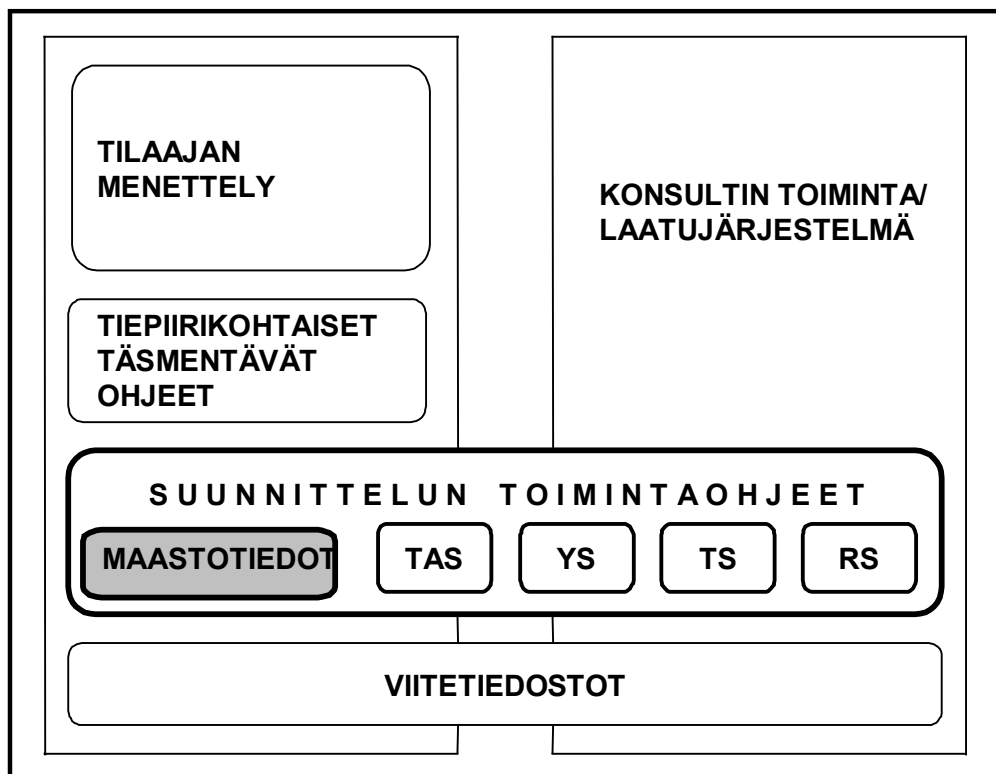


Tiesuunnittelun laatujärjestelmä

## Maastotietojen hankinta

### Toimintaohjeet



**Tiensusunnittelun laatujärjestelmä**

# **Maastotiedot**

**Toimintaohjeet**

**15.02.2002**

TIEHALLINTO

Helsinki 2002

TIEHALLINTO  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 22 11

## ALKUSANAT

Maastotietoja tarvitaan tiesuunnittelun eri vaiheissa. Maastotiedon tarve ja tarkkuusvaatimukset lisääntyvät suunnitteluvaiheiden tarkentuessa.

Maastotietoja tarvitaan tien vaaka- ja pystygeometrian sekä rakenneratkaisujen suunnittelemista varten.

Maastotiedot on tässä toimintaohjeen osassa ryhmitelty mittaustietoihin ja maaperätietoihin. Mittaustiedot kerätään pääosin ennen varsinaisen suunnitteluvaiheen aloittamista, mutta maaperätietoja täydennetään yleisesti myös suunnittelun kuluessa.

Tämä toimintaohjeen osa pyrkii selkeyttämään maastotietojen hankkimista eri suunnitteluvaiheissa. Ennen kaikkea pyritään siihen, että hankkeella jokin suunnitteluvaihetta varten kerätyt maastotiedot ovat laadullisesti kelpollisia myös seuraaviin suunnitteluvaiheisiin ja rakentamisvaiheeseen. Näin vältetään moninkertainen maastotietojen keruu.

Toimintaohje mahdollistaa maastotietojen hankkimisen joko erillisenä toimeksiantona ennen suunnittelun aloittamista tai suunnitteluun sisältyvänä työnä.

Ohjeessa lähtökohtana ovat maastotietoihin kuuluvat tuotteet ja niiden laatuvaatimukset. Tuotteiden valmistamiseen käytettäviä menetelmiä ei syvällisesti käsitellä ohjeessa, vaan niiden osalta tuottajat sisällyttävät tarvittavat työtapakuvaukset omiin toiminta- ja laatujärjestelmiinsä.

Toimintaohjeiden laatimista on ohjannut työryhmä, johon ovat kuuluneet:

<i>Matti K. Hämäläinen</i>	Keskushallinto, puheenjohtaja
<i>Hannu Korhonen</i>	Savo-Karjalan tiepiiri
<i>Vesa Matturi</i>	Oulun tiepiiri
<i>Seija Kotilainen</i>	Maanmittauslaitos

Toimintaohjeet on laadittu Tieliikelaitoksen Konsultoinnissa, jossa työhön ovat osallistuneet:

<i>Pertti Moilanen</i>	Työn ohjaus ja koordinointi
<i>Tauno Suominen</i>	Runkopisteistöt, Kiinteistötiedot, Pohjakartat, Maastomallit, Ilmakuvamosaiikit
<i>Mikko Smura</i>	Pohjatutkimukset
<i>Seppo Roos</i>	Laboratoriotutkimukset

## SISÄLTÖ

<b>MT 00</b>	<b>MAASTOTIETOJEN HANKINTA</b>	<b>5</b>
	PÄÄMÄÄRÄT	5
	LAADUNVARMISTUS	5
	TIEDOTTAMINEN	6
<b>MT 10</b>	<b>MITTAUSTIEDOT</b>	<b>7</b>
MT 11	RUNKOPISTEISTÖ	7
MT 12	KIINTEISTÖTIEDOT	11
MT 13	POHJAKARTAT	14
MT 14	MAASTOMALLIT	18
MT 15	ILMAKUVAMOSAIKIT	22
<b>MT 20</b>	<b>MAAPERÄTIEDOT</b>	<b>26</b>
MT 21	POHJATUTKIMUKSET	26
MT 22	LABORATORIOTUTKIMUKSET	34
<b>LIITE 1</b>	<b>TOIMINTAOHJEESEEN SISÄLTYVIÄ KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ, MITTAUSTIEDOT</b>	<b>39</b>
<b>LIITE 2</b>	<b>TOIMINTAOHJEESEEN SISÄLTYVIÄ KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ, MAAPERÄTIEDOT</b>	<b>43</b>

## MT 00 MAASTOTIETOJEN HANKINTA

### PÄÄMÄÄRÄT

Hyvät ja ajan tasalla olevat maastotiedot ovat edellytys hyvän suunnitelman tekemiselle. Maastotiedoissa olevat virheet aiheuttavat virheellisiä suunnitteluratkaisuja, jotka taas aiheuttavat ongelmia hankkeen toteutusvaiheessa.

Hankkeiden toteutusaikataulut ovat viime vuosina lyhentyneet merkittävästi. Tämä on aiheuttanut painetta myös suunnittelu-aikatauluihin. Suunnittelu-aikataulun kiristäminen edellyttää, että maastotiedot ovat valmiina suunnittelun alkaessa.

Suunnittelun sujuvan etenemisen kannalta on tärkeää, että eri suunnitteluvaiheissa tapahtuva maastotietojen hankinta on koordinoitua. Samojen tietojen kerääminen useampaan kertaan eri suunnitteluvaiheissa on resurssien ja ajan tuhlausta.

Tämä toimintaohje käsittelee suunnittelussa tarvittavia mittaus- ja maaperätietoja. Tämän lisäksi suunnittelussa tarvitaan paljon muuta lähtötietoa, esimerkiksi ympäristötietoja ja liikennetietoja. Näiden hankinta on käsitelty Tiensuunnittelun laatujärjestelmän eri suunnitteluvaiheita koskevissa osissa.

Tämä toimintaohje käsittelee maastotietojen hankintaa yleissuunnitelma- ja tiesuunnitelmavaiheissa. Myöskin nk. rakenteen parantamishankkeissa täytyy selvittää ainakin kiinteistötiedot. Tämä on erityisen tärkeää, jos on pelättävissä, että tiealue laajenee. Vaikka pysyttäisiin entisellä tiealueella, on tässäkin tapauksessa syytä varmistaa kiinteistörajojen sijainti.

### LAADUNVARMISTUS

Maastotietojen osalta laadunvarmistus perustuu siihen, että työn alussa määritellään eri tuotteille oikeat laatuvaatimukset. Laatuvaatimusten perusteella maastotietojen tuottajat tekevät suunnitelmat menetelmistä, joilla vaadittava laatutaso saavutetaan. Standardimenetelmien osalta menettelyt voidaan kuvata myös tiedon tuottajien toiminta- ja laatujärjestelmissä.

Suunnitelman mukaisella menetelmällä saavutetun laatutason dokumentointi on oleellinen osa laadunvarmistusta. Tässä toimintaohjeessa on maastotietoihin sisältyvien tuotteiden osalta määritelty laadunvarmistuksessa tarvittava dokumentaatio.

Laadunvarmistus on määritelty tuotekohtaisesti, jolloin se sallii tuottajan käyttää erilaisia tiedonkeruutekniikoita. On mahdollista käyttää jopa täysin uusia menetelmiä.

Suunnittelussa käytetään tänä päivänä runsaasti numeerisia maastotietoja. Tiedon muotoon ja sisältöön liittyvät kysymykset ovat tärkeitä ja monesti hankalia, koska suunnittelussa käytetään erilaisia ohjelmistoja. Tässä toimintaohjeessa on jokaisen tuotteen kohdalla käsitelty numeeristen aineistojen käyttöön liittyvät kysymykset. Tällä varmistetaan se, että suunnittelun aikana ei tule yllätyksiä aineistojen käytössä.

