössä. Maanmittauslaitos toteutti laserkeilauksen Porin alueella vuoden 2008 toukokuun alussa. Mittaus toteutettiin osana laajempaa kampanjaa, joka tähtää uuden tarkan maastomallin laatimiseen koko Suomen alueelle. Laserkeilaus aloitettiin tulvavaara-alueista, joista Kokemäenjoen suisto oli ensimmäisiä. Laserkeilausaineiston resoluutio on 1 pikseli 1,67 neliometriä kohtaan. Lisäksi hankkeessa hyödynnettiin Kokemäenjoen luotausaineistoja eri vuosilta.

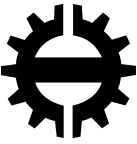
Toisena tutkimusalueena hankkeessa oli hyperspektriaineiston esikäsittely ja hyödyntäminen ympäristön seurannassa. Tältä osin tutkimus perustui vuoden 2008 kesällä unkarilaisen operaattorin Aeromedia toimesta mitattuun hyperspektriaineistoon. Hyperspektrilento toteutettiin yhteistyössä Porin kaupungin, GTK:n, Posiva Oy:n, Pöyry Environment Oy:n sekä unkarilaisen Debrece:n yliopiston kanssa. Hyperspektrilentoa rahoittivat myös Kemira sekä Porin Energia.

Seuraavassa tarkastellaan hankkeen toimintaa seuraavilla osa-alueilla:

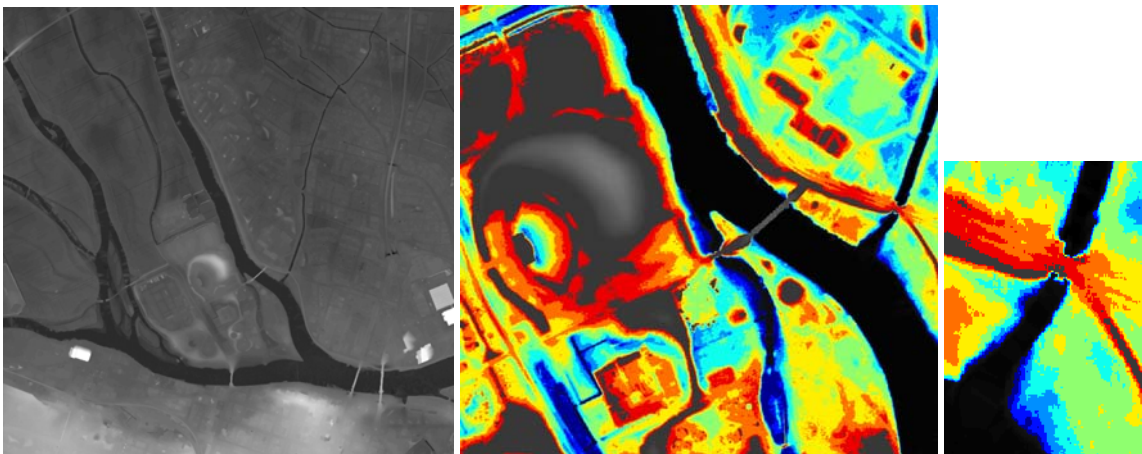
- 1) Laserkeilausaineiston analyysi ja jalostaminen tulvasuojelutarkoituksiin
- 2) Työkalujen kehittäminen tulvatilanteiden mallintamiseen
- 3) Kokemäenjoen suiston kolmiulotteisen mallin luominen
- 4) Hyperspektriaineiston ilmakehäkorjaus ja hyödyntäminen

2. Laserkeilausaineiston luokittelu ja jalostaminen

Laserkeilauksen tuloksena saatava aineisto sisältää lasersäteiden heijastuksia rakennusten katoilta, kasvustolta, sekä maan pinnalta. Hankkeessa oltiin kiinnostuneita maastomallin luomisesta ja hyödyntämisestä, joten pistepilvestä täytyi erottaa vain maan pinnalta tapahtuvat heijastukset. Tämä suodatus oli jo tehty aineiston tarjoajan toimesta, ja vaikka joitakin rakennuksia ei oltu onnistuttu poistamaan mallista, ei lähdetty kehittämään omia pistepilven suodatusmenetelmiä. Sen sijaan keskityttiin digitaalisen maastomallin analyysiin ja jalostamiseen tulvasuojelutyön tarkoituksiin.



