

## Luento 12: Kartoitussovellukset

### AIHEITA

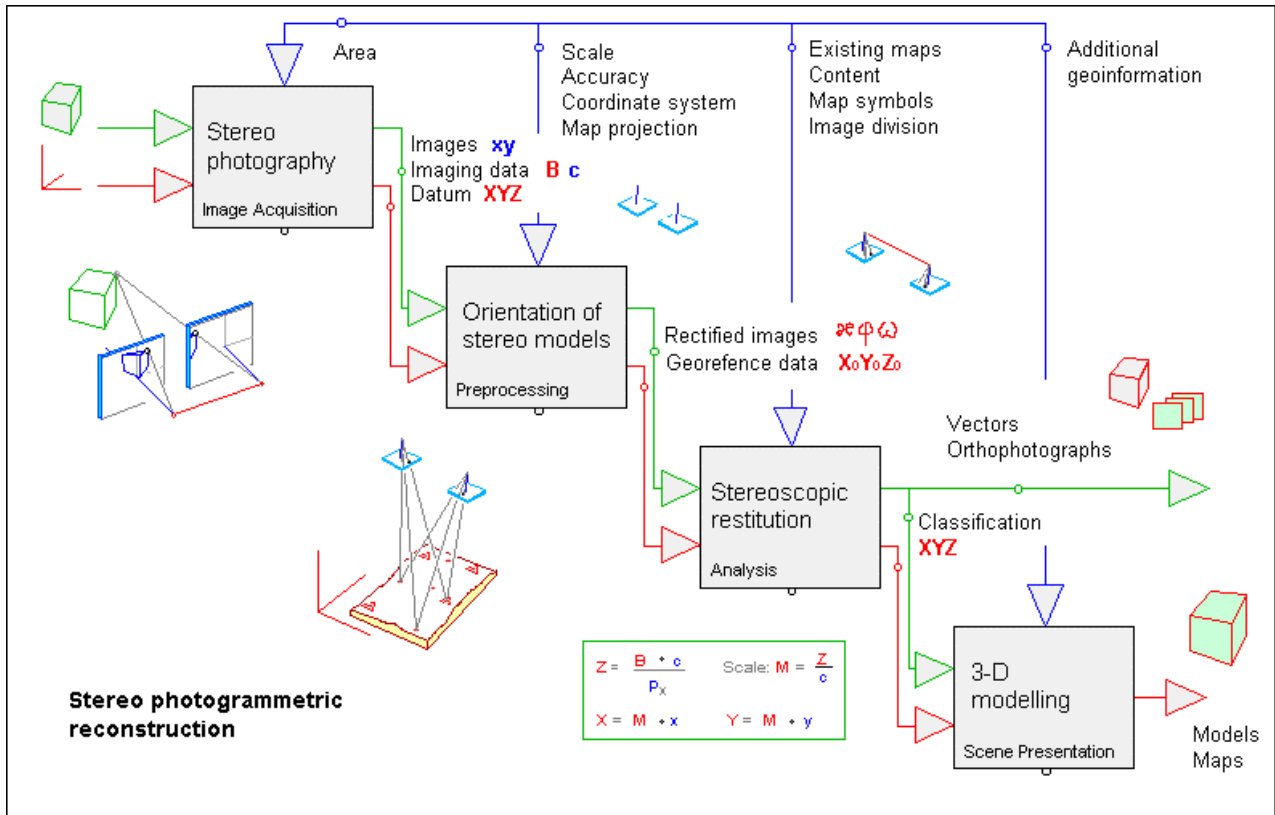
- [Ilmakolmiointi](#)
- [Korkeusmalli](#)
- [Stereokartoitus](#)
- [Ortokartoitus](#)
- [Kuvan oikaisu](#)
- [Maastovirhe](#)
- [Ortokuvaus](#)

Kartoitussovelluksissa fotogrammetrinen mittaus perustuu joko stereokuvien tulkintaan tai oikaisu-  
tujen ortokuvien tulkintaan. Stereotulkintaa käytetään maanpinnan topografiseen havaitsemiseen ja  
mittaamiseen sekä mallintamiseen korkeusmalliksi. Stereoskooppinen havainnointi auttaa myös  
erottamaan maaston, sen kasvuston ja yksityiskohdat, rakenteet ja rakennukset tarkasti sekä erotta-  
maan kartalle piirrettävät kuviorajat selvinä. Kun maasto on kertaalleen kartoitettu ja siitä on ole-  
massa korkeusmalli, kartan ajantasaistus voidaan tehdä yksikuvamittauksena ja perustaa se orto-  
kuvien tulkintaan. Ortokuva on kartan projektioon oikaistu ilmakehän kuva eli siitä on poistettu maaston  
korkeuseroista johtuvat mittakaavaerot. Tällainen kuva voikin toimia tulkinnan karttapohjana eikä  
tähän tarvita stereokartoituskojetta. Vaikka ortokuvia käytetään yleisesti karttojen ajantasaistukseen,  
ortokuvien tulkinta ei korvaa stereotulkintaa. Ortokuvat tehdäänkin yhä yleisemmin stereokuviksi  
oikaisemalla kuvaparin kummatkin kuvat samaan karttaprojektioon.

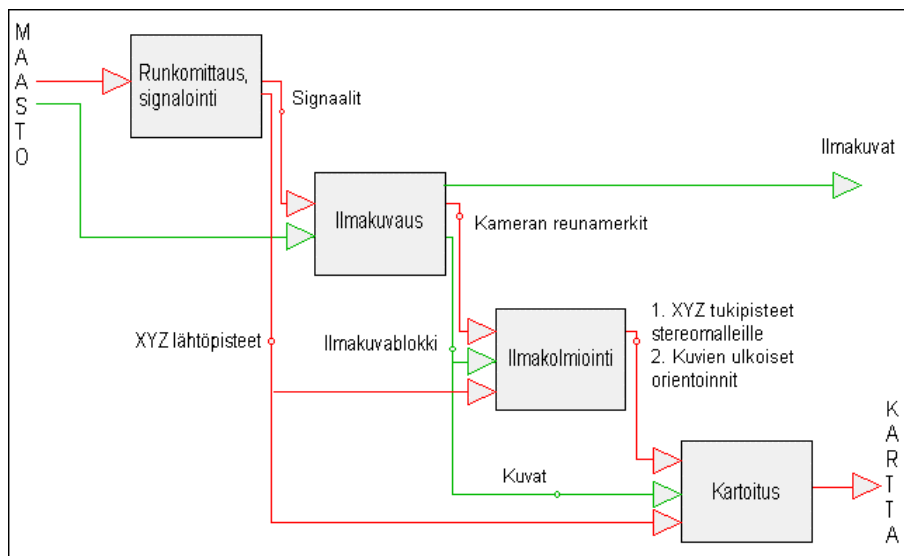
Fotogrammetrinen kartoitus on toistaiseksi perustunut yksinomaan valokuvaamiseen ja merkittävä  
osa kartan sisällöstä on jouduttu täydentämään maastomittauksin. Tällä hetkellä kartoitussovellukset  
kehittyvät nopeimmin yhdistämällä valokuviin laserkeilaimella kerättyjä etäisyyskuvia. Laserkei-  
laus on uutta tekniikkaa, jolla maasto ja ympäristö havaitaan tiheänä joukkona koordinaateiltaan  
tunnettuja pisteitä. Keilaus perustuu kuvauskoneesta lähetetyn valonsäteiden heijastumiseen  
maastosta ja heijastavan kohteen etäisyyden pistemäiseen mittaamiseen. Kunkin pisteen 3-D  
koordinaatit rekisteröidään. Kun pisteitä keilataan tiheään, parhaimmillaan muutamia kymmeniä  
joka neliömetrin alueelta, ympäristöstä välittyy tarkka "kuva" tiheänä pistepilvenä (ks. [luento 1](#)).  
Koska laserkeilaus on jatkuvaa ja kuvaus tehdään kapeampana kaistana kuin valokuvaus, osa  
havainnoista läpäisee kasvuston ja heijastuu maan pinnasta, osa heijastuu jo matkalla vastaan tule-  
vista puista, pensaista ja rakenteista. Laserkeilaus on nopeasti yleistynyt korkeusmallien tiedon-  
keruussa, mutta tekniikan suoritusarvoista on toistaiseksi hyvin vähän tutkittua tietoa.

Fotogrammetriset kartoitussovellukset voidaan jakaa geometriselta tarkkuudeltaan seuraaviin  
luokkiin. Tarkimpina sovelluksena on kolmiointi, jolla tuotetaan koordinaattihavainnot geodeet-  
tisen runkoverkon tihennyspisteille, rajamerkeille sekä niille luonnollisille, kuvilla näkyville koh-  
teille, joita käytetään stereomallien tai ortokuvien tukipisteinä. Kolmiointipisteiden 3-D koordinaatit  
ratkaistaan tasoittamalla kuvahavainnot kolmiulotteisena verkkona (blokkikolmiointi). Seuraavana,  
tarkkuudeltaan jossain määrin vähäisempänä luokkana voidaan pitää korkeusmallia ja sen piste-  
havainnot. Korkeusmallit mitataan stereomalleittain joko pistehavainnoina tai korkeuskäyrinä.  
Pistehavainnot ovat korkeuskäyrähavainnot tarkempia. Jos pistehavainnot käsitellään  
kolmiointipisteinä, niiden tarkkuus on tukipisteiden luokkaa. Kolmantena luokkana ovat ne piste-

havainnot, jotka kerätään ympäristömalleina maasto- tai karttatietokantaan. Tähän luokkaan kuuluvat mm. kaupunkien kantakartat ja maanmittauslaitoksen ylläpitämä valtakunnallinen maastotietokanta. Neljänteen luokkaan sisältyvät ortokuvat ja oikaistut satelliittikuvat. Ortokuvia käytetään suurimittakaavaisten ja satelliittikuvia pienimittakaavaisten karttojen ajantasaistukseen.