Maastotietojen laadunvarmistuksessa on mahdollista käyttää myös yleisten laadunvarmistus-standardien mukaista näytteenottoon perustuvaa tarkas-

tusta. Tämä tarkastus voidaan joko sisällyttää urakkaan tai se voidaan tilata erillisenä työnä kolmannelta osapuolelta. Laaduntarkastus on erityisen tärkeä käytettäessä uusia, kokemattomia tekijöitä, tai uusia, ennen käyttämättömiä menetelmiä. Vakiintuneiden toimittajien ja standardimenetelmien osalta laaduntarkastusta voidaan soveltaa seurantatarkoituksessa.

## **TIEDOTTAMINEN**

Maastotutkimusten aloittamisesta tiedotetaan maanomistajille ja lähiseudun asukkaille. Tiedottamisesta vastaa hankkeen projektipäällikkö. Tehtaessa maastotöitä maastotyöntekijöillä on mukanaan tiedote, joka annetaan työstä kiinnostuneille, jos he tulevat keskustelemaan tehtävistä töistä. Tiedotteen laatimisesta vastaa maastotyön projektipäällikkö ja hyväksyy tilaaja.

Tiedotteessa esitetään seuraavat tiedot:

1. Mitä töitä tehdään
2. Mihin projektiin ko. työt liittyvät
3. Millä oikeudella ko. töitä tehdään
4. Mistä korvauksia mahdollisesti aiheutetuista vahingoista voi hakea
5. Ketkä ovat projektin vastuuhenkilöt ja heidän yhteystiedot
6. Sisältää kopion tehdystä maastotyö kuulutuksesta

## MT 10 MITTAUSTIEDOT

## MT 11 RUNKOPISTEISTÖ

### YLEISTÄ

Runkopisteistö on keskeinen osa tienseunnittelun mittaustietoa. Runkomittauksen avulla hankkeelle muodostetaan koordinaatisto ja se sidotaan valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään.

Runkopisteistö on lopullisessa muodossaan tiesuunnitelmavaiheessa. Tiesuunnitelmavaiheen pisteistöä käytetään rakentamisvaiheen peruspisteistönä. Runkopisteistöä tarvitaan laserkeilauksen, fotogrammetrisen mittauksen ja maastomittausten tukipisteiksi. Suunnitteluvaiheen runkopisteistö muodostaa myös tien rakentamisvaiheen peruspisteistön ja/tai tihennyspisteistön. Tiehankkeen runkopisteistö on aina kolmiulotteinen, jolloin kaikilla pisteillä on myös hankkeen korkeusjärjestelmän mukainen korkeus.

Yleissuunnitelmavaiheessa tehdään runkomittauksia mahdollisen kartoituksen tukipisteiksi sekä yleissuunnitteluvaiheen pohjatutkimusten paikalleenmittaukseen. Runkomittaukset suoritetaan niin, että pisteet tarkkuutensa puolesta riittävät tiesuunnitelmavaiheen käyttöön ja myös rakentamisvaiheen peruspisteiksi. Näin vältetään kaksinkertainen työ ja varmistetaan eri suunnitteluvaiheiden tapahtuminen samassa koordinaattijärjestelmässä.

Tarveselvitysvaiheessa ei tehdä hankekohtaisia runkomittauksia.

### TEHTÄVÄT

Tienseunnitteluhankkeella onnistutaan harvoin muodostamaan kaikkiin suunnitteluvaiheisiin ja jopa rakentamiseen riittävää runkopisteistöä yhdellä kerralla, vaan pisteistöä joudutaan vaiheittain täydentämään. Tärkeätä on, että kussakin vaiheessa tiedetään selkeästi lähtötilanne ja se, mihin tarkoitukseen runkopisteistöä kussakin vaiheessa ollaan muodostamassa.

Runkopisteistö muodostetaan runkomittauksella, joka sisältää seuraavat työvaiheet dokumentointineen:

1. Lähtötilanteen selvitys
2. Runkomittaussuunnitelma
3. Runkopisteiden rakentaminen maastoon
4. Mittaus
5. Laskenta

### LÄHTÖTILANTEEN SELVITYS

Ennen runkomittauksen aloittamista selvitetään hankkeella käytettäväksi suunniteltu koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä, mittauksen lähtöpisteet sekä uusien runkopisteiden käyttötarkoitus.

Koordinaattijärjestelmän valintaan vaikuttavat hankkeen alueella käytössä olevat koordinaattijärjestelmät sekä mahdollisissa aiemmissa suunnitteluvaiheissa käytetty järjestelmä. Koordinaattijärjestelmän valinnan yhteydessä



on suunniteltava tarvittavat koordinaattimuunnokset alueella olevista muista koordinaattijärjestelmistä.

Lähtöpisteiden valinnan osalta huolehditaan, että runkopisteistö muodostuu hierarkkisesti oikein lähtien valtakunnallisista runkopisteistä. Eri runkopiste-luokkia ei saa sekoittaa keskenään mittauksissa. Hankkeelle tehtävän ensimmäisen runkomittauksen yhteydessä on syytä muodostaa riittävä peruspisteistö hankkeella tehtäviä myöhempiä runkomittauksia varten.

Runkopisteistön käyttötarkoitus selvitetään huolellisesti ennen mittauksen aloittamista. Pisteiden käyttötarkoitus määrittää niiltä vaadittavan tarkkuuden ja rakenteellisen pysyvyyden. Erityisen tärkeää on selvittää, mitkä pisteistä tulevat toimimaan rakentamisvaiheen peruspisteinä ja/tai tihennyspisteinä.

### RUNKOMITTAUSSUUNNITELMA

Runkomittaus suunnitelma esitetään sopivan mittakaavaisella pohjakartalla (1:50 000 – 1:10 000). Suunnitelmasta tulee selvitä mittauksen lähtöpisteet, uusien pisteiden sijainti ja käyttötarkoitus sekä mittauksen suoritus.

Käyttötarkoituksen perusteella tulee erotella ainakin laserkeilauksen tai fotogrammetrisen mittauksen tukipisteet, maastomittausten lähtöpisteet sekä pisteet, jotka on suunniteltu toimimaan jatkossa rakentamisen peruspisteinä ja/tai tihennyspisteinä.

Mahdollisten hankkeen alueella olevien paikallisten koordinaattijärjestelmien hallitsemiseksi tarvittavien muunnosten vaatimat mittaukset on syytä ottaa huomioon runkomittaus suunnitelmassa. Suunnitelmasta pitää tällöin selvitä muunnoksissa käytettävät pisteet ja niiden liittäminen hankkeen runkomittaukseen.

Runkomittauksessa käytettävä mittausmenetelmä, mittauskalusto ja mittaushavaintojen määrä tulee suunnitella niin, että runkopisteiden käyttötarkoituksen mukainen tarkkuusvaatimus on mahdollista toteuttaa. Käytettäväksi suunnitellut uudet mittausmenetelmät, joista ei löydy dokumentoitua tarkkuustietoa, täytyy järjestelmäkäläbroida.

Mittausmenetelmän, kaluston ja mittaushavaintojen suunnittelun yhteydessä määritellään myös koordinaattien laskentamenetelmä ja laskentaohjelmisto. Laskentamenetelmän tulee yhdessä mittaushavaintojen kanssa mahdollistaa pisteiden käyttötarkoituksen mukainen tarkkuus. Laskentaohjelmasta pitää voida tulostaa riittävät dokumentit saavutetun tarkkuuden arvioimiseksi.

### RUNKOPISTEIDEN RAKENTAMINEN MAASTOON

Runkopisteiden rakentaminen suoritetaan runkomittaus suunnitelman mukaisesti. Olennaiset poikkeamat suunnitelmasta dokumentoidaan.

Rakentamisessa kiinnitetään erityistä huomiota pisteiden käyttötarkoituksen edellyttämään pysyvyyteen sekä pisteiltä vaadittaviin näkyvyyksiin. Rakentamisvaiheen peruspisteiden pitää olla rakenteeltaan kaikkein pysyvimpiä. Pisteiltä vaadittavat näkyvydet määräytyvät käyttötarkoituksen perusteella. Takymetrimittauksen lähtöpisteiltä pitää olla näkyvyys naapuripisteille. Fo-

togrammetrisen kartoituksen tukipisteiltä ja satelliittimittauksen lähtöpisteiltä pitää olla näkyvyys ylöspäin.

Runkopisteiden varustamisesta merkkipaaluilla ja pistekorttien teosta sovi-  
taan pisteiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Kaikille pisteille ei ole syytä  
tehdä merkkipaaluja eikä pistekortteja, vaan ainoastaan niille, joita tullaan  
hankkeen aikana säännöllisesti käyttämään. Tilapäisiksi tarkoitettuja pisteitä  
ei varusteta merkkipaaluilla. Tällaisia pisteitä ovat esimerkiksi fotogrammet-  
risen mittauksen tukipisteet.

## MITTAUS

Runkomittaus suoritetaan runkomittaussuunnitelman mukaisesti. Poik-  
keamat dokumentoidaan. Mittauksessa saa käyttää vain yksilöityä kalustoa,  
jonka kalibroinnit on suoritettu.

Mittaushavaintojen tilastollinen tarkastelu mittauksen hajonnan määrittämi-  
seksi on oleellinen osa runkomittauksen laadunvalvontaa. Tämän vuoksi  
mittaushavainnot on syytä tallettaa jälkilaskentaa varten.

Mikäli pisteistön käyttötarkoitus sallii suoraan maastossa suoritettavan  
koordinaattien määrittämisen, tehdään havaintojen hajonnan määrittäminen  
kentäl-  
lä. Tästä on tallennettava dokumentti laadunvarmistusta varten.

## LASKENTA

Runkomittauksen laskenta tehdään runkomittaussuunnitelmassa määritel-  
lyllä menetelmällä ja ohjelmistolla. Mittaushavainnoista lasketaan hajonnat  
mittauksen tarkkuuden arvioimiseksi. Mittauksen sisäistä tarkkuutta kont-  
rolloidaan määrittämällä mittauksen sulkuvirheet.

Runkomittauksen ulkoinen tarkkuus, eli liittyminen lähtöpisteisiin, määrite-  
tään sulkuvirheiden tai jäännösvirheiden avulla. Sulkuvirheiden tai lähtöpis-  
teiden jäännösvirheiden avulla määritetään mittauksella saavutettu tark-  
kuus. Sulku- tai jäännösvirheiden tasoitustapa ratkaistaan pisteistön käyt-  
tötarkoituksen mukaisesti.