Kuvassa 1 on esitetty digitaalisen maastomallin eri esitystapoja. Vasemmanpuoleisessa kuvassa esitetään maanpinnan korkeudet välillä -1...15 metriä 64 harmaasävyllä. Todettiin että aineiston laatu on erittäin hyvä ja tämäntyyppinen esitystapa tuo selvästi esille esimerkiksi tiet, ojat, kuivuneet jokiuomat jne. Seuraavaksi lähdettiin määrittelemään esitystapaa, joka mahdollistaisi Kokemäenjoen tulvapatojen tilanteen nopean tarkastelun. Kuvassa 1 oikeanpuoleisessa esitystavassa maanpinnan korkeudet välillä 1.4...3.0 metriä on jaettu tasaisesti kahdeksaan korkeusväliin (jokainen väli vastaa 20 senttimetriä), jotka on esitetty eri väreillä. Mainitun korkeusalueen ulkopuolelle jäävät pikselit on esitetty harmaasävyillä. Suurennetusta kuvasta voidaan nähdä että kyseisessä kohdassa tulvapatot pottää, jos veden korkeus joessa ylittää 2.6 metriä (kaksi väriasteikkoa 'alaspäin' korkeudesta 3.0 metriä). Lopulta päädyttiin käyttämään kahta eri värikoodaustapaa, joen suiston eri alueille ja tuotettiin vastaava materiaali koko Kokemäenjoen suiston alueelta Porin kaupungin käyttöön sekä digitaalisessa muodossa että paperiversiona.



Kuva 1: Digitaalisen rasterimuotoisen maastomallin luokittelua

3. Työkalujen kehittäminen tulvatilanteiden mallintamiseen

Hankkeessa kokeiltiin myös Kokemäenjoen tulvapatojen automaattista korkeusanalyysiä. Tulokset tästä on esitetty kuvassa 2. Tällaisen esitystavan tuottaminen vaati kuitenkin runsaasti käsityötä. Vaikka periaatteessa olisi mahdollista kehittää täysin automaattinen tulvapatojen löytämiseen ja niiden korkeusanalyysiin soveltuva algoritmi, päätettiin ettei hankkeen puitteissa tähän ryhdytä vaan tulvapatojen kunnan tarkastamiseen käytetään kuvassa 1 esitettyä korkeusmallin esitystapaa.

Tärkeä rooli tulvatilanteiden analyysissä ja mallinnuksessa on tieverkostolla, koska padotuksen takia tiet muodostavat tulvapatojen pottäessä tulva-altaita. Tässä yhteydessä on oleellista tietää teiden korkeuksia, erityisesti sitä, missä kohdassa vesi ylittää teiden muodostamien tulva-altaiden reunoja ja millä veden korkeudella tiet eivät ole enää käyttökelpoisia. Tietyissä tilanteissa teitä voidaan katkaista vahinkojen välttämiseksi. Tieverkoston analyysiä varten hankkeessa kehitettiin algoritmi, joka mahdollistaa teiden automaattisen tunnistamisen laserskeilausaineistosta. Algoritmi hyödyntää sekä lasersäteiden heijastuksen intensiteettitietoa että viivettä ja perustuu Kuwahara suodattimen käyttöön. Menetelmä on tarkemmin kuvattu konferenssipaperissa (Tuominen 2009), joka esitettiin posterimuodossa ISRSE-kokouksessa Italian Stresassa. Esimerkki algoritmin toiminnasta on kuvassa 3.