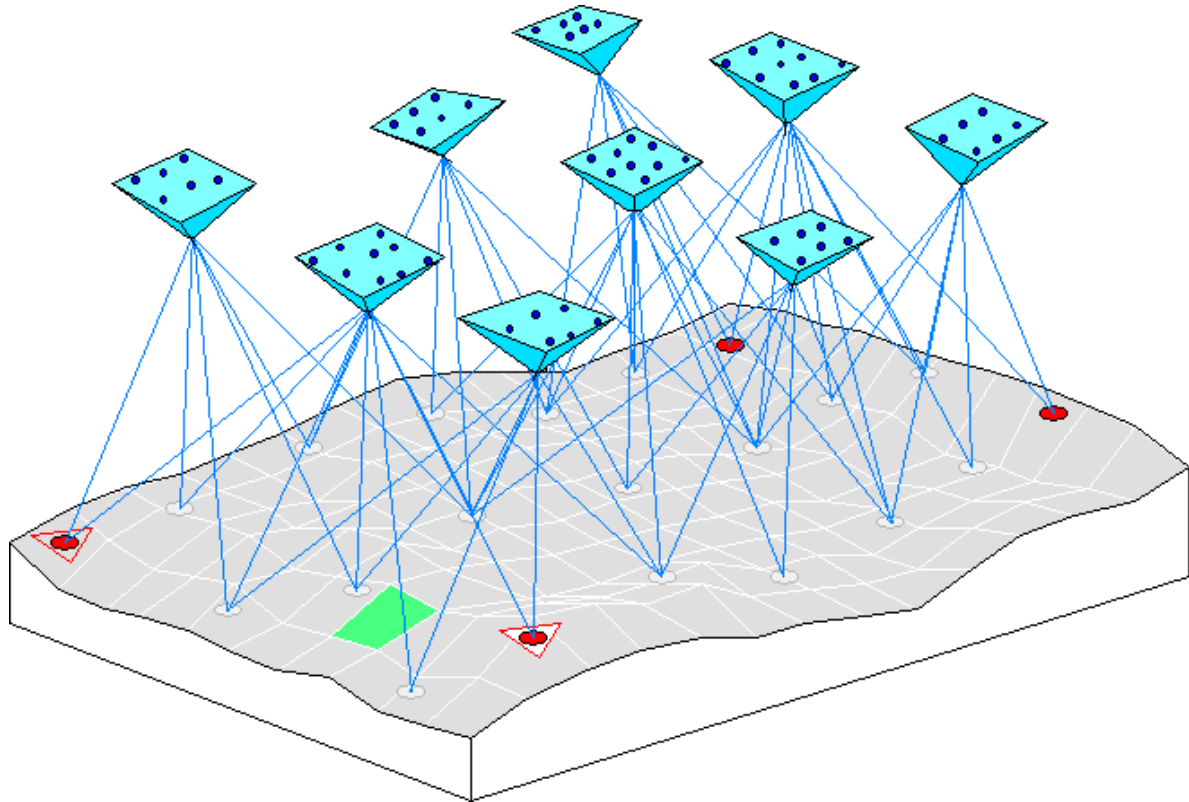


Stereokartoituksessa hyödynnetään fotogrammetrian perusosaamista näkymän rekonstruoimiseksi. Tässä stereokartoitus on kuvattu prosessina ja jaettu neljään vaiheeseen, jotka ovat: stereokuvaus, kuvaparin orientointi stereomalliksi, mallin stereoskooppinen tulkinta ja näkymän kolmiulotteinen esittäminen. Kartoituksen tehtävänä on tulkita näkymä ja esittää se yksityiskohdittain koordinaatioon sidottuna geometria- ja ominaistietona. Stereokartoituksen yleisin sovellus on maastokartoitus. Sen lisäksi stereokartoitusta sovelletaan vähäisessä määrin arkeologiassa, rakennus-, metalli- ja konepajateollisuudessa, muoviteollisuudessa ja lääketieteessä, periaatteessa missä tahansa tehtävissä, missä kohteen muotoa mitataan.



Ilmakolmiointi on fotogrammetrisen kartoitusprosessin tärkein osa. Kolmiointin tuloksena saadaan välillisesti ratkaistua kuvien ulkoiset orientoinnit. Nykyisin kuvien orientoinnit voidaan määrittää tarkkaan myös suorien GPS-havainnoin, inertiaalisiin navigointihavainnoin sekä kameran kallistus-havainnoin. Tästä huolimatta kolmiointi tehdään, koska sillä varmistetaan kartoituskoordinaatiston tasalaatuisuus koko kartoitusalueella.

## Ilmakolmiointi



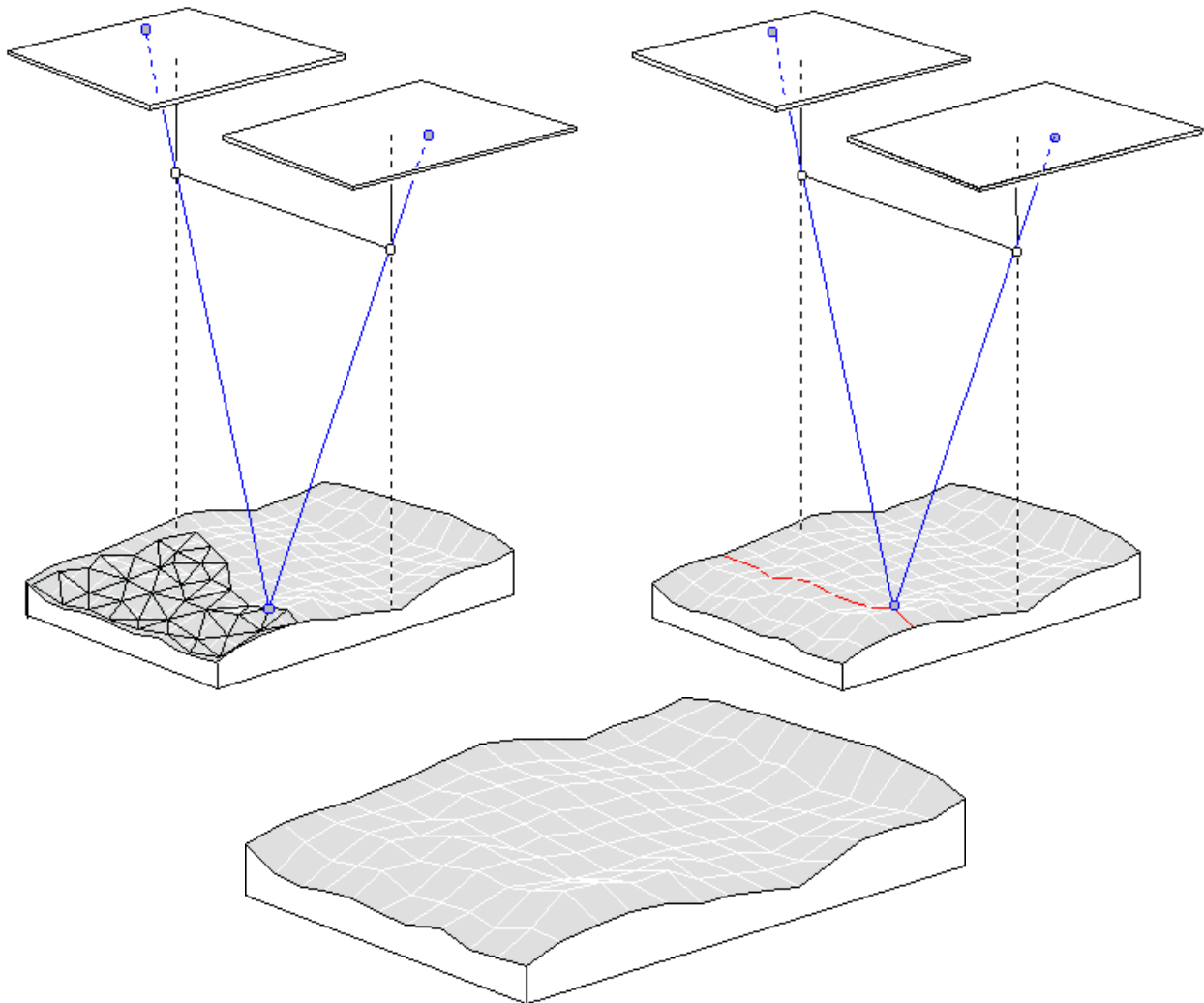
Kolmiointissa kuvahavainnot tehdään liitospisteinä. Liitospisteet ovat kuvien välisiä vastin pisteitä, joko signaloituja tai luonnollisia pisteitä, jotka on havaittu tarkasti. Kuvahavainnoista lasketaan sädekimput kameran sisäisen orientoinnin tiedoin ja sädekimput tasoitetaan blokkina. Kolmiointin aikana ratkaistaan kuvien ulkoiset orientoinnit ja liitospisteiden 3-D koordinaatit siten, että ne parhaiten vastaavat kuvahavainnoita. Kun osa liitospisteistä on kolmiointin lähtöpisteitä, joille tunnetaan koordinaatit maastossa, blokki orientoituu samaan koordinaatistoon. Mikäli kolmiointin yhteydessä havaitaan liitospisteitä riittävästi, voidaan samalla laskea maastolle likimääräinen korkeusmalli.

## Korkeusmalli

- Korkeusmalli
  - Vaakaparallaksin mittaustarkkuus on filmikuvilla 4 - 6  $\mu\text{m}$ . Digitaalisilla kuvilla ja manuaalimittauksella mittaustarkkuus on hieman heikompi, arviolta 6 - 8  $\mu\text{m}$  (Nurminen, 2002).
- Korkeuskäyrät
  - Maanpinnan topografiaa esitetään perinteisesti korkeuskäyrin. Korkeuskäyrät kuvaavat maastoa tasavälisin tasoleikkauksin. Käyrät digitoidaan stereokartoituskojeella joko suoraan tai välillisesti siten, että ensin mitataan korkeusmalli ja käyrät interpoloidaan tästä. Se, millä tiheydellä korkeuskäyrät esitetään, riippuu kartan mittakaavasta. Stereomallin korkeushavainnojen tulee vastata tarkkudeltaan korkeusmallin käyräväliä. Perusvaatimus on, että käyrät eivät saa leikata toisiaan. Joissain standardeissa edellytetään,

että havaituista korkeusmallin pisteistä 90 % on mitattu tarkemmin kuin puolet käyrävälistä.