## LAADUNVARMISTUS

### LAATUTAVOITTEET

Runkopisteistön laadunvarmistus perustuu oikeaan lähtötilanteen ja runko-  
pisteistön käyttötarkoituksen määrittelyyn. Käyttötarkoituksen perusteella  
määrittyvät pisteistön tarkkuus- ja pysyvyysvaatimukset. Tiukimmat vaati-  
mukset ovat pisteistöllä, joka siirtyy rakentamisvaiheen peruspisteistöksi.  
Runkopisteistön laatuvaatimukset löytyvät viitetiedoista.

### LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

Laatutavoitteiden pohjalta tehdään runkomittaussuunnitelma. Siitä selviävät  
kootusti kaikki olennaiset runkopisteistön laatuun vaikuttavat tekijät. Tilaaja  
tarkastaa ja hyväksyy runkomittaussuunnitelman.

Suunnitelman toteuttamista seurataan laatu- ja poikkeamaraporttien avulla.  
Runkomittauksen laskentatulosteista todetaan saavutettu tarkkuus.

## LAADUN DOKUMENTOINTI

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat seuraavat:

- Kirjatut laatuvaatimukset runkopisteille
- Runkomittaussuunnitelma
- Laatu- ja poikkeamaraportit

## TULOKSET

Runkomittauksen tuloksena syntyy maastoon rakennettu runkopisteistö. Näille pisteille saadaan laskennan tuloksena koordinaatit suunnitteluhankkeen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä.

Pysyväksi tarkoitetut pisteet varustetaan lisäksi merkkipaaluilla ja niistä tehdään pistekortit.

Pisteiden koordinaatit ja pistekortit ovat numeerisessa muodossa, mutta tarvittaessa ne tulostetaan myös paperille.

## DOKUMENTOINTI

Runkomittauksesta dokumentoidaan seuraavat asiat:

- Tulokset
- Runkomittaussuunnitelma paperilla
- Poikkeamaraportit paperilla
- Mittaushavainnot numeerisena
- Laskentatulokset numeerisena
- Keskeiset laskentatulokset paperilla

## VIITTEITÄ

Karttojen ja maastomallien tekoa koskevat ohjeet:

Rakentamisvaiheeseen siirtyvien pisteiden osalta Tielaitoksen julkaisu TIEL 2212454-93, Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, yleiset perusteet.

## MT 12 KIINTEISTÖTIEDOT

### YLEISTÄ

Kiinteistötiedot ovat lakisääteinen osa tiesuunnitelman maastotietoa. Ne tarvitaan tiealueen lunastamiseksi.

Tiesuunnitelmavaiheessa tarvitaan sijaintitarkat rajatiedot siltä alueelta, mikä tulee lunastettavaksi tiealueeksi. Tällöin myöskin epäselvät rajat käydään tai selvitetään maastossa ja rajamerkkien paikat määritetään suunnitteluhankkeen koordinaatistossa. Tarkkojen rajatietojen perusteella voidaan lunastettava tiealue määrittellä lopulliseen paikkaansa jo suunnitteluvaiheessa. Myöskin rakenteen parantamishankkeissa selvitetään kiinteistötiedot, jotta voidaan varmistua pysymisestä tiealueella.

Kiinteistö- ja omistajatiedoilla on merkitystä myös suunnitteluhankkeen aikana tapahtuvan vuoropuhelun kannalta. Tämän vuoksi tiedot kiinteistöjaotuksesta hankitaan käyttöön jo yleissuunnitteluvaiheessa. Yleissuunnitteluvaiheessa ei tarvita vielä sijaintitarkkoja kiinteistötietoja, vaan kiinteistöjaotuksen ja omistajien selvittäminen riittää.

Kiinteistötiedot ja suunnitteluvaiheessa laskettu tiealueen rajausta siirtyvät numeerisessa muodossa Maanmittauslaitoksen käyttöön hankkeen tietoi- mitusta varten.

Tarveselvitysvaiheessa ei tarvita kiinteistötietoja.

### TEHTÄVÄT

Tiehankkeella kiinteistötietojen hankinta tapahtuu vaiheittain hankkeen etenemisen myötä. Yleissuunnitteluvaiheessa hankitaan alueelta tiedot kiinteistöjaotuksesta ja maanomistajista. Tiesuunnitteluvaiheessa suoritetaan rajamerkkien tarkemmat kartoitukset sekä rajankäynnit tai rajaselvitykset epäselvien rajojen osalta.

Kiinteistötietojen hankinta tapahtuu seuraavina työvaiheina:

1. Kiinteistöjaotus ja omistajatiedot
2. Rajamerkkien kartoitukset
3. Rajankäynnit tai rajaselvitykset

### KIINTEISTÖJAOTUS JA OMISTAJATIEDOT

Kiinteistöjaotus ja omistajatiedot hankitaan käyttöön hankkeella mahdollisimman varhain, jotta ne voidaan mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon suunnitelmaratkaisuja tehtäessä. Yleissuunnitelmavaiheessa tehdään tiealueen sijainnin kannalta tärkeimmät ratkaisut, joten kiinteistöjaotuksen selvittäminen jo tässä vaiheessa on tärkeää.

Yleissuunnitelmavaiheen tiedot hankitaan pelkästään olemassa olevista rekistereistä ja arkistoista. Menettelyn tarkat ohjeet löytyvät viitetiedostosta: *Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset, kohdasta 1.1.*

Kiinteistöjaotustiedot viedään numeerisina suunnittelussa käytettävän ohjelmiston tietokantaan.

### RAJAMERKKIEN KARTOITUKSET

Tiesuunnitelmavaiheessa suoritetaan rajamerkkien tarkemmat kartoitukset niiden rajojen osalta, jotka vaikuttavat lunastettavan tiealueen laskentaan ja joista ei ole riittävän tarkkaa sijaintitietoa valmiina olemassa.

Rajamerkkien kartoitus tapahtuu joko tiesuunnittelun pohjakartan tai maastomallin laatimisen yhteydessä. Käytettävä mittausmenetelmä määräytyy kartoituksessa tai maastomallin teossa käytettävän tekniikan perusteella.

Rajamerkkien kartoituksessa noudatettava menettely on kuvattu viitetiedoston: *Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset, kohdassa 1.2.*

Rajamerkkien kartoituksesta saatavalla koordinaattitiedolla päivitetään suunnitteluhankkeen tietokannassa olevat kiinteistöjaotustiedot.

### RAJANKÄYNNIT TAI RAJASELVITYKSET

Tiesuunnitelmavaiheen lopussa ennen rakentamisvaiheen alkamista suoritetaan lunastettavan tiealueen laskenta. Yleensä tämä työvaihe sisältyy tiesuunnitelmavaiheeseen, mutta jos hankkeen toteutus on epävarmaa, voidaan se suorittaa erillisenä toimenpiteenä ennen rakentamisen aloittamista. Lunastettavan tiealueen rajaamiseksi täytyy käytössä olla yksikäsitteiset ja tarkat numeeriset kiinteistötiedot.

Rajamerkkien kartoituksella määritetään tarkat koordinaattitiedot kaikille niille rajoille, joiden rajamerkit ovat maastosta löydettävissä. Osa rajoista on kuitenkin aina epäselviä ja rajamerkit ovat hävinneet.

Näiden rajojen tarkat sijainnit määritetään joko rajankäynnillä tai rajaselvityksellä. Tämä työ on osittain Maanmittauslaitoksen suorittamaa viranomaistyötä. Menettely on kuvattu viitetiedoston: *Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset, kohdassa 1.2.4.*

Rajankäynnit ja rajaselvitykset on syytä käynnistää ajoissa, jotta tulokset ovat käytettävissä tiealueen rajaa laskettaessa.

## LAADUNVARMISTUS

### LAATUTAVOITTEET

Kiinteistötietojen laadunvarmistuksen kannalta keskeinen työvaihe on kiinteistöjaotus ja omistajatiedot. Tässä työvaiheessa tehdään arkistotutkimukset, hankitaan olemassa olevat rekisteritiedot sekä arvioidaan olemassa olevien numeeristen rajatietojen käyttökelpoisuus. Tässä yhteydessä määritellään ne alueet, joilta tarvitaan sijaintitarkat kiinteistötiedot.

### LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

Rajamerkkien kartoitus tapahtuu pohjakartan tai maastomallin mittauksen yhteydessä, joten tämän työvaiheen laadunvarmistus tapahtuu näiden toi-

den yhteydessä. Tärkeää on lisäksi tarkasti dokumentoida ne rajat, joita ei puuttuvien rajamerkkien takia voitu maastossa kartoittaa. Näiden rajojen osalta joudutaan suorittamaan rajankäynnit tai rajaselvitykset.

Rajankäyntien tai rajaselvitysten osalta vastuu laadusta on Maanmittauslaitoksella.

#### LAADUN DOKUMENTOINTI

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat seuraavat:

- Olemassa olevien kiinteistötietojen laatudokumentit
- Selvitys kartoitusta vaativista rajoista
- Luettelo maastosta hävinneistä rajamerkeistä

#### TULOKSET

Kiinteistötiedot sisältävät numeerisessa muodossa olevat kiinteistöjaotus- ja maanomistajatiedot. Tiedot talletetaan tiesuunnittelussa käytettävän ohjelmiston tietokantaan ja niitä käytetään lunastettavan tiealueen laskennassa.

Kiinteistöjaotus esitetään graafisessa muodossa tiesuunnittelun pohjakartalla ja se siirtyy numeerisessa ja graafisessa muodossa myös ohjeellisessa tietoimituskartassa ja tietoimituksessa käytettäväksi.