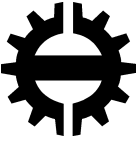
Kuva 2. Kokemäenjoen padon korkeusanalyysin tuloksia



Kuva 3: Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tieverkoston automaattisen analyysin tuloksia. Oikeanpuoleisessa kuvassa on ilmakekuva samalta alueelta vuodelta 2005 (ennen Lukkarinsillan ja Noormarkuntien rakentamista)

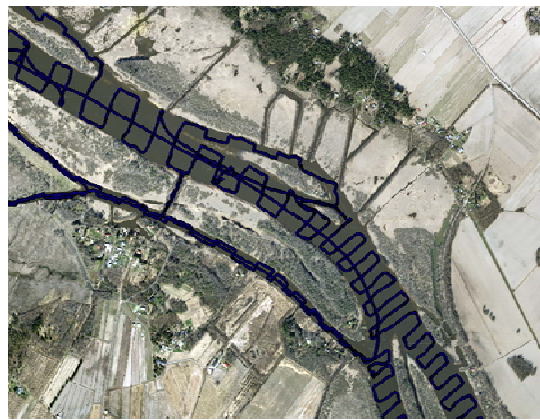
4. Kokemäenjoen suiston kolmiulotteisen mallin luominen

Tarkempaa tulva-analyysiä varten tarvitaan jokisuiston kolmiulotteinen malli. Tällaisen mallin avulla voidaan käytössämme olevan Wallingford RS ohjelmiston avulla simuloida esimerkiksi rankkasateiden, hyydepatojen, jääpatojen tai meriveden nousun aiheuttamia tulvatilanteita. Työ mallin luomiseen aloitettiin jo vuoden 2008 syksyllä mm. InnoGeo hankkeen puitteissa, Kaukokartoitus-hankkeessa malli on saatu valmiiksi ja sen pohjalta on aloitettu joen virtauksien simulointi.

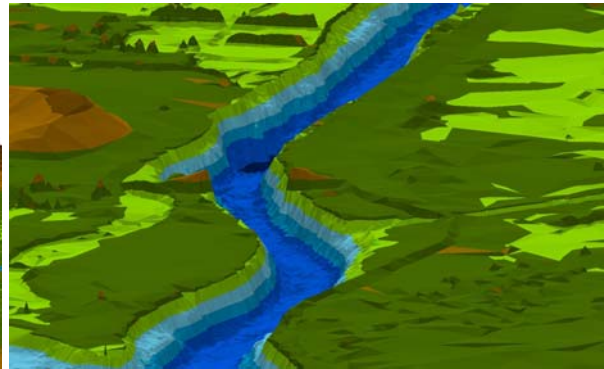
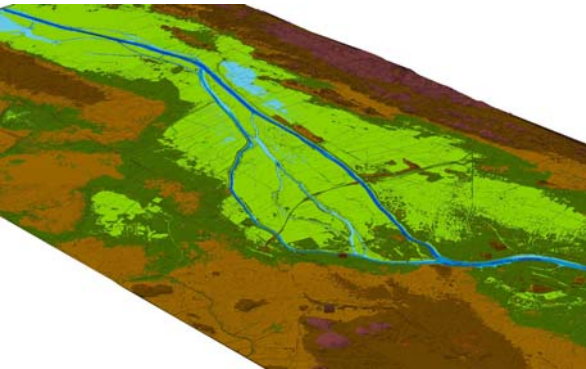


Kolmiulotteisen mallin luomista varten laserkeilausaineisto yhdistettiin luotausaineiston kanssa käyttämällä eräässä aikaisemmassa hankkeessa laitoksellamme kehitettyä interpolointimentelmää. Menetelmä on tarkemmin kuvattu diplomityössä (Pohjola 2008) sekä julkaisussa (Pohjola et. al. 2008). Käyttämämme luotausaineisto jakautuu paikan mukaan kuvassa 4 esitetyllä tavalla koostuen n. 50 metrin välein sijaitsevista poikkittaisista luotauslinjoista. Suuren datamäärän takia interpolointi ja kolmiulotteisen mallin tekeminen oli hidasta ja vaatii hajautettua laskentaa. Kolmiulotteinen malli luotiin aluksi 2,5 metrin rasterilla, joka myöhemmin muunnettiin TIN (Triangulated Irregular Network) muotoon esittämistä varten ArcScene ohjelmistossa. Kuvassa 5 on esitetty malli koko mallinnetulta alueelta (vasemmanpuoleinen kuva) sekä suurennettuna jokiuoma Kirjurinluodon areenan läheisyydestä.