- Esimerkiksi 10 metrin käyriä vastaavien korkeushavaintojen keskihajonnan on oltava alle 3 m. Olettaen, että havainnot ovat normaalijakautuneita, näytteistä 90 % sisältyy välille  $\pm 1,645 \cdot$  keskihajonta.
  - $5 \text{ m} = 1,645 \cdot 3 \text{ m}$ .
- Korkeuskäyrien kartoittamiseen soveltuvan kuvauksen lentokorkeutta arvioidaan C-kertoimella tai promilleina lentokorkeudesta.
  - C-kerroin lasketaan kuvauskorkeuden ja käyrävälin suhdelukuna. Kerroin on kokemusperäinen ja siinä huomioidaan koko kartoitusketjun, eli kameran, kuvaaineiston, kartoituslaitteen ja stereo-operaattorin vaikutus korkeushavainnon tarkkuuteen. Analogisilla kartoituskojeilla C-kerroin saa arvoja välillä 700-1500, analyyttisillä kartoituskojeilla 2000-2200. Kun käytetään digitaalisia ilmakuvia, C-kerroin riippuu digitoinnin pikselikoosta ja vaihtelee käytännössä välillä 800-2100.
  - Esimerkiksi kuvauskorkeus 1050 m, joka vastaa 1 : 2000 kantakartan kartoituskuvausta, soveltuu korkeuskäyrien kartoittamiseen käyrävälillä 0,5 m.
    - $1050 \text{ m} / 2000 = 0,5 \text{ m}$ .

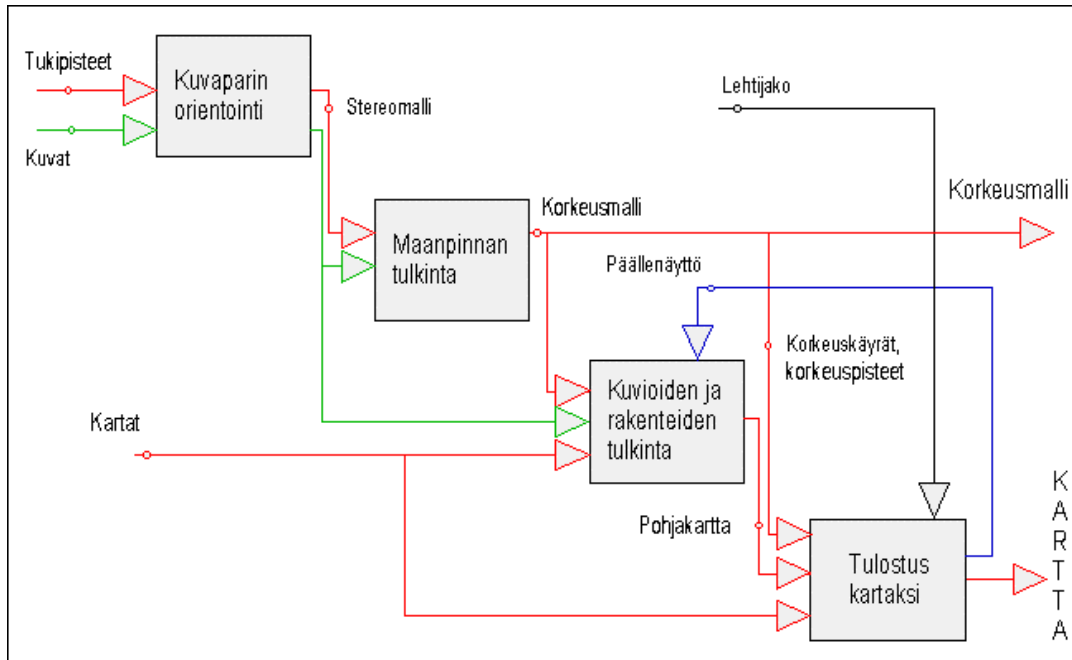


$$\sigma_{XY} = \pm 0.1 \text{‰} \cdot h$$

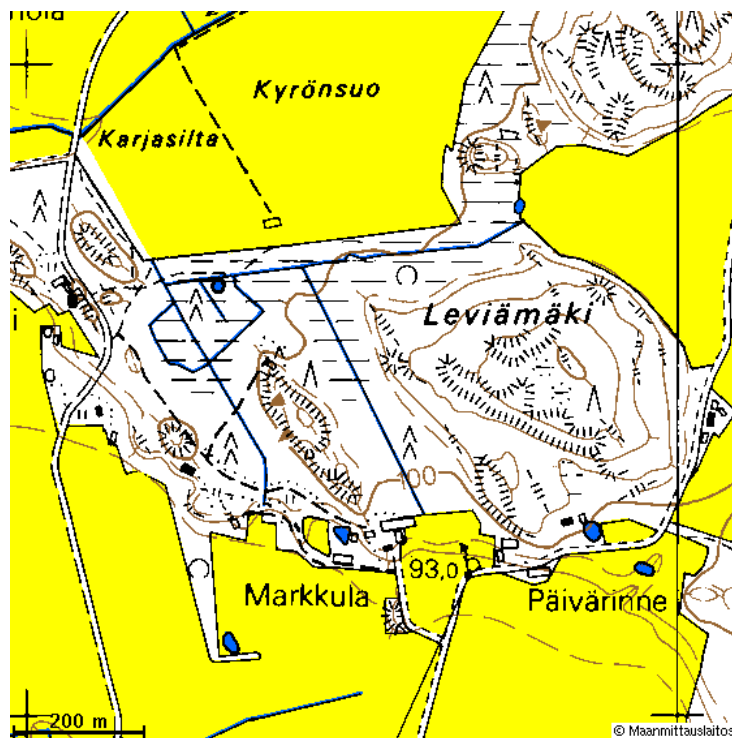
$$\sigma_Z = \pm (0.15 \text{‰} \cdot h + 0.15 \cdot h/c \cdot \tan \alpha)$$

Stereokartoituksessa korkeusmallin mittauserävarmuus voidaan arvioida oheisilla peukalosään-  
 nöillä. Nämä toimivat laajakulmakameroilla,  $c = 150 \text{ mm}$ , kuvakoko  $230 \times 230 \text{ mm}$ . Välikulma-  
 kameroilla,  $c = 210 \text{ cm}$ , promillekertoimet ovat kolmanneksen pienempiä. Kaavat ovat kokemus-  
 peräisiä ja kertoimien arvot perustuvat kirjallisuudessa esiintyviin, yleisesti hyväksytyihin käsityk-  
 siin kartoituksen suorituskyvystä.

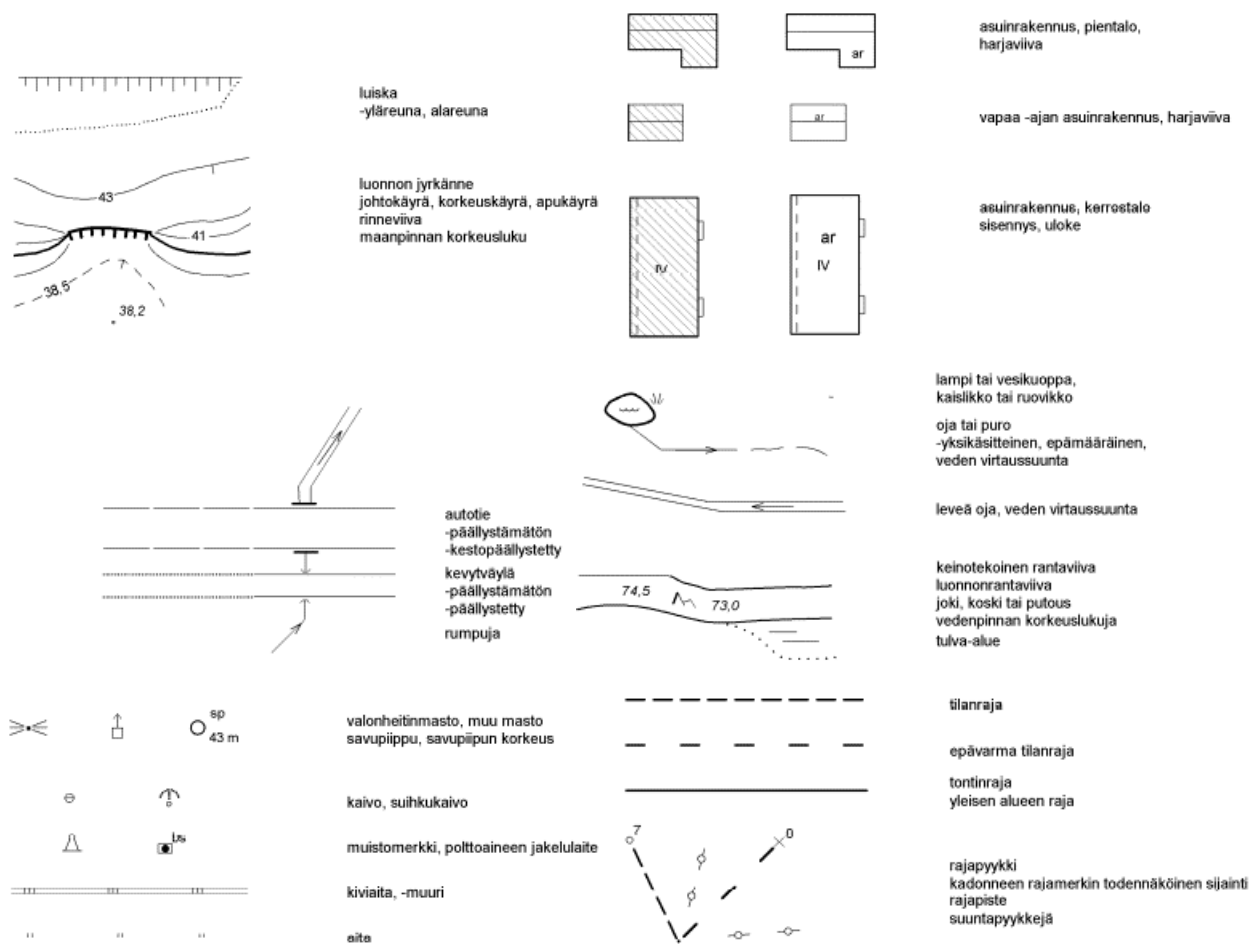
## Stereokartoitus



Stereokartoitus



**Peruskartta 1 : 20 000.** Peruskartta on yleismaastokartta, jonka tiedonkeruu perustuu stereokartoitukseen. Maastosta esitetään topografia eli maaston korkeus- ja syvyysuhteet. Lisäksi maastosta esitetään sen näkyvät piirteet, kuten maankäyttöluokkien rajat, kasvillisuus, asutus ja tiestö. ([Karttapaiikka](#), [Maanmittauslaitos](#))