#### DOKUMENTOINTI

Kiinteistötiedoista dokumentoidaan seuraavat asiat:

- Tulokset
- Arkistotutkimusten aineisto
- Selvitys kartoitusta vaativista rajoista kartalla
- Kartoitetut rajamerkit numeerisena ja kartalla
- Selvitys rajankäyntiä tai rajaselvitystä vaativista rajoista kartalla
- Käydyt rajat numeerisena ja kartalla
- Kiinteistöjaotus- ja maanomistajatiedot numeerisena

#### VIITTEITÄ

Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset

## MT 13 POHJAKARTAT

### YLEISTÄ

Tiesuunnittelun pohjakartta tarvitaan suunnittelun lähtötiedoksi ja tiesuunnitelman esityspohjaksi. Pohjakartta voi olla joko graafinen tai numeerinen. Numeerinen pohjakartta voi olla joko vektori- tai rasterimuotoinen.

Vektorimuotoinen pohjakartta muodostuu viivoista, symboleista ja teksteistä. Kartan kohteita on mahdollista muokata ja kartan tarkastelu eri mittakaavoissa on mahdollista. Rasterimuotoinen pohjakartta on tyypillisesti laadittu skannaamalla graafisesta kartasta. Sen kohteita ei voi muokata kuten vektorikartalla. Kartta näkyy optimaalisesti skannausmittakaavassa ja mittakaavan suurentaminen tai pienentäminen heikentää kartan ulkonäköä.

Kartan mittakaava määräytyy hankkeen luonteen mukaisesti. Maaseudulla käytetään 1:2000 mittakaavaa ja taajamissa vaihtelevasti 1:2000, 1:1000 tai 1:500 mittakaavaa. Kartan lehtijako voidaan suunnitella vapaasti käyttäen joko 50 x 50 cm tai 50 x 100 cm lehtikokoa.

Kartan tarkkuuden ja kuvaustekniikan osalta noudatetaan soveltaen Kaa-voitusmittausohjeen, 1983 vaatimuksia.

Hankekohtainen pohjakartta tehdään joko yleissuunnitteluvaiheessa tai tiesuunnitelmavaiheessa. Taajamahankkeissa on mahdollista käyttää olemassa olevaa kunnan pohjakarttaa tiesuunnitelman pohjakarttana. Mikäli kartta on hyvälaatuinen, mutta ei ole ajan tasalla, voidaan tehdä suunnitelma kartan ajantasaistamisesta.

Tarveselvitysvaiheessa ei tehdä hankekohtaista pohjakartoitusta, vaan tämä vaihe suoritetaan olemassa olevilla kartta-aineistoilla.

### TEHTÄVÄT

Tiesuunnitelman pohjakartta voidaan laatia hyvinkin erilaisilla menetelmillä. Käytettävästä menetelmästä huolimatta on tärkeitä sopia tuloksena olevan kartan ominaisuudet yksikäsitteisesti. Kaikki sallitut poikkeamat standardinmukaisesta menettelystä on oltava tiedossa työtä suunniteltaessa. Mikäli pohjakartta aiotaan tehdä numeerisena, täytyy kartan muoto ja tulostuksessa käytettävät formaatit sopia yksikäsitteisesti.

Pohjakartan laatimismenetelmästä riippumatta siinä voidaan erottaa seuraavat työvaiheet:

1. Kartoitussuunnitelma
2. Mittaukset
3. Kartan editointi
4. Kartan tulostus

## KARTOITUSSUUNNITELMA

Kartoitussuunnitelman lähtökohtana ovat tilaajan asettamat vaatimukset kartalle. Kartan käsittämä alue, mittakaava, elementtijako ja lehtijako ovat keskeisiä lähtötietoja. Mikäli tarkoitus on tehdä numeerinen kartta, täytyy lisäksi selvittää digitaalisen kartan muoto ja tulostuksessa käytettävät formaatit. Tulostusformaatteja määritettäessä on syytä käydä läpi kaikki osapuolet, jotka karttaa digitaalisessa muodossa tulevat hankkeen aikana tarvitsemaan.

Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä kartoitusmenetelmä. Mikäli olosuhteet ja aikataulu sallivat, voidaan suorittaa ilmakuvaus ja fotogrammetrinen kartoitus. Tällöin kartta voidaan tehdä joko erillisenä työnä tai maastomallin laatimisen yhteydessä. Tyypillisesti kartta tarvitaan selvästi laajemmalla alueella kuin maastomalli. Tällöin on taloudellisessa mielessä edullista suorittaa sitä varten kuvaus korkeammalta ja laatia kapeammalta alueelta tarvittava maastomalli erillisestä matalammasta kuvauksesta. Mikäli kartta ja maastomalli tarvitaan saman levyiseltä alueelta, kannattaa ne tehdä samasta kuvauksesta yhtä aikaa. Ilmakuvaus kartoitusta varten voidaan suorittaa vain keväällä tai syksyllä, kun maa on paljaana lumesta ja lehti ei ole puussa. Syyskuvaukset eivät onnistu yhtä hyvin kevätkuvaukset.

Laserkeilaus ja sen yhteydessä suoritettava digitaalinen ilmakuvaus mahdollistavat myös kartan laatimisen. Tällöin kartta laaditaan useimmiten maastomallin laatimisen yhteydessä. Laserkeilausta käytettäessä on taloudellista suorittaa karttaa varten erillinen keilaus korkeammalta, jos kartta tarvitaan maastomallia selvästi leveämmältä alueelta. Laserkeilausta ei voi suorittaa lumen ollessa maassa.

Pienissä hankkeissa voidaan kartta laatia myöskin pelkällä maastomittauksella.

Kartoitussuunnitelman pitää sisältää olennaiset tiedot käytettävästä menetelmästä. Mikäli aiotaan käyttää uutta, yleisesti dokumentoimatonta menetelmää, pitää sen soveltuvuus käyttötarkoitukseen osoittaa. Kartoitussuunnitelman pitää olla niin yksityiskohtainen, että sen perusteella voidaan todeta menetelmän soveltuvuus ja mahdollisuus saavuttaa tavoitteena oleva laatutaso.

Suunnitelmassa tulee erityisesti kiinnittää huomiota kartoituksessa käytettävään tukipisteistöön ja menettelyihin, millä karttatie sidotaan hankkeen koordinaattijärjestelmään. Fotogrammetrista mittausta tai laserkeilausta ja digitaalikuvausta käytettäessä suunnitellaan myös näillä menetelmillä mitattaamatta jäävien kohteiden ja alueiden käsittelytapa.

## MITTAUKSET

Mittausvaiheessa sovelletaan kartoitussuunnitelmassa määriteltyä mittausmenetelmää. Mittaukset tehdään käyttäen suunnitelmassa määriteltyä kalustoa ja mittaustapaa. Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen osalta kiinnitetään erityisesti huomiota kuvaus- ja keilauslentojen suorittamiseen sopivissa olosuhteissa.

Kartoitusmenetelmien vaatimien runkomittausten osalta toimitaan runkomittaussuunnitelman mukaisesti.



Mittauksissa saadaan käyttää vain kartoitus- tai runkomittaussuunnitelmas-  
sa yksilöityä kalustoa ja kaluston kalibrointitilanne on varmistettava.

#### KARTAN EDITOINTI

Kartan editointivaiheessa muodostetaan kartan lopullinen ulkoasu ja nu-  
meerisen kartan koodauksen oikeellisuus. Tässä vaiheessa lasketaan ja  
viimeistellään kartan korkeuskäyrät, jos kartta valmistetaan maastomallin  
teon yhteydessä tai laserkeilauksella.

Editoinnin yhteydessä varmistetaan, ettei kartan sijaintitarkkuutta ja yksityis-  
kohtaisuutta liikaa heikennetä ulkoasun kustannuksella.

#### KARTAN TULOSTUS

Kartan tulostus tehdään kartoitussuunnitelman mukaisesti. Kartoitussuun-  
nitelmassa on määriteltävä mittakaava, lehtijako ja elementtijako. Numeerisen  
kartan osalta on kartoitussuunnitelmassa määriteltävä, tehdäänkö vektori-  
muotoinen vai rasterimuotoinen tulostus. Numeerisen kartan tulostusfor-  
maatit on myös määriteltävä kartoitussuunnitelmassa.

Mikäli kartta on suunniteltu tulostettavaksi graafisena muoville, noudatetaan  
materiaalien osalta Kaavoitusmittausohjeen, 1983 vaatimuksia.

### LAADUNVARMISTUS

#### LAATUTAVOITTEET

Pohjakartan laadunvarmistuksen kannalta on kartoitussuunnitelmalla kes-  
keinen merkitys. Tässä vaiheessa tehtyjä virheitä perusratkaisuissa on  
mahdotonta korjata myöhemmin prosessissa.

Kartoitussuunnitelmissa on erityisesti syytä kiinnittää huomiota fotogram-  
metrisessä kartoituksessa ja laserkeilauksessa mittaamatta jäävien kohtei-  
den ja alueiden käsittelyyn. Mikäli näitä kohteita tai alueita ei edellytetä täy-  
dennettäväksi maastomittauksella, on se syytä suunnitelmassa selkeästi  
mainita.

Mittausolosuhteilla on suuri vaikutus kartan laatuun. Mikäli mittaukset jou-  
dutaan aikataulu- tai muista syistä tekemään epäedullisissa olosuhteissa,  
täytyy tästä aiheutuvat laadulliset ongelmat selkeästi kirjata.

#### LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

Kartoitussuunnitelman noudattamista seurataan poikkeamaraporttien avulla.  
Erytiesi on syytä kiinnittää huomiota mahdollisen ilmakuvauksen ja laser-  
keilauksen suoritusajankohtiin. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset  
kartan laatuun tältä osin täytyy voida arvioida.

Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen osalta käydään huolelli-  
sesti läpi näillä menetelmillä mittaamatta jääneet kohteet ja alueet. Mikäli  
näiden alueiden ja kohteiden täydentämisestä maastomittauksella ei ole kar-  
toitussuunnitelmissa, ja alueiden määrä poikkeaa suunnitteluvaiheessa  
arvioidusta, sovitaan toimenpiteistä tilaajan kanssa.

Kartan ulkoasu tarkastetaan visuaalisesti ja sijaintitarkkuus vertaamalla mahdollisesti tehtyyn maastomalliin.