Kokemäenjoen suiston kolmiulotteisen mallin pohjalta hankkeessa tuotetaan jokiuoman poikkileikkaustietoja Porin kaupungin tulvasuojelutyötä varten. Poikkileikkaustiedot ovat lähdeaineistona joen reunojen stabiliteettianalysissä, jota tarvitaan padon kunnostussuunnitelmaa varten. Hankkeessa on aloitettu myös joen virtauksen mallinnus Wallingford RS ohjelmiston avulla ja on hankittu kyseisen ohjelmiston päivitysversio.



Kuva 4. Kokemäenjoen luotausaineisto



Kuva 5. Kokemäenjoen suiston kolmiulotteinen malli



5. Hyperspektriaineiston ilmakehäkorjaus

Tässä hankkeen osiossa oli tarkoitus tutkia vuoden 2008 kesällä mitatun hyperspektriaineiston hyödyntämismahdollisuuksia. Hyperspektriaineiston käsittelyssä ja hyödyntämisessä on erittäin tärkeä rooli aineiston esikäsittelyllä, erityisesti ilmakehäkorjauksella. Hyvin tehty esikäsittely mahdollistaa eri aineistojen vertailun, spektrikirjastojen käytön sekä aineiston pohjalta tehtyjen tulkintojen vertaamisen tulevaisuudessa tehtäviin vastaaviin tulkintoihin. Koska unkarilainen aineiston toimittaja ei onnistunut tekemään aineiston ilmakehäkorjausta sovitussa aikataulussa, keskityttiin hyperspektriaineiston analyysin osalta ensin juuri ilmakehäkorjausmenetelmiin. Tätä varten hankittiin ATCOR-ohjelmisto. Hyperspektriaineiston (sekä myös laserkeilausaineiston) käsittelyä ja tallennusta varten päivitettiin ENVI-ohjelmistoa ja hankittiin kolme 1 TB kovalevyä. Useiden menetelmien kokeilemisen jälkeen ilmakehäkorjaus onnistuttiin tekemään parhaiten ATCOR-ohjelmalla, vaikka sen käyttö vaatiikin perusteellista perehtymistä. Todettiin myös, että ilmakehäkorjauksessa käytettävät parametrit on löydettävä erikseen maa-alueille, koska ilmakehä on merialueiden kohdalla hyvin erilainen. Ilmakehäkorjausmenetelmien vertailusta on tarkoitus kirjoittaa julkaisu Jyrki Tuomisen väitöskirjatyöhön.

Hyperspektriaineiston perusteella on myös tutkittu metsän kuntoa mittaavia indeksejä. Tutkimusryhmältämme on tilattu luku otsikolla *'Remote sensing of forest health'* kirjaan *'Geoscience and Remote Sensing'* (kustantaja In-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria). Kyseistä julkaisua ajatellen hankkeessa tarkastellaan kirjallisuudessa esitettyjen metsän kunnan indeksien toimivuutta kuvausalueeseen jäävien syystä tai toisesta stressaantuneiden metsäalueiden arvioinnissa.

6. Viitteet

1. J. Tuominen, T. Lipping. Automatic Extraction of Road Elevation Map for Flood Rescue Operations. Proc. of the 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment. Stresa, Italy, May 4-9, 2009.
2. J. Pohjola. Korkearesoluutioisen tilastollisen korkeusmallin luominen thin plate spline – interpolointia käyttäen. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, Pori, 2008.
3. J. Pohjola, J. Turunen, T. Lipping and A. Ikonen. Creation and Error Analysis of High Resolution DEM Based on Source Data Sets of Various Accuracy. In: *3D GeoInformation Sciences: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, J. Lee and S. Zlatanova (Eds.) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009, pp. 341-353.