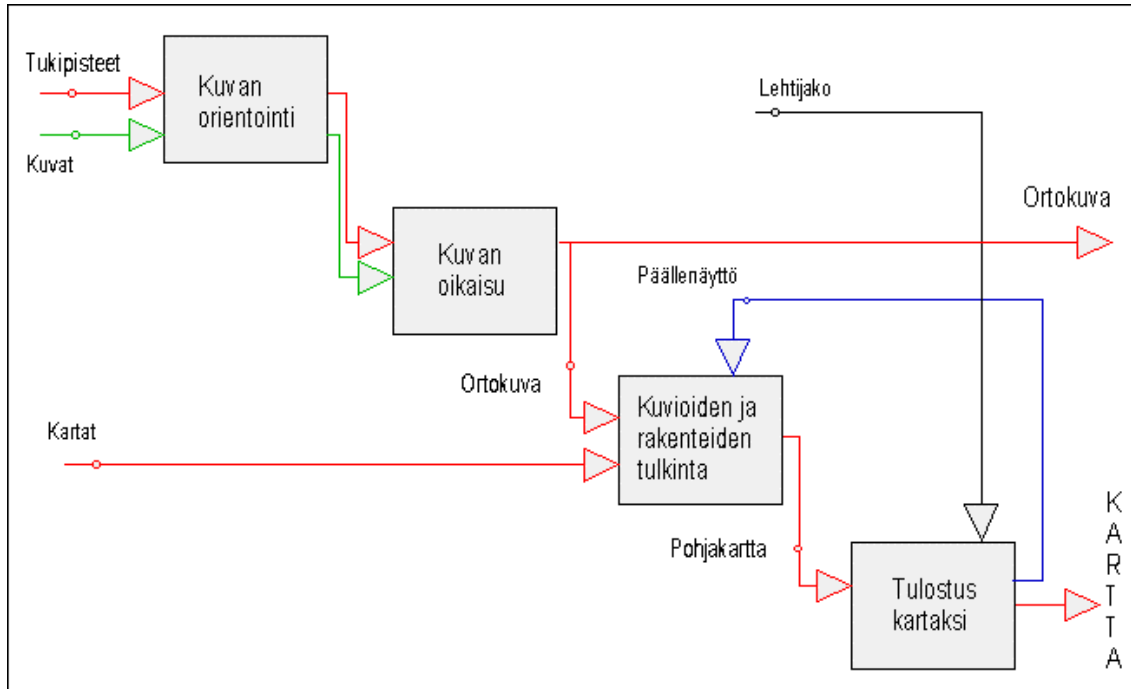


	mm	‰	s_XY	s_Z
Signaloidut pisteet	<b>0,006</b>	<b>0,06</b>	0,042	0,063
	s_XY_def	s_Z_def		
Luonnolliset kohteet				
- rakennuksen nurkka	10	15	0,10846	0,16269
- viemärinkansi	5	3	0,0653	0,06978
- pellon nurkka	70	15	0,70126	0,16269
- puut ja pensaat	70	70	0,70126	0,70283
	mm	‰		
Korkeusmalli				
taiteviivat	0,045		0,315	
korkeuskäyrät		0,25		0,2625
korkeusmallin pisteet		0,15		0,1575
		0,1	0,105	

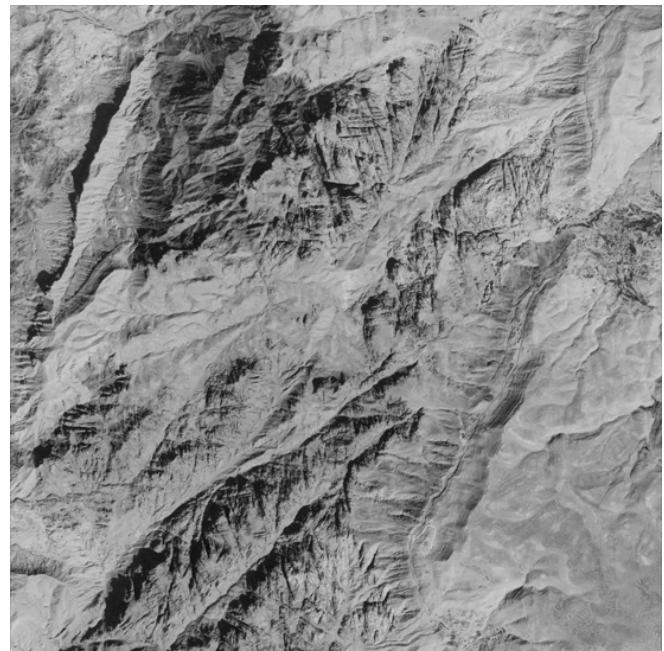
Mittausepävarmuus vaihtelee erilaisilla kohteilla. Oheisen taulukon arvot on laskettu kuvauskorkeudelle 1050 m, jolloin mittakaava on 1:7000 ja kartoitusmittakaava 1:2000. Signaloidut pisteet, jotka kolmioidaan, ovat tarkimmat ja voidaan havaita 0.006 mm keskivirheellä kuvalta, mikä vastaa 4.2 cm keskivirhettä maastossa. Tätä voidaan kutsua tämän kuvauksen perusepävarmuudeksi. Korkeushavainnon epävarmuuden promillekertoisena voidaan signaloiduille pisteille pitää arvoa 0.06, mikä vastaa maastossa 6.3 cm epävarmuutta. Luonnollisten kohteiden kartoitus-

epävarmuus voidaan arvioida lisäämällä signaloidun pisteen epävarmuuteen kyseisen kohteen tulkinnan epävarmuus. Jos esimerkiksi rakennuksen nurkan tulkintaepävarmuus kohteella on 10 cm ja tähän lisätään toiseksi komponentiksi kuvauksen perusepävarmuus 4.2 cm, saadaan havainnon yhteiseksi epävarmuudeksi 10.8 cm.

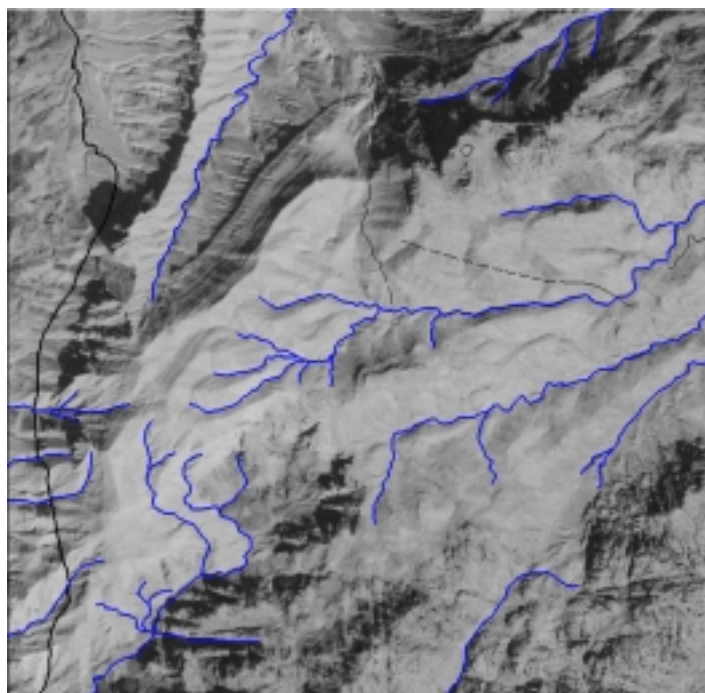
## Ortokartoitus



Ortokartoitus



Korkeusmalli ja sitä vastaava pankromaattinen satelliittikuva. Korkeusmallin ruutukoko on 20 m. Korkeushavaintojen keskivirhe 14 tarkistuspiisteeltä laskettuna keskivirheenä  $\pm 11,7$  m. Korkeusmalli on tehty satelliittikuvaparilta, jonka kuvien erotuskyky on 10 m maastossa. Kuvat on otettu venäläisellä TK-350 kameralla. Oikeanpuoleinen kuva on ortokuva samalta alueelta. Ortokuva on oikaistu KVR-1000 kameralla otetusta kuvasta, jonka erotuskyky on 2 m. (<http://www.sovinformspuutnik.com/cam.html>)