Mikäli laatua halutaan tarkastaa mittaamalla, sovelletaan SFS:n standardeja 4760 ja 4010. Laadun tarkastus mittaamalla on syytä jättää tilaajan tai riippumattoman tarkastajan tehtäväksi.

#### LAADUN DOKUMENTOINTI

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat seuraavat:

- Kartoitussuunnitelma
- Ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritustiedot
- Selvitys mittaamatta jääneistä alueista
- Mahdollisen laaduntarkastuksen dokumentit

#### TULOKSET

Suunnittelun pohjakartan osalta tuloksena syntyy graafinen tai numeerinen kartta. Numeerinen kartta tulostetaan tarvittaessa myös graafisena sekä kartoitussuunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Vektorimuotoisen kartan formaatteja ovat esimerkiksi DXF, DGN ja Fingis. Rasterimuotoisen kartan formaatteja ovat esimerkiksi RLE ja TIFF. Numeeriset tiedostot toimitetaan sovittavalla tietovälineellä.

#### DOKUMENTOINTI

Pohjakartan teon yhteydessä tuotetaan ja arkistoidaan seuraavat dokumentit:

- Kartoitussuunnitelma
- Ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritustiedot
- Mittauskalustot yksilöitynä
- Editoinnin ja tulostuksen tiedot (ohjelmistot, laitteistot)
- Kartat graafisena tai numeerisena

#### VIITTEITÄ

Maanmittaushallituksen julkaisu nro 49 vuodelta 1983, Kaavoitusmittausohjeet

## MT 14 MAASTOMALLIT

### YLEISTÄ

Numeerinen maastomalli tarvitaan ATK-avusteisen suunnittelun lähtöaineistoksi. Sitä tarvitaan vaaka- ja pystygeometrian suunnittelussa, tierakenteen mallintamisessa, kuivatuksen suunnittelussa, tilavuuslaskennoissa sekä lunastettavan tiealueen suunnittelussa.

Tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa tarvitaan tarkka maastomalli, jolla voidaan suunnitella lopulliset rakenteet ja jota käytetään myös rakentamiskuvassa urakoiden määrälaskentoihin. Mikäli tiesuunnittelu seuraa välittömästi yleissuunnittelua, tehdään tarkka maastomalli jo yleissuunnitteluvaiheessa.

Normaalisti tarkkaan maastomalliin sisältyy alueella olevien uomien ja vesistöjen pohjat. Mikäli uomien tai vesistöjen pohjien mittaus ei sisälly työhön, se on syytä mainita toimeksiannossa.

Yleissuunnitteluvaiheessa tarvitaan maastomalli, mutta mallin tarkkuuden ei tarvitse olla sama kuin tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa. Yleissuunnitteluvaiheessa riittää tiesuunnittelun pohjakartan tarkkuudella muodostettu malli ja se tehdäänkin usein pohjakartan laatimisen yhteydessä.

Mikäli hankkeella tarvitaan melumallinnus, täytyy maastomallia laajentaa leveyssuunnassa siten, että tarkasteltava alue saadaan kuvattua. Melumallinnusta varten maastomallin ei tarvitse olla yhtä tarkka kuin tienseunnitteluun käytettävä malli. Melumallin tarkkuusvaatimus täytyy määritellä hankekohtaisesti.

Tarveselvitysvaiheessa ei yleensä laadita hankekohtaista maastomallia, vaan suunnittelu tapahtuu olemassa olevien karttojen ja numeeristen aineistojen avulla.

### TEHTÄVÄT

Tiesuunnittelun vaatima numeerinen maastomalli voidaan laatia hyvinkin erilaisilla menetelmillä. Käytettävästä menetelmästä huolimatta on tärkeää sopia tuloksena olevan mallin ominaisuudet yksikäsitteisesti. Kaikki sallitut poikkeamat standardinmukaisesta menettelystä on oltava tiedossa työtä suunniteltaessa.

Maastomallin laatimismenetelmästä riippumatta siinä voidaan erottaa seuraavat työvaiheet:

1. Mittaussuunnitelma
2. Mittaukset
3. Maastomallin editointi
4. Maastomallin tulostus

## MITTAUSSUUNNITELMA

Mittaussuunnitelman lähtökohtana ovat tilaajan asettamat vaatimukset maastomallille. Maastomallin käsittämä alue, tarkkuusvaatimus ja koodaus ovat keskeisiä lähtötietoja. Erityisen tärkeätä on selvittää, missä formaateissa digitaalinen maastomalli tarvitaan. Tulostusformaatteja määritettäessä on syytä käydä läpi kaikki osapuolet, jotka maastomallia tulevat hankkeen aikana tarvitsemaan. Maastomallit tulostetaan yleensä Tielaitoksen maastopisteformaateissa, mutta erityistapauksissa voidaan käyttää myös muita, yleisesti käytössä olevia formaatteja. Tällaisia ovat esimerkiksi Autocad –ohjelmiston DXF–formaatti tai Microstation–ohjelmiston DGN–formaatti. Maastomallien osalta formaattien pitää käsitellä kolmiulotteista tietoa.

Tulostusformaattien lisäksi täytyy sopia tiedostokoot, joissa malli toimitetaan. Mikäli ohjelmistossa, jossa mallia tullaan käyttämään, on kapasiteetti-rajoituksia, täytyy näiden aiheuttamista toimenpiteistä myös sopia.

Usein maastomalli laaditaan vaiheittain, jolloin yleissuunnitelmavaiheessa tehdään likimääräinen maastomalli ja tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa tarkka maastomalli. Aikataulusyistä saatetaan joutua kuitenkin laatimaan eri tarkkuudella olevat mallit samanaikaisesti. Tällöin on tärkeätä selvittää, miltä alueilta kumpaakin mallia tarvitaan.

Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä mittausten menetelmä. Mikäli olosuhteet ja aikataulu sallivat, voidaan suorittaa ilmakuvaus ja fotogrammetrinen kartoitus. Laserkeilaus ja sen yhteydessä suoritettava digitaalinen ilmakuvaus mahdollistavat myös maastomallin laatimisen. Joissakin tapauksissa voidaan maastomalli laatia myös pelkällä maastomittauksella. Maastomittaus on myös ainoa vaihtoehto, jos hankkeen ajoitus on sellainen, että ilmakuvaus tai laserkeilaus ei onnistu.

Mittaussuunnitelman pitää sisältää olennaiset tiedot käytettävästä menetelmästä. Mikäli aiotaan käyttää uutta, yleisesti dokumentoimatonta menetelmää, pitää sen soveltuvuus käyttötarkoitukseen osoittaa. Mittaussuunnitelman pitää olla niin yksityiskohtainen, että sen perusteella voidaan todeta menetelmän soveltuvuus ja mahdollisuus saavuttaa tavoitteena oleva laatu-taso.

Suunnitelmassa tulee erityisesti kiinnittää huomiota mittauksessa käytettävään tukipisteistöön ja menettelyihin, millä maastomalli sidotaan hankkeen koordinaattijärjestelmään.

Fotogrammetrista mittausta tai laserkeilausta ja digitaalikuvausta käytettäessä suunnitellaan myös näillä menetelmillä mittaamatta jäävien kohteiden ja alueiden käsittelytapa. Mikäli näitä kohteita tai alueita ei edellytetä täydennettäväksi maastomittauksella, on se syytä suunnitelmassa selkeästi mainita.

## MITTAUKSET

Mittausvaiheessa sovelletaan mittaussuunnitelmassa määriteltyä mittausmenetelmää. Mittaukset tehdään käyttäen suunnitelmassa määriteltyä kalustoa ja mittaustapaa. Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen osalta kiinnitetään erityisesti huomiota kuvaus- ja keilauslentojen suorittamiseen sopivissa olosuhteissa. Fotogrammetrinen mittaus vaatii kuvauksen suoritettavaksi keväällä tai syksyllä lumettomana ja lehdettömänä aikana

kirikkaalla säällä. Laserkeilaus ei onnistu lumen ollessa maassa eikä myöskään lumisateella.

Mittausmenetelmän vaatimien runkomittausten osalta toimitaan runkomittaussuunnitelman mukaisesti.

Mittauksissa saa käyttää vain mittaus- tai runkomittaussuunnitelmassa yksilöityä kalustoa ja kaluston kalibrointitilanne on varmistettava.

## MAASTOMALLIN EDITOINTI

Maastomallin editointivaiheessa muodostetaan sen pintojen lopullinen geometrinen muoto ja ominaisuustietojen koodaus. Tässä vaiheessa suoritetaan myös maastomallin koemallinnus mallinnusohjelmistolla ja varmistetaan mallin geometrinen tarkkuus.

Mikäli mallia joudutaan kapasiteettiongelmiin vuoksi harventamaan, se suoritetaan tässä vaiheessa ennen tulostusta. Harvenuksen vaikutus mallin tarkkuuteen analysoidaan ja dokumentoidaan.

## MAASTOMALLIN TULOSTUS

Maastomallin tulostus tehdään mittausuunnitelman mukaisesti. Mittausuunnitelmassa on määritelty tulostusformaatit ja tiedostokoot, jossa malli tulostetaan.

## LAADUNVARMISTUS

### LAATUTAVOITTEET

Maastomallin laadunvarmistuksen kannalta on mittausuunnitelmalla keskeinen merkitys. Tässä vaiheessa tehtyjä virheitä perusratkaisuissa on mahdotonta korjata myöhemmin prosessissa.

Mikäli alueiden täydentäminen maastomittauksella aiotaan tehdä vaiheittain suunnittelun edetessä, täytyy tästä tehdä selkeä suunnitelma ja vaiheittain mitattavat alueet tulee selkeästi rajata.

Mittausolosuhteilla on suuri vaikutus maastomallin laatuun. Mikäli mittaukset joudutaan aikataulu- tai muista syistä tekemään epäedullisissa olosuhteissa, täytyy tästä aiheutuvat laadulliset ongelmat selkeästi kirjata.

### LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

Mittausuunnitelman noudattamista seurataan poikkeamaraporttien avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota mahdollisen ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritusajankohtiin. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset maastomallin laatuun tältä osin täytyy voida arvioida.

Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen osalta käydään huolellisesti läpi näillä menetelmillä mittaamatta jääneet kohteet ja alueet. Mikäli näiden alueiden ja kohteiden täydentäminen maastomittauksella ei ole mittausuunnitelmassa, ja alueiden määrä poikkeaa suunnitteluvaiheessa arvioidusta, sovitaan toimenpiteistä tilaajan kanssa.

Maastomallin viivojen loogisuus ja topologia voidaan tarkastaa visuaalisesti, jolloin nähdään selvät epäjatkuvuuskohdat. Maastomallin mallinnustarkkuutta voidaan tarkastella tarkistusleikkausten avulla. Tarkistuspoikkileikkaukset voidaan mitata maastossa, mitata fotogrammetrisesti tai laskea harventamattomasta laserkeilausaineistosta.

Mikäli laatua halutaan tarkastaa tarkastusmittaamalla maastomallin kohteita, sovelletaan SFS:n standardeja 4760 ja 4010. Laadun tarkastus voidaan sisällyttää toimeksiantoon tai se voidaan tilata erillisenä työnä toiselta toimittajalta. Mikäli standardien mukainen laaduntarkastus sisältyy työhön, on sen sisältö määriteltävä toimeksiannossa.

#### LAADUN DOKUMENTOINTI

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat seuraavat:

- Mittaussuunnitelma
- Vaiheittain täydennettävien alueiden rajaukset
- Ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritustiedot
- Mittaamatta jääneiden alueiden dokumentointi
- Tarkistusleikkausten dokumentointi
- Mahdollisen laaduntarkastuksen dokumentit (SFS standardi)

#### TULOKSET

Maastomallin osalta tuloksena syntyy numeerinen tiedosto. Se tulostetaan mittaussuunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Numeeriset tiedostot toimitetaan sovittavalla tietovälineellä.

#### DOKUMENTOINTI

Maastomallin teon yhteydessä tuotetaan ja arkistoidaan seuraavat dokumentit:

- Mittaussuunnitelma
- Ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritustiedot
- Mittauskalustot yksilöitynä
- Editoinnin ja tulostuksen tiedot (ohjelmistot, laitteistot)
- Tarkistusleikkaukset
- Maastomallin numeeriset tiedostot

#### VIITTEITÄ

Tielaitoksen julkaisu TIEL 2140008, Maastomallimittaukset

## MT 15 ILMAKUVAMOSAIKIT

### YLEISTÄ

Tiensonunnittelussa käytetään runsaasti ilmakuvia niiden hyvän havainnollisuuden takia. Pääosin kuvista muodostetaan ortokuvamosaiikki, jota voidaan käyttää suunnitteluohjelmistossa taustakuvana. Ortokuvamosaiikki toimii suunnittelijan apuna antaen maastosta havainnollista tietoa kasvillisuudesta, rakennuksista, väreistä jne. Lisäksi ortokuvamosaiikkia voidaan käyttää havainnollistamaan suunnitelmaa esittelytilaisuuksissa.

Ortokuvamosaiikilla voidaan korvata osa pohjakartan tiedoista. Tällöin pohjakartalla ei esitetä tietoja, jotka selkeämmin ja havainnollisemmin näkyvät ilmakuvalla. Tässä vaihtoehdossa ortokuvamosaiikkia täytyy käyttää yhdessä pohjakartan kanssa tulostettaessa suunnitelmakarttoja.

Ortokuvamosaiikki on mahdollista laatia joko fotogrammetrista mittausta varten suoritetusta kuvauksesta tai erillisestä kuvauksesta. Kuvaukset fotogrammetrista kartoitusta varten suoritetaan mittakameralla ja joudutaan skannaamaan ennen ortokuvamosaiikin valmistusta. Ortokuvamosaiikki voidaan laatia myös erillisestä sitä varten joko digitaalikameralla tai videokameralla suoritetusta kuvauksesta. Tällöin kuvia ei tarvitse skannata, vaan ne ovat suoraan saatavissa digitaalisessa muodossa.

Ortokuvamosaiikin tilalla voidaan käyttää myös ilmakuvayhdelmää, joka ei perustu orto-oikaisuun. Tällöin kuvat sijoitetaan koordinaatistoon tukipisteiden avulla ja liitetään yhtenäiseksi mosaiikiksi. Ilmakuvayhdelmää käytetään tyypillisesti hankkeilla, joilla ei muodosteta maastomallia tai joilla maastomalli on hyvin epätarkka.

Tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa käytetään ortokuvamosaiikkia kapealta alueelta ja se tulostetaan suurella erotuskyvyllä. Siitä nähdään maasto-kohteiden yksityiskohdat ja sitä voidaan käyttää suunniteltujen rakenteiden sijoittumisen esittelyyn yleisölle.

Yleissuunnitteluvaiheessa käytettävä ortokuvamosaiikki käsittää yleensä laajemman alueen ja se tulostetaan pienemmällä erotuskyvyllä. Sitä käytetään laajempaa aluetta vaativiin tehtäviin, esimerkiksi ympäristötarkasteluihin.

### TEHTÄVÄT

Tiensonunnittelun vaatima ortokuvamosaiikki voidaan laatia hyvinkin erilaisilla menetelmillä. Käytettävästä menetelmästä huolimatta on tärkeitä sopia tuloksena olevan tuotteen ominaisuudet yksikäsitteisesti.

Ortokuvamosaiikin laatimismenetelmästä riippumatta siinä voidaan erottaa seuraavat työvaiheet:

1. Kuvaussuunnitelma
2. Kuvaukset
3. Ortokuvamosaiikin muodostaminen
4. Mosaiikin tulostus

## KUVAUSSUUNNITELMA

Kuvaussuunnitelman lähtökohtana ovat tilaajan asettamat vaatimukset mosaiikille. Mosaiikin käsittämä alue, sijaintitarkkuusvaatimus ja erotuskyky ovat keskeisiä lähtötietoja. Erityisen tärkeätä on selvittää, missä formaateissa digitaalinen kuvamosaiikki tarvitaan. Tulostusformaatteja määritettäessä on syytä käydä läpi kaikki osapuolet, jotka kuvamosaiikkia tulevat hankkeen aikana tarvitsemaan. Tulostusformaattien lisäksi täytyy sopia erotuskyky ja tiedostokoot, joissa kuvamosaiikki toimitetaan. Mikäli ohjelmistossa, jossa mosaiikkia tullaan käyttämään, on kapasiteettirajoituksia, täytyy näiden aiheuttamista toimenpiteistä myös sopia.

Usein ortokuvamosaiikki laaditaan vaiheittain, jolloin yleissuunnitelmavaiheessa tehdään karkeampi mosaiikki ja tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa tarkempi. Aikataulusyistä saatetaan joutua kuitenkin laatimaan eri tarkkuudella olevat mosaiikit samanaikaisesti. Tällöin on tärkeätä selvittää, miltä alueilta kumpaakin tarvitaan.

Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä kuvaustapa. Mikäli hankkeella käytetään fotogrammetrista kartoitusta pohjakartan tai maastomallin laadinnassa, suoritetaan kuvaus mittakameralla. Tällöin kuvaussuunnitelma tehdään niin, että fotogrammetrisen kartoituksen asettamat vaatimukset täyttyvät. Kuvamosaiikin vaatimukset vaikuttavat kuvaussuunnitteluun vain, jos kuvamosaiikki tarvitaan alueilta, joilta ei tehdä fotogrammetrista mittausta.

Käytettäessä laserkeilausta maastomallin tai pohjakartan laadinnassa, suoritetaan samanaikaisesti ilmakuvauksia joko digitaali- tai videokameralla. Kuvauksen suunnittelussa pitää huomioida alue, jolta mosaiikki tarvitaan, sekä vaadittava erotuskyky, joka määrittää lentokorkeuden.

Kuvaus kuvamosaiikkia varten voidaan suorittaa myös täysin erikseen, jolloin kuvaussuunnittelussa huomioidaan kuvattava alue ja vaadittava erotuskyky.

Kuvaussuunnitelmasta pitää selvittää kuvauksen suoritustapa. Olennaisia tietoja ovat kameran tiedot, lentokorkeus ja kuvauslinjojen sijainti. Suoritettaessa kuvausta fotogrammetrista kartoitusta varten, noudatetaan lisäksi tämän menetelmän asettamia vaatimuksia.

## KUVAUKSET

Kuvaukset suoritetaan kuvaussuunnitelman mukaisesti. Erityisesti kiinnitetään huomiota kuvausten suorittamiseen soveltuvissa olosuhteissa. Kuvattaessa fotogrammetrista kartoitusta varten, joudutaan ensisijaisesti noudattamaan fotogrammetrisen kartoituksen asettamia vaatimuksia. Sama koskee osittain myös laserkeilauksen yhteydessä suoritettavaa kuvausta. Täysin erillinen kuvaus voidaan suorittaa huomioiden vain kuvamosaiikin vaatimukset.

Kuvauksessa saa käyttää vain kuvaussuunnitelmassa yksilöityä kameraa ja kameran kalibrointitilanne on varmistettava.



## ORTOKUVAMOSAIIKIN MUODOSTAMINEN

Ortokuvamosaiikki muodostetaan joko mittakameralla otetuista ja skannerrilla skannatuista kuvista tai erikseen digitaali- tai videokameralla otetuista kuvista.

Kuvien geometrinen korjaus on voitava suorittaa kameran kalibroitietojen perusteella. Kuvien ulkoinen orientointi määritetään siten, että kuvamosaiikin sijaintitarkkuusvaatimus saavutetaan. Ilmakuvien maastovirheen korjaus suoritetaan niin tarkalla maastomallilla, että kuvamosaiikin sijaintitarkkuusvaatimus saavutetaan.

Ortokuvayhdelmä kootaan ohjelmistolla, joka mahdollistaa kuvarajojen häivytyksen ja värien tasapainotuksen. Näin muodostettu mosaiikki on tasalaatuinen ja saumaton.

## MOSAIIKIN TULOSTUS

Kuvamosaiikin tulostus tehdään kuvaussuunnitelman mukaisesti. Kuvaussuunnitelmassa on määritelty tulostusformaatit ja tiedostokoot, jossa mosaiikki tulostetaan. Mikäli kuvien laatua joudutaan heikentämään kuvapakkauksella suunnittelijan ohjelmiston kapasiteettiongelmien vuoksi, sovitaan tästä toimenpiteestä erikseen.