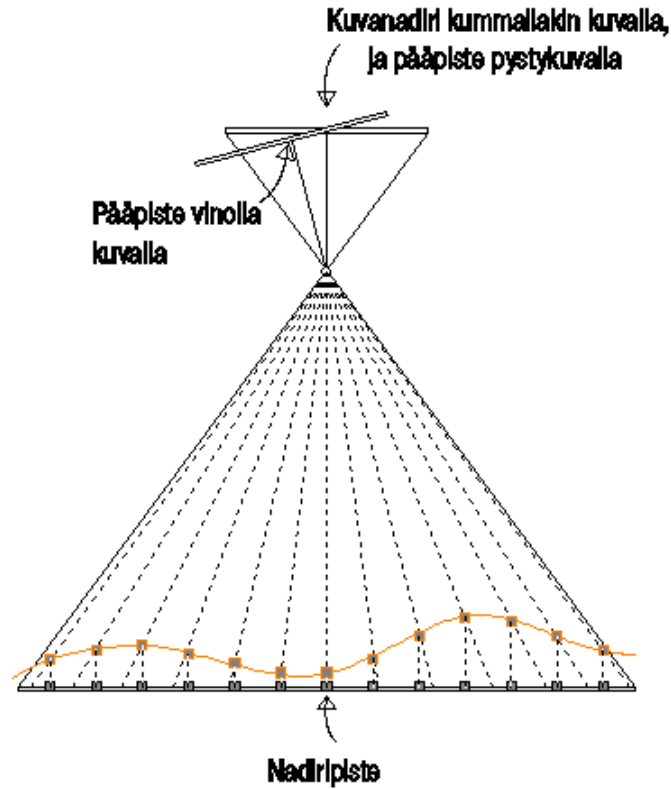
Esimerkki ortokuvan päälle tehdystä karttatulkinnasta. Kohteena on Jabal Haroun Jordanian Petran alueelta. Ortokuva on tuotettu venäläisen kartoitussatelliitin KVR-1000 kuvasta ja korkeusmallina käytetty edellä esitettyä TK-350-mallia. Karttaprojektio on UTM. Ortokuvan pikselikoko on 1,5 metriä ja kuvasivun pituus noin 3 km. Tulkinta on tehty osana TKK:n opintojakson "Maa-57.220 Fotogrammetrinen kartoitus" harjoituksia. Tulkinnan teki Kati Tahvonen syksyllä 2001. ([http://foto.hut.fi/opetus/220/harjoitukset/opaskartta/index\\_map\\_20-000.htm](http://foto.hut.fi/opetus/220/harjoitukset/opaskartta/index_map_20-000.htm))

Camera type	TK-350	KVR-1000
Average shooting height	220 km	220 km
Scale	1:630 000	1:220 000
Covered area	284x189 km	158x40
<i>Mapping accuracy using no ground control</i>		
scale of maps	1:50 000	-
accuracy of planimetric location	20-25 m	
accuracy of height definition	10 m	-
<i>Mapping accuracy using ground control</i>		
scale of maps	1:25 000	1:10 000
accuracy of planimetric location	7-10 m	2-3 m
accuracy of height definition	about 5 m	-

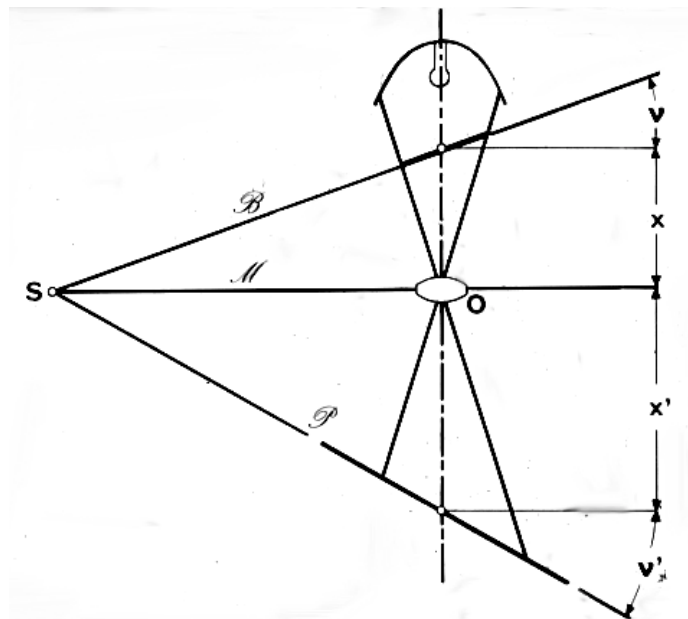
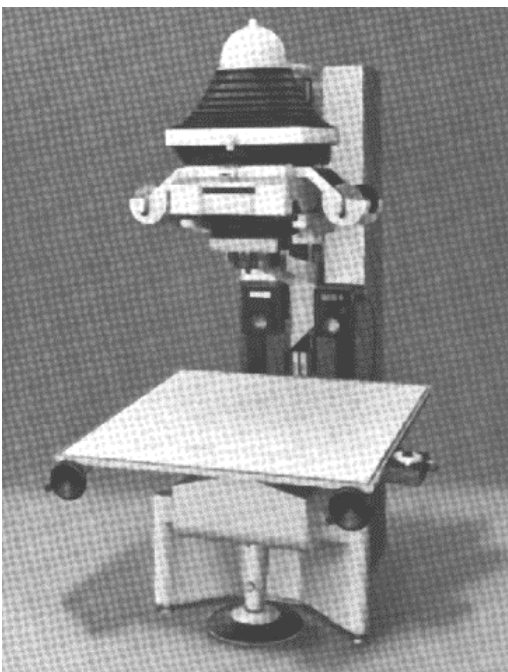
T-350- ja KVR-1000-kuvilta tehdyn kartoituksen tarkkuuslukuja. (Lavrov, 2000)



# Kuvan oikaisu

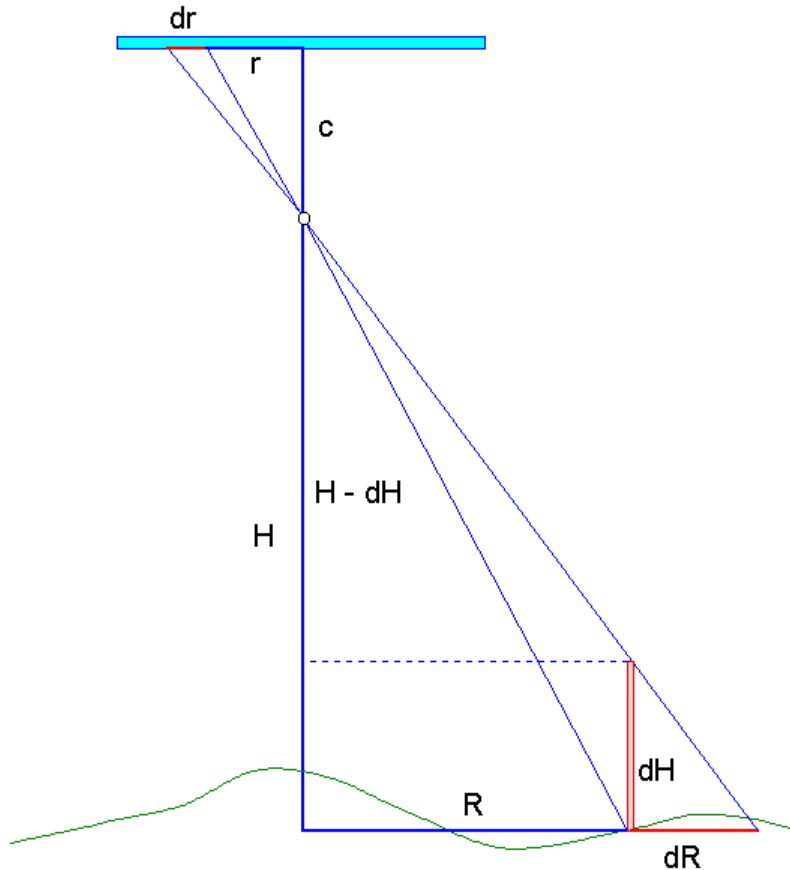


Ilmakuvan sisältö määräytyy projektiokeskuksen perspektiivistä ja rajautuu kuvan kallistuksen ja kuvakulman mukaan. Vaikka ilmakuvauksessa pyritään tarkkaan pystykuvaukseen (**nadirikuvauks**), kamera on kuvaushetkellä aina jossain määrin kallistunut. Stereokuvaparien osalta tällä ei ole merkitystä, koska kuvakallistukset joka tapauksessa huomioidaan orientointien myötä. Yksittäisenkin ilmakeu voidaan oikaista nadiirikuvaksi, kun kuvakallistus ja kuvakulma tunnetaan. Tätä kutsutaan projektiiviseksi oikaisuksi (**projective rectification**). Kuvakulma tunnetaan kameralakiona ja pääpisteenä, kuvakallistus kuvanadirin sijaintina kuvalla. Projektiivisessä oikaisussa kuvan perspektiivi ei muutu.



Oikaisukoje **Zeiss SEG-V**. Ennen stereokartoitusta ilmakuvauksen kartoitussovellukset perustuivat oikaistujen kuvien käyttöön. Kuvat oikaistaan nadirikuviksi joko tunnetuilla kallistuskulmilla tai neljällä tunnetulla pisteellä. Neljän pisteen menetelmässä kartan oikaisupisteet piirretään projektiotasolle ja kuva vedostetaan pöytää kallistamalla tähän projektiioon.