## LAADUNVARMISTUS

### LAATUTAVOITTEET

Ortokuvamosaiikin laadunvarmistuksen kannalta on kuvaussuunnitelmalla keskeinen merkitys. Tässä vaiheessa tehtyjä virheitä perusratkaisuissa on mahdotonta korjata myöhemmin prosessissa. Kuvauksen osalta, joka tehdään fotogrammetrista kartoitusta varten, laadunvarmistus tehdään noudattaen fotogrammetrista kartoitusta koskevia ohjeita.

Kuvaussuunnitelmassa on erityisesti syytä kiinnittää huomiota siihen, että kuvamosaiikin kattama alue on riittävä ja kuvauksesta saadaan riittävä erotuskyky. Erotuskyvyn kannalta tärkeä asia on oikea lentokorkeus ja käytettävä kamera. Tarpeettoman alhaista lentokorkeutta ei kustannussyistä yleensä kannata käyttää. Mikäli samassa yhteydessä tehdään kuvaus eri tarkkuudella olevaa mosaiikkia varten, kiinnitetään erityisesti huomiota kummankin mosaiikin peittämään alueeseen.

Kuvausolosuhteilla on suuri vaikutus kuvamosaiikin laatuun. Mikäli kuvaukset joudutaan aikataulu- tai muista syistä tekemään epäedullisissa olosuhteissa, täytyy tästä aiheutuvat laadulliset ongelmat selkeästi kirjata.

### LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

Kuvaussuunnitelman noudattamista seurataan poikkeamaraporttien avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota ilmakuvauksen suoritusajankohtaan. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset kuvamosaiikin laatuun tältä osin täytyy voida arvioida.

Digitaalisen ortokuvamosaiikin laatua voidaan arvioida silmämääräisesti. Tällöin nähdään värien kuvautuminen ja tasalaatuisuus. Lisäksi voidaan

todeta kuvien välisten saumojen häivytyksen onnistuminen. Kuvamosaiikin sijaintitarkkuutta voidaan tarkastella vertaamalla sitä joko hankkeelle tehtyyn maastomalliin tai karttaan. Kuvien mahdollisen pakkauksen aiheuttamia vaikutuksia kuvalaatuun voidaan myös silmämääräisesti arvioida.

#### LAADUN DOKUMENTOINTI

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat seuraavat:

- Kuvaussuunnitelma
- Ilmakuvauksen suoritustiedot
- Visuaalisen arvioinnin dokumentit
- Sijaintitarkkuuden tarkistuksen dokumentit

#### TULOKSET

Ortokuvamosaiikin osalta tuloksena syntyy numeerinen tiedosto. Se tulostetaan kuvaussuunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Tulostetut tiedostot toimitetaan sovittavalla tietovälineellä.

#### DOKUMENTOINTI

Ortokuvamosaiikin teon yhteydessä tuotetaan ja arkistoidaan seuraavat dokumentit:

- Kuvaussuunnitelma
- Ilmakuvauksen suoritustiedot
- Kuvauskalusto yksilöitynä
- Ortokuvan muodostamisessa käytetyt ohjelmistot
- Tiedot ortokuvien muodostamisessa käytetystä maastomallista
- Kuvamosaiikin tulostustiedostot

Mikäli kuvausta käytetään fotogrammetriseen kartoitukseen, dokumentoidaan lisäksi viitetiedostoissa vaaditut menetelmäkohtaiset asiat.

#### VIITTEITÄ

Suositukses Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvaukselle/ FKS 1995

Digitaalisten ilmakuvien käyttö/ FKS 1/1998

## MT 20 MAAPERÄTIEDOT

## MT 21 POHJATUTKIMUKSET

### YLEISTÄ

Pohjatutkimusten tavoitteena on selvittää suunniteltavan kohteen pohjasuhteet siten, että voidaan valita edullisin linjausvaihtoehto ja suunnitella tarvittavat tierakenteet ja pohjanvahvistukset ja arvioida leikkausmassojen määrä ja käyttökelpoisuus tierakenteisiin.

Pohjatutkimuksia tehdään tiensonunnittelun eri vaiheissa siten, että tutkimuksen tarkkuus vastaa kunkin suunnitteluvaiheen vaatimuksia. Koska rakennussuunnitelma tehdään usein kiireisellä aikataululla rakentamisen yhteydessä, on tärkeää, että jo tiesuunnitelman yhteydessä tehdään kattavat pohjatutkimukset siten, että edullisimmat pohjanvahvistusmenetelmät ja niiden massat ja kustannukset voidaan määrittää.

Pohjatutkimuksia ohjelmoitaessa ja tehtäessä on huomioitava, että ei aiheuteta tarpeetonta vahinkoa läheisille rakenteille ja ympäristölle. Varsinkin paineellisen pohjaveden esiintyminen on otettava huomioon jo tutkimuksia ohjelmoitaessa.

Pohjatutkimusten yhteydessä tehdään myös niiden paikalleenmittaus.

### TEHTÄVÄT

#### POHJATUTKIMUSTEN OHJELMOINTI

Pohjatutkimusohjelman laatii geosunnittelija tai kalliotutkimusten osalta kalliosuunnittelija. Joissakin tapauksissa alustava tutkimusohjelma tulee tilaajalta tarjouspyynnön mukana ja sitä täydennetään työn aikana. Pohjatutkimusohjelma hyväksytetään aina tilaajalla ennen tutkimusten tekemistä.

Pohjatutkimuksille on tyypillistä, että tutkimusohjelmaa täydennetään tutkimusten edetessä tulosten perusteella. Tällöin tehdään ensin sellaiset tutkimukset, joiden perusteella voidaan rajata tarkempia tutkimuksia vaativat kohteet. Esim. geofysikaalisten tutkimusten perusteella voidaan tehokkaasti ohjelmoida kairaukset ja näytteenotto oikeisiin paikkoihin, jolloin on mahdollista päästä huomattaviin kustannussäästöihin.

Tiehankkeissa pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa selvitetään ensin lähtöaineisto, jolloin voidaan hyödyntää seuraavia lähteitä:

- Maa- ja kallioperäkartat tai peruskartta
- Ilmakuvat, jos ovat käytettävissä
- Aikaisempien suunnitelmavaiheiden tutkimukset
- Sidosryhmien (esim. kunnat, VR, ym.) tekemät pohjatutkimukset ja suunnitelmat

Pohjatutkimusohjelma laaditaan lähtöaineiston ja tarvittaessa maastokäynnin perusteella. Tutkimusohjelmaa laadittaessa huomioidaan olemassa olevat rakenteet, todennäköisten pohjanvahvistusmenetelmien tarpeet sekä tulevien rakenteiden suunnittelun ja rakentamisen tarpeet.

#### TUTKIMUSPISTEIDEN PAIKALLEENMITTAUS

Tutkimuspisteet mitataan paikalleen riittävällä tarkkuudella huomioiden tutkimustulosten käyttötarkoitus. Sijainnin epätarkkuudesta on eniten haittaa kohteissa, joissa maan- tai kallionpinta ja kerrosrajat muuttuvat nopeasti siirryttäessä sivusuunnassa.

Kairausten ja geofysikaalisten tutkimusten paikalleen mittaus tulee suorittaa seuraavalla tarkkuudella:

- tasosijainnin sallittu poikkeama + - 0,5 m
- korkeuden sallittu poikkeama + - 0,1 m

Ohjelmoitaessa porakonekairauksia tarkasti lopullisten sillan suurpaalujen kohdalle, on tarkkuusvaatimus tasosijainnin suhteen suurempi. Tämä on mainittava pohjatutkimusohjelmassa.

Sallitut poikkeamat ovat enimmäispoikkeamia ja niitä tarkastellaan hankkeella käytettävän koordinaattijärjestelmän ja lähimpien runkopisteiden suhteen.

Pohjatutkimusten paikalleen mittaus tehdään samalla tarkkuudella myös alustavissa suunnitelmavaiheissa, koska tutkimukset viedään suunnittelu-järjestelmään ja niitä käytetään myös tarkemmassa suunnittelussa.

Pohjatutkimusten paikantaminen voidaan tehdä joko fotogrammetrisesti tai maastomittauksella. Fotogrammetrisessä mittauksessa pisteet täytyy signaloida ennen hankkeelle tehtävää ilmakuvausta.

Maastomittauksessa käytetään joko takymetrimittausta, satelliittimittausta tai suorakulmaista kartoitusta mittanauhalla ja prismalla. Mittanauhmittauksessa korkeudet määritetään vaaitsemalla.

Mittausten osalta on huolehdittava siitä, että lähtöpisteet ovat luotettavia ja mittauksessa ei käytetä liian pitkiä mittausmatkoja. Lähtöpisteet täytyy tarkistaa mittauksen yhteydessä. Paikalleenmittaukset dokumentoidaan siten, että mittaustapa ja saavutettu tarkkuus voidaan määrittää.

#### TEIDEN PEHMEIKKÖTUTKIMUKSET

Teiden pehmeikkötutkimusten tavoitteiden painopiste siirtyy tutkimusten edetessä seuraavasti:

- Tielinjan valinta
- Pohjanvahvistusten tarpeellisuuden selvittäminen
- Pohjanvahvistusmenetelmän valinta
- Ympäristövaikutusten selvittäminen
- Pohjanvahvistusten mitoitus

- Työnaikaisten rakenteiden suunnittelu

### **Kerrosrajojen määrittäminen**

Tutkimusten tarkoitus:

- Pohjanvahvistusta vaativien pehmeikköjen rajaaminen
- Kerrosrajat vakavuus ja painumatarkasteluja varten
- Pohjanvahvistusten syvyys- ja leveysulottumien määrittäminen
- Pohjavesipintojen määrittäminen ympäristövaikutusten arvioimiseksi sekä rakenteiden mitoittamista varten

Tutkimusmenetelmät:

- Sähköinen vastusmittaus, jota täydennetään kairauksilla: painokairaus, cptu, siipikairaus, näytteenotto
- Maanäytteet, joista tehdään luokituskokeet
- Puristinheijarikairaus, heijarikairaus, porakonekairaus paalupituuksien määrittämisessä
- Pohjavesiputket, vedenkorkeushavainnot

### **Mitoitusparametrien määrittäminen**

Tutkimusten tarkoitus:

- Lopullisten pohjanvahvistusten mitoituksessa tarvittavien lujuus- ja painumaparametrien määrittäminen

Tutkimusmenetelmät:

- Lujuusparametrit: siipikairaukset, tarvittaessa kolmiakksiaalikoheet ja kartiokoheet häiriintymättömistä näytteistä
- Painumaparametrit: ödometrikokeet häiriintymättömistä näytteistä ja luokituskokeet

Teiden pehmeikkötutkimusten suorittamisesta ja tarvittavista tutkimusmääristä on annettu ohjeita Tiehallinnon julkaisuissa:

Teiden pehmeikkötutkimukset, TIEL 3200520, 1998

Tiesuunnitelman pohjatutkimukset, TIEL 2180003, 1998

### **TIELEIKKAUSTEN JA KANTAVAN MAAN TUTKIMUKSET**

Tutkimusten tavoitteena on arvioida kallio- ja maaleikkausten massamäärät ja leikkausmassojen kelpoisuus tierakenteisiin. Kallionpintatietoa tarvitaan myös poikkileikkauksen suunnitteluun ja tien vaatiman tilantarpeen määrittämiseen. Lisäksi tutkimusten perusteella arvioidaan ympäristövaikutuksia mm. pohjaveden alenemisen suhteen.

Suurempien kallioleikkausten osalta tarvitaan kallion laatututkimuksia leikkauksen suunnittelemiseksi. Kallion ominaisuudet vaikuttavat leikkaukseen muotoiluun ja louhintaan.

Päällysrakenteen mitoittamiseksi myös kantavalla maalla tarvitaan tietoa pohjamaan kantavuudesta ja routivuudesta, pohjavesiolosuhteista sekä kallionpinnan läheisyydestä.

## Kallionpinnan selvittäminen

Tutkimusmenetelmät:

- Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät: maatulkuuotaus, seisminen luotaus, gravimetrinen mittaus
- Kairaukset: porakonekairaus, tärykairaus avokallion läheisyydessä
- Koekuopat

Jos kallionpinta on tutkittu geofysikaalisin menetelmin, kairausten määrää voidaan pienentää huomattavasti ja kairaukset voidaan kohdentaa tarkemmin valittuihin paikkoihin.

## Leikkausmassojen käyttökelpoisuuden selvittäminen

Tutkimusmenetelmät:

- Kairaukset: painokairaus, heijarikairaus, porakonekairaus, kallionäytekairaus
- Koekuopat
- Näytetutkimukset

Maaleikkausmassojen käyttökelpoisuus määritetään kairaustulosten ja näytetutkimusten perusteella. Myös heikkolaatuisia massoja pyritään hyödyntämään, jolloin tutkimusten määrä lisääntyy.

Kallion laatu määritetään geologisen kartoituksen sekä siihen liittyvän näytteenoton ja laboratoriotutkimusten perusteella. Päälysteeseen tarvitaan hyvälaatuisia kiveä ja se on arvokasta, joten sen hakemiseen kannattaa panostaa.

Jos kallion leikkauskohdasta tarvitaan tietoa massojen käyttökelpoisuuden lisäksi myös itse leikkauksen suunnitteluun, otetaan tämä huomioon geologisia tutkimuksia suunnitellessa ja ohjattaessa.

## Pohjavedenpinnan tutkiminen

Tutkimusten tarkoitus:

- Kartoittaa alkuperäinen tilanne, pohjavedenpinnan korkeudet, virtausuunnat
- Selvittää odotettavissa olevat pohjaveden alenemisen vaikutukset
- Suunnitella vältettävissä olevien haittojen estäminen
- Suunnitella valmis rakenne toimivaksi, kuivatus

Tutkimusmenetelmät:

- Maatulkuuotaus tai seisminen luotaus karkeissa maissa täydennettynä pohjavesiputkilla
- Pohjavesiputket
- Vedenkorkeushavainnot lähiseudun kaivoista, kaivokortit
- Koepumppaus vaativammissa kohteissa

Pohjavesiputket pyritään asentamaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta suunnittelua varten ehditään saamaan käsitys pohjavedenpinnan vaihtelusta.

Tieleikkausten pohjatutkimuksia koskevia ohjeita löytyy Tiehallinnon julkaisusta:

*Tieleikkausten pohjatutkimusohjeet, TIEL 3200354, 1995*

*Kallioleikkaukset, TIEL 3200240, 1994*

*Kallion laatututkimukset tiensonuunnittelutöissä, TIEL 2180001, 1991*

#### TUNNELIN SUUNNITTELUUN LIITTYVÄT POHJATUTKIMUKSET

Tietunnelin suunnitteluun liittyvillä tutkimuksilla selvitetään kallionpinnan sijainti, kallio- ja maaperän rakennustekniset ominaisuudet sekä muut vaikuttavat tekijät. Tutkimukset tehdään siten, että voidaan valita edullisin tunnelin sijainti ja tehdä kalliotekninen suunnittelu ja rakennustyö taloudellisesti ja turvallisesti. Tutkimusten perusteella arvioidaan myös rakentamisen ympäristövaikutukset.

Kalliotutkimusten kannalta tunneleiden oleellisin tekijä on kalliokaton paksuus. Tällöin kallionpinnan määrittämiseen joudutaan kiinnittämään huomiota erityisesti suuaukkojen ja paksujen maapeitteiden alueilla.

Kallionäytekairauksia tehdään tarvittaessa kallion laadun ja ominaisuuksien tarkistamiseksi. Näitä tarvitaan erityisesti maapeitteisten suuaukkojen, mahdollisen rikkonaisen kallion alueella sekä vaikeissa ympäristöolosuhteissa.

Kallionäytekairausten yhteydessä tehdään yleensä aina vesimenekkimittaukset kallion rikkonaisuuden ja mahdollisten suurten vesivuotojen arvioimiseksi.

Kairattujen kallionäytteiden lujuus- ja muodonmuutostutkimuksia joudutaan tekemään silloin, kun syvien leikkausten tai tunnelin seinämien vakavuutta joudutaan tarkistamaan kalliomekaanisin laskelmin.

Tunnelin vaikutusalueella joudutaan tekemään pohjavesihavainnointia erityisesti sellaisilla taajama-alueilla, joissa pohjaveden aleneminen saattaa aiheuttaa ympäristöriskejä. Pohjavesihavainnointi tulee aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Tutkimusten tarkkuus riippuu suunnitteluvaiheesta. Kalliotutkimusten tekemisestä eri suunnitteluvaiheissa on annettu yksityiskohtaisia ohjeita julkaisussa: Rakennusalan kalliotutkimusohjeet, RKO-79, SGY 1979. Lisäksi ohjeita löytyy julkaisusta: Tunneli- ja kalliorakennus I, RIL 154-1, 1987

#### RAKENTEEN PARANTAMISEEN LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

Rakenteen parantamishankkeissa pääpaino tutkimuksissa on vanhan rakenteen ja pohjamaan kantavuus- ja routivuusominaisuuksien sekä kuivatusolosuhteiden selvittämisessä.

Uudet mittaus- ja tutkimusmenetelmät mahdollistavat tierakenteen jatkuvan analysoinnin ainetta rikkomattomin menetelmin näytteenoton tukemana. Näiden perusteella tielle voidaan tehdä rakenteen parantamisen täsmäsuunnitelma. Tällöin tiestä esitetään korjattavaksi ainoastaan vaurioituneet

kohdat ja uusi päällysrakenne voidaan mitoittaa siten, että tieosien kes-  
toiästä tulee mahdollisimman yhtenevä.

Rakenteen parantamiseen liittyville tutkimuksille on tyypillistä, että ne vaati-  
vat aikaa, koska routa- ja kantavuusmittauksia voidaan tehdä vain tiettyinä  
vuodenaikoina ja monesti vaaditaan useampia vuosia riippuen sääolosuh-  
teista.

Selkeissä suuntauksen ja tasauksen parantamiskohdissa sovelletaan edellä  
annettuja lähinnä uutta tietä koskevia ohjeita.

Tutkimusten tarkoitus:

- Vanhojen rakennekerrosten paksuus ja laatu
- Vanhan tierakenteen kantavuus
- Vanhan tierakenteen routivuus
- Vanhan tierakenteen kuivatuksen toimivuus
- Vauriokohteiden paikantaminen ja vaurioiden syyn selvittäminen

Tutkimusmenetelmät:

- Vaurioinventointi maastokäyntien yhteydessä
- Maatutkaluotaus täydennettynä näytteenotolla
- Kantavuusmittaukset
- Routanousujen mittaus

Rakenteen parantamiseen liittyviä ohjeita löytyy Tiehallinnon julkaisuista:

*Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset, TIEL 2140015, 1999*

*TIEANALYYSI, MISU-projektin loppuraportti, TIEL 3200569, 1999*

*Maatutkatekniikan käyttö sorateiden kulutuskerrostutkimuksissa, TIEL  
3200605, 2000*

## SILTOJEN POHJATUTKIMUKSET

Siltakohteissa pohjatutkimusten tavoitteena on selvittää suunniteltavan  
kohteen pohjasuhteet siten, että voidaan valita mahdollisimman edullinen  
siltapaikka ja siltatyyppejä sekä suunnitella edulliset perustamistavat sillalle ja  
tulopenkereille.

Siltojen pohjatutkimuksille olennaisia piirteitä ovat:

- Usein tavallista suurempi kairaus- ja näytteenottosyvyys ja tarve ulottaa  
tutkimukset lähes aina kallioon asti
- Usein tavallista vaikeammat työskentelyolosuhteet, esim. vesistöt
- Tarve tehdä tutkimukset tavallista suuremmalla tarkkuudella juuri ohjel-  
moidulta kohdalta
- Teräspaaluja käytettäessä on tarpeellista tutkia veden ja maan ominai-