### Maastovirhe



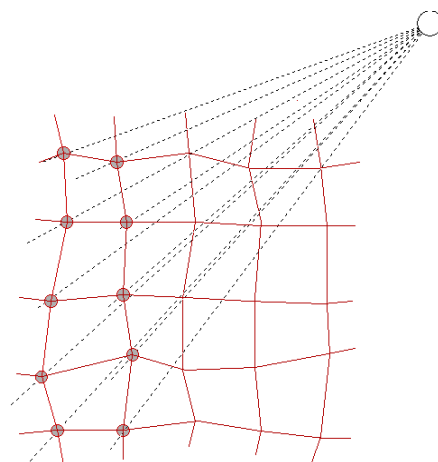
$$\frac{dr}{r} = \frac{dR}{R}$$

$$dr = \frac{dH}{H - dH} \cdot r$$

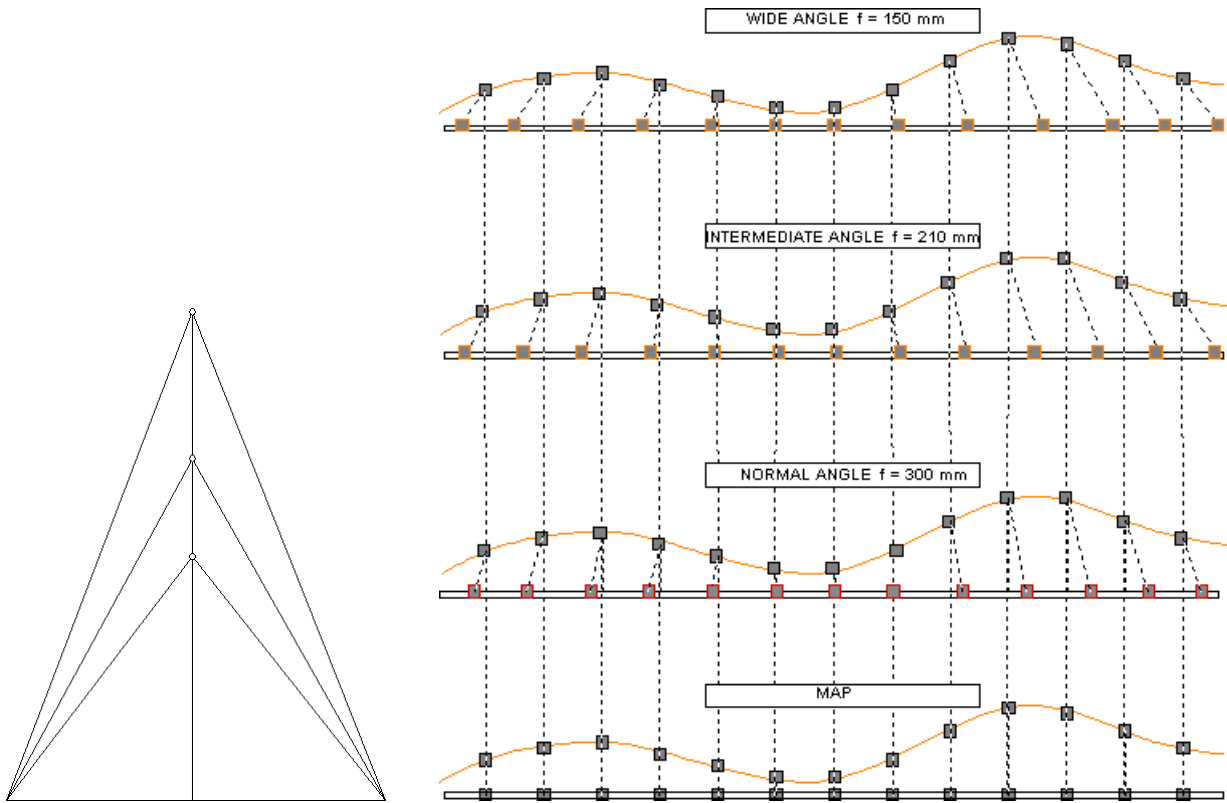
$$dR = \frac{dH}{H - dH} \cdot R$$

$$dH = \frac{dr \cdot H}{r + dr}$$

**Maastovirhe.** Maaston korkeuseroista johtuvaa säteettäissiirtymää **dr** tai **dR** kutsutaan maastovirheeksi. Maastovirhe vaikuttaa aina kuvanadirin suuntaan tai siitä pois päin. Maastovirhettä kutsutaan virheeksi, mutta virhettä aiheutuu ainoastaan siinä tapauksessa, että kuvaa käytetään karttana. Virheen suuruus riippuu kohteen nadirietäisyydestä, **r** tai **R**, sekä siitä, miten paljon tarkasteltavan kohteen korkeus **dH** poikkeaa kuvausetäisyydellä **H** olevasta vertauspinnasta, tässä tapauksessa maan pinnasta.



Säteettäissiirtymän suunta on aina kuvanadiiriin tai siitä pois päin.

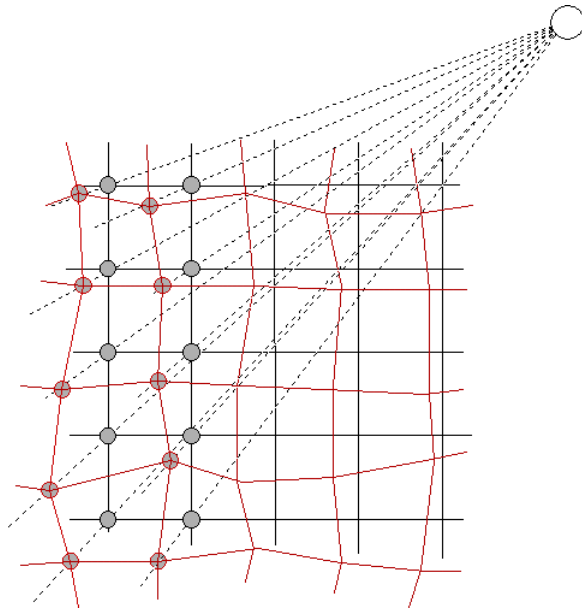


Kartoituskuvauksiin käytettävien ilmakuvakameroiden kuvakoko on 230 mm x 230 mm. Yleisimmin käytetyt kameraoptiikat ovat laajakulmaoptiikka (**wide angle**), jonka polttoväli on  $f = 150$  mm ja välikulmaoptiikka (**intermediate angle**), jonka polttoväli on  $f = 210$  mm. Ortokuvauksiin soveltuu näitäkin paremmin normaalikulmainen optiikka (**normal angle**), jonka polttoväli on  $f = 300$  mm. Normaalikulmakameran kuvissa maastovirhe on koko kuvan alalla puolet siitä, mitä se on laajakulmakameralla otetuissa kuvissa. Metsä- ja kaupunkikuvauksissa tällä on erityistä merkitystä, koska maastossa katveeseen jäävien kohteiden määrä supistuu vastaavasti puoleen.

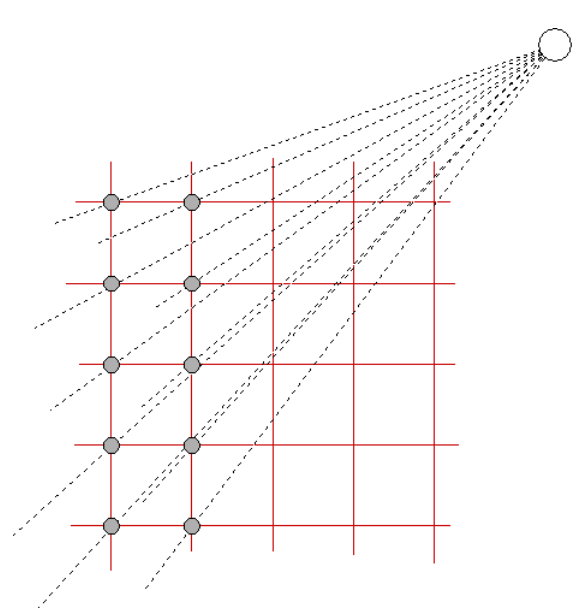
## Ortokuvaus

- Ortokuvaus on valokuvan perspektiivin muuntamista keskusprojektiosta ortogonaaliprojektioon. Vaikka ortokuvat useimmiten mielletään oikaistuiksi ilmakuvakartoiksi, oikaistuja kuvia tuotetaan myös muista, yleensä tasomaisista pinnoista, esimerkkinä rakennusten julkisivut. Ortokuvan etuna karttaan verrattuna on sen tulkitsemattomuus ja alkuperäinen yksityiskohtaisuus.
- Ortokuvaus tehdään oikaisemalla joko ortoprojektorilla suoraan analogisilta kuvilta, siis filminegatiivilta, tai laskemalla digitoidulta kuvalta. Ortoprojektorien käyttö on syrjäytymässä digitaalisen oikaisun myötä.
- Muunnos tehdään mahdollisimman pienin kuva-alkioin (**differentiaali-oikaisu**). Alkiot ovat ortokuvalla karttakoordinaatistossa ja ovat joko neliöitä (= pikseleitä) tai erittäin kapeita suorakaiteita (= ortoprojektorin kaistaleita), jotka sijaitsevat tasavälein kummankin koordinaatin suunnassa.
- Alkioiden geometrinen vastaavuus lasketaan kartalta kohteen pinnalle ja siitä edelleen ilmakuvalle. Ortokuvan pisteiden karttakoordinaatteja vastaavat kuvan pikseleiden keskipisteet tai ortoprojektorin kaistaleiden päätepisteet.
- Digitoinnin pistekokona käytetään yleisesti 0.010 - 0.015 mm, mikä vastaa ilmakuvan erotuskykyä. Ortokuvan pistekoko riippuu sen mittakaavasta ja on yleensä joko 10 cm, 20 cm, 50 tai 1 m.
- Ortokuvaus edellyttää ilmakuvan ulkoisen orientoinnin ja maaston korkeusuhteiden eli korkeusmallin tuntemista.

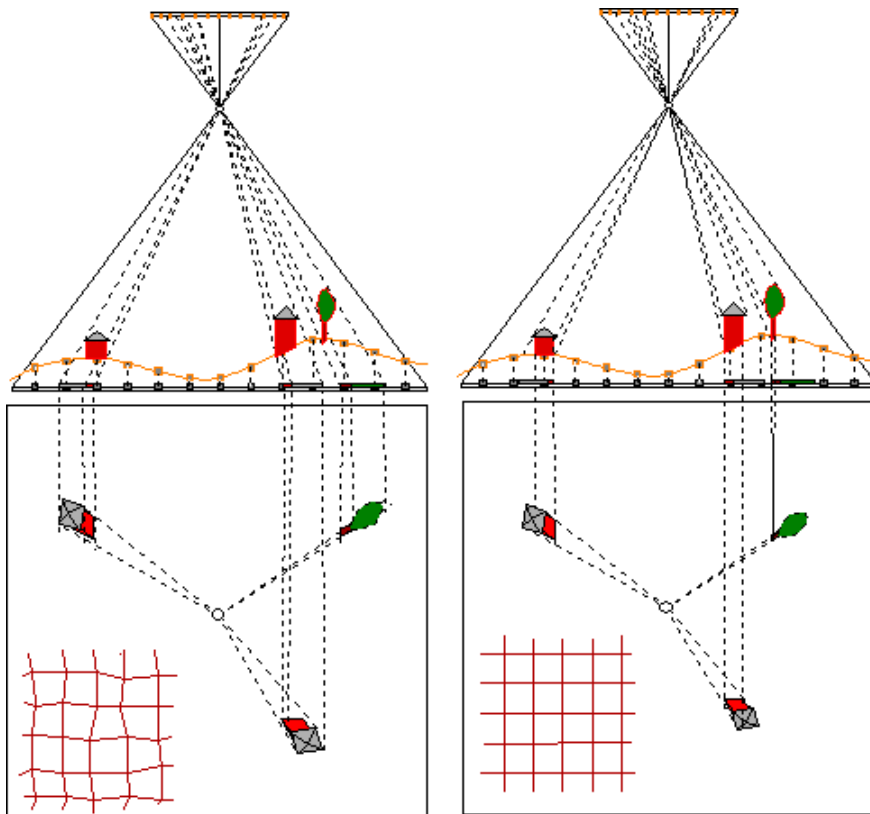
- Ulkoinen orientointi ratkaistaan useimmiten kolmioimalla, koska silloin kuvat liittyvät ortokuvamosaiikissa hyvin toisiinsa.
- Korkeusmallina käytetään joko alueelta aiemmin mitattua korkeusmallia tai se tuotetaan samasta kuvauksesta stereokartoituksena.



Maastovirhe ja maastokoordinaatisto

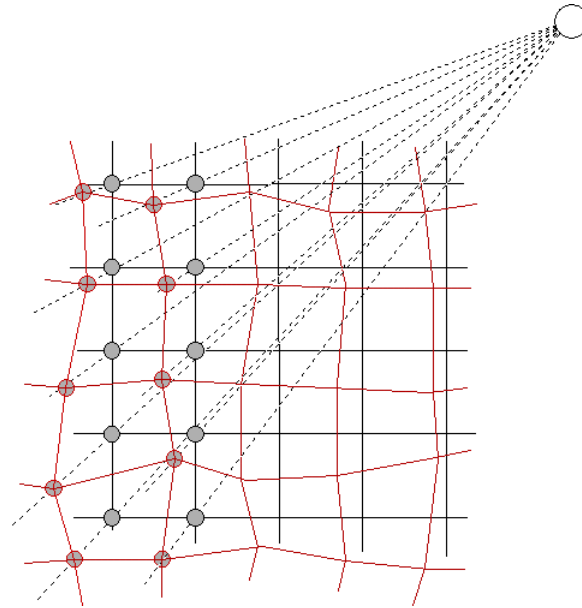


Maastokoordinaatisto ortokuvalla



Ortokuva on karttaprojektiossa esitetty (valo)kuva maastosta. Projektio on yhdensuuntaisprojektio ja se on kohtisuora vaakadatumiin nähden. Maaston jokainen piste esitetään ortokuvalla samassa mittakaavassa ja pisteet on georeferoitu kartan XY-koordinaattijärjestelmässä. Ortokuvaa tulkittaessa päälle tehtävät piirrokset ovat myös tässä karttaprojektiossa. Maaston topografia jokaisessa pisteessä tunnetaan,  $Z = f(XY)$ , ja korkeuden vaikutus kompensoidaan ortokuvaa tuotettaessa.

Orthophoto is a photograph of the terrain and it is presented in map projection. The projection is a parallel projection orthogonal to the horizontal datum. Each point of the terrain is presented on the image with equal scale and will have its georeference to the map XY-coordinate system. When interpreting an orthophoto, the overlaid drawings will be on the map projection as well. The topography of the terrain is known by each point,  $Z = f(XY)$ , and will be compensated while producing the orthophoto.



Ortokuva oikaistaan pikseli kerrallaan. Orto-oikaisu tapahtuu mittakaavaa muuttamalla nadiirisuorien suunnassa (perspektiivinen oikaisu). Jokaisen pisteen originaalimittakaava ( $xy$ ) lasketaan tuntien niiden  $XYZ$ -koordinaatit. Näiden mittakaava-arvojen perusteella pisteiden nadiirietäisyyttä joko kasvatetaan tai pienennetään. (*Katrin tarkistamaton käännös*)

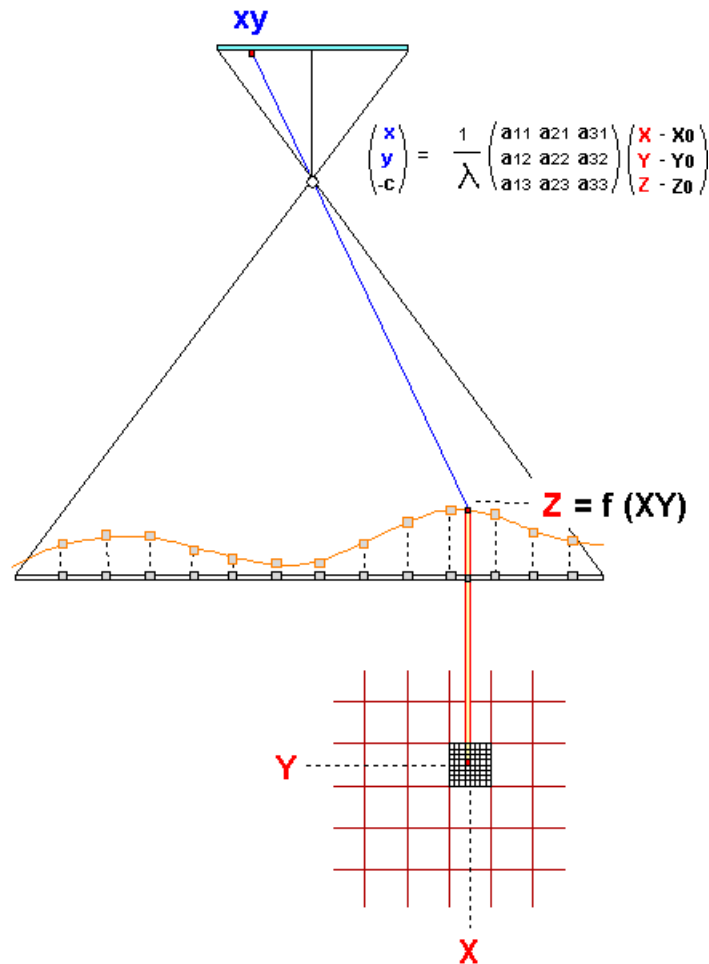
The orthophoto is rectified pixel by pixel. The orthorectification is produced by scaling along nadir lines (**perspective rectification**). The original scale of each image point ( $xy$ ) is calculated known their  $XYZ$ -coordinates. According to these scale values the nadir distances of the points are either increased or decreased. (*Originaaliteksti täällä kohtaa*)



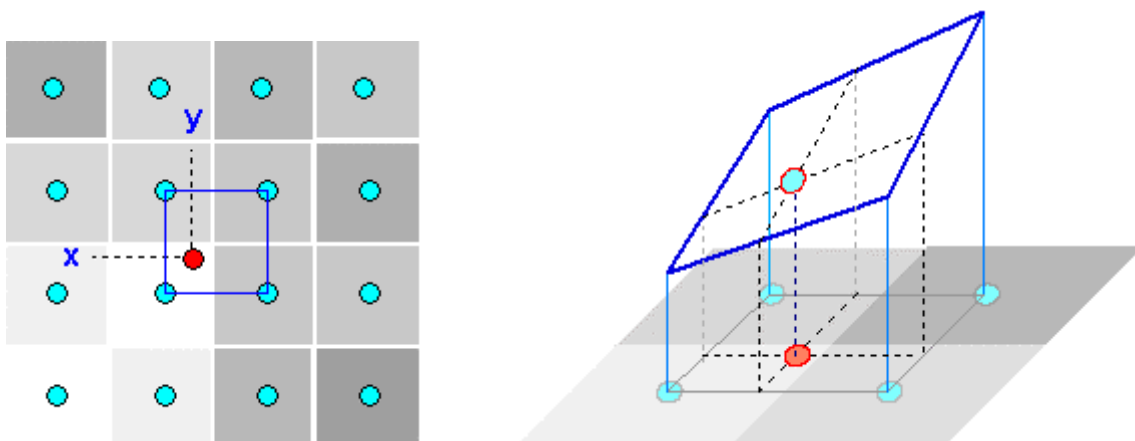
Ortokuvat (500x500 pikseliä ja pikselin koko 0,5 m maastossa) alkuperäisen kuvan keskeltä ja kulmasta. Ortokuva on tuotettu maanpinnan maastomallin mukaan. Rakennusten perustukset kuvautuvat oikein kun taas rakennusten katot kuvautuvat liian suuressa mittakaavassa. Oikean puoleisen ortokuvan käyttö on ongelmallista. Mikäli käytettävissä olisi sisäisen ja ulkoisen orientoinnin tiedot, voitaisiin rakennukset oikeista edelleen. Kuitenkaan alkuperäisellä kuvalla

rakennusten peittoon jääviä maanpinnan kohtia ei pystytä palauttamaan. (© [MIT Digital Orthophoto Browser](#)) (Katrín käännös, tarkistamaton))

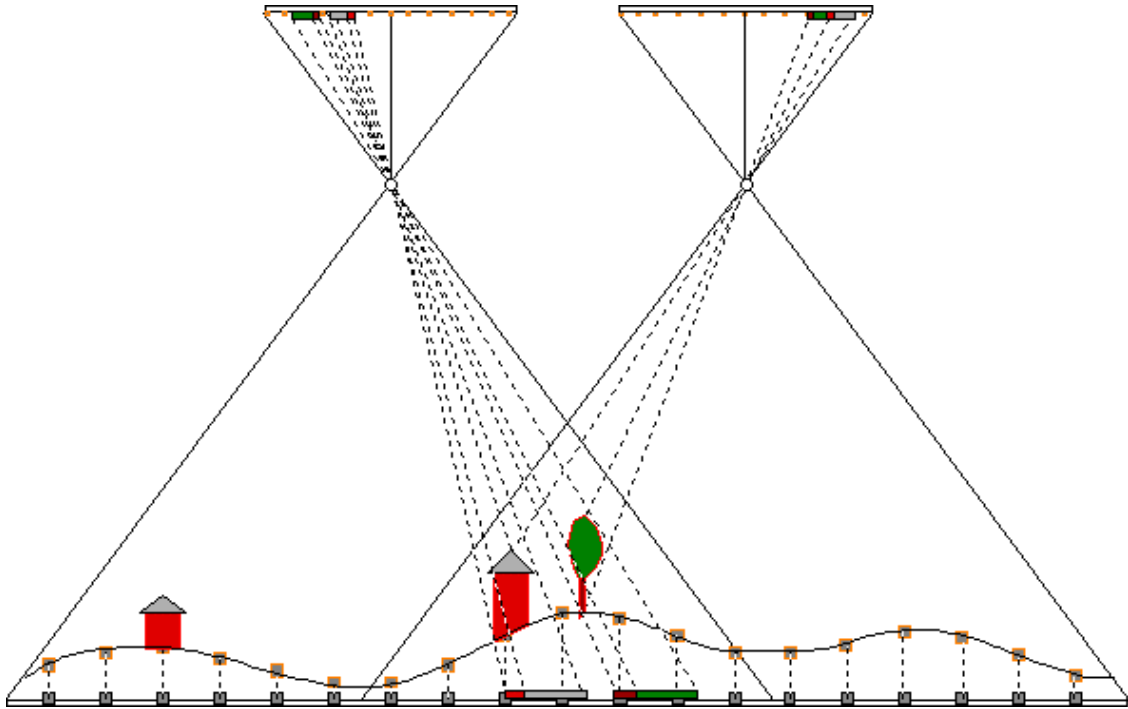
Orthophoto of 500 x 500 pixels with 0,5 m pixel size, from the center of the original image, and from the corner. Orthophoto has been produced according to the terrain surface. The basements of the buildings will project correctly, whereas the roofs are projected still with too large a scale. The use of the orthophoto on the right side will be troublesome. In case the interior and exterior orientation data are available, the buildings can be further rectified. However, the terrain of the occluded parts cannot be recovered. (© [MIT Digital Orthophoto Browser](#)) (Originaaliteksti tällä kohtaa)



Digitaalisen ortokuvan näytteenotto. Ortokuva tuotetaan pisteittäin karttaprojektioon  $XY$  ja kunkin pisteen sävyarvot kerätään ilmakuvalta. Koska ilmakuva esittää maastoa keskusprojektiossa, pisteen korkeus  $Z$  on ensin laskettava maastomallilta. Tämän jälkeen lasketaan pisteen kuvakoordinaatit  $xy$  kuvan orientointitietojen mukaan.

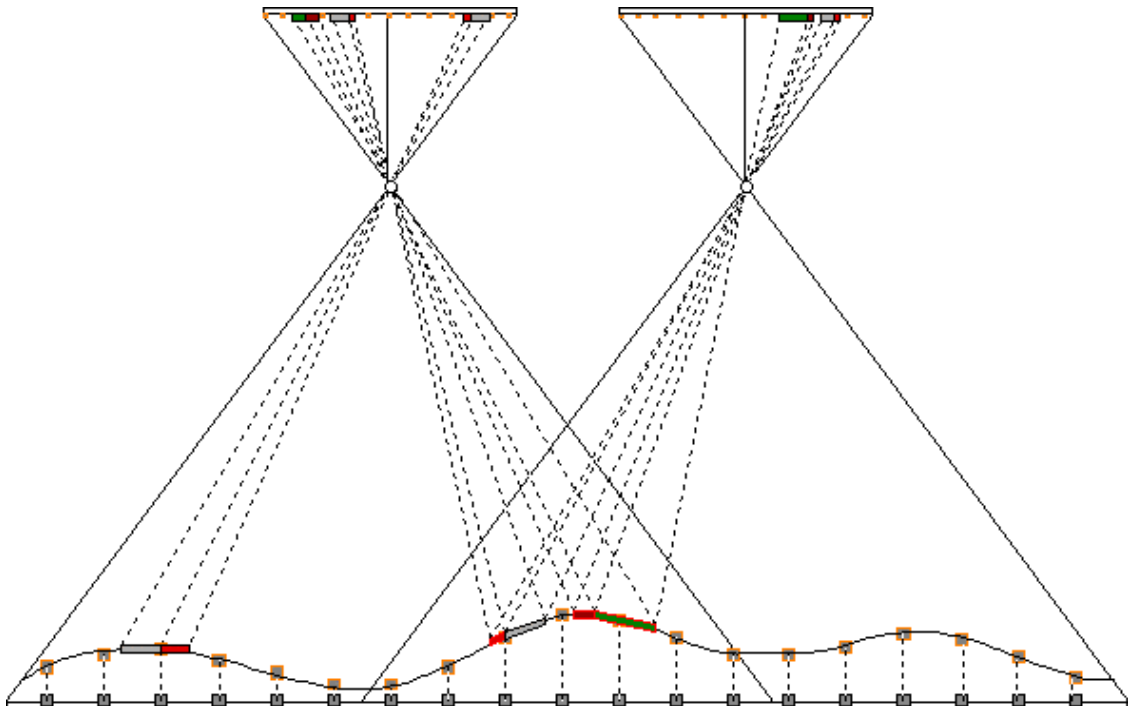


Ilmakuva digitoidaan kuvakoordinaatistossa eivätkä digitointipisteet sellaisenaan vastaa ortokuvan pisteitä. Ortokuvan sävyarvoksi voidaan ottaa lähimmän pikselin sävyarvo, mutta yleensä se lasketaan interpoloimalla useammista lähipisteistä. Bilinearisessa interpoloinnissa sävyarvo lasketaan neljän pisteen naapurustosta.



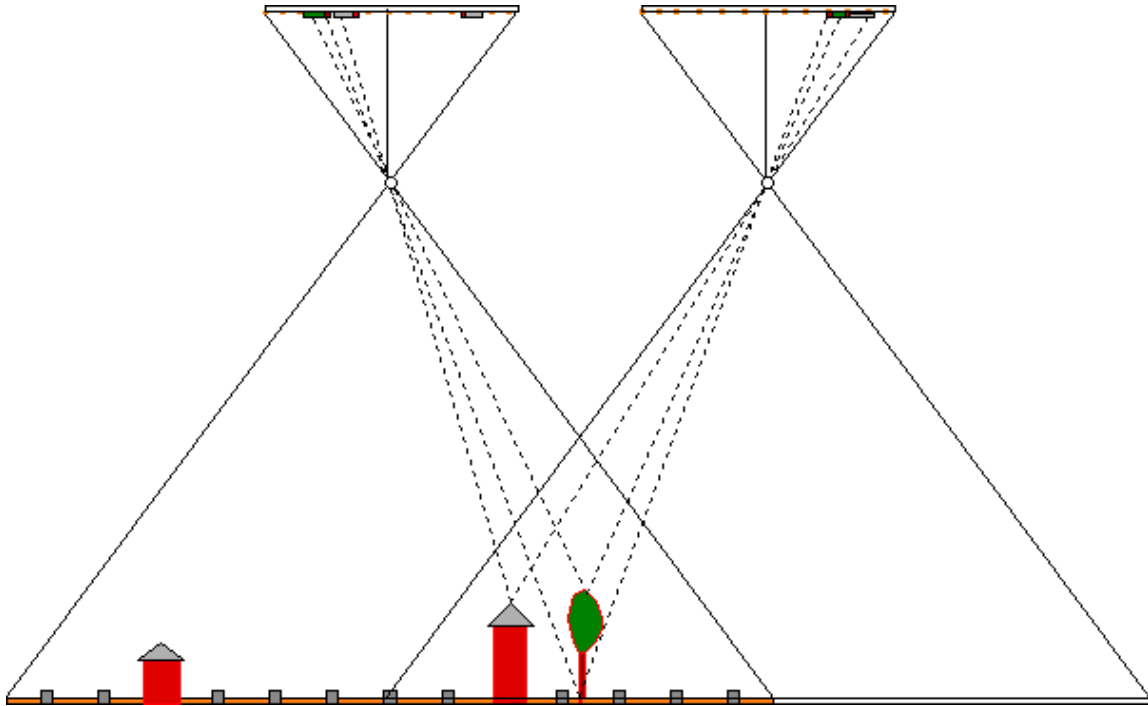
**Kahden nadiirikuvan stereotulkinnassa** kolmiulotteinen geometria saadaan palautettua oikein. Yksittäisellä kuvalla tehty tulkinta on kuitenkin kuvien alkuperäisessä keskusprojektiossa ja on seuraavaksi oikaistava kartan koordinaattijärjestelmään. (*Katrin tarkistamaton käännös*)

In **stereo interpretation of two nadir photographs**, the three-dimensional geometry is recovered correctly. However, the overlaid interpretation remains in the central perspective of the original images and should be subsequently rectified to the map coordinate system. (*Originaaliteksti tällä kohtaa*)



Mikäli ortokuvasta tuotetaan “synteettinen stereopari”, niin näkymä on muuten “litteä”, mutta noudattaa synteettisen stereoparin tuottamisessa käytettyä maastomallia. (*Katrin käännös*)

In case a stereo mate is produced from the same image as the orthophoto, the stereoscopic view will appear flat. (*originaaliteksti*)



Mikäli stereopari muodostetaan orto-oikaisemalla originaalit kuvat (stereopari), niin maasto näkyy tällöin litteänä, mutta maaston pinnasta eroavat kohteet näkyvät stereona. Kaikki topografisen pintamallin virheet erottuvat samoin poikkeamina tasaisesta maastosta. Tätä ”residuaali-maastomallia” voidaan käyttää edelleen maastomallimallin jatko-oikaisuun, mikäli oirientointitiedot ovat olemassa. (*Katrin tarkistamaton käännös*)

In case the stereo pair is produced by orthorectifying both original images, the terrain will appear flat but the objects apart from the terrain surface will appear stereoscopically. All errors in the topographic surface model will appear similarly apart from the flat terrain. This residual terrain model can be used for further rectification of the terrain model, if the orientation data are available. (*originaaliteksti*)

## Linkkejä

- Espoon kaupungin karttapalvelin <http://kartat.espoo.fi/>, valitse ortokuva-kohta karttatasoista
- Vantaan kaupungin mittausosasto <http://www.vantaa.fi/mio/>, löytyy sekä viistoilmakuvia, että ortokuvia "löydä paikkoja" -kohdasta

## Viitteitä

- *Viktor N. Lavrov, 2000. Space survey photcameras for cartographic applications, ISPRS, Amsterdam, 2000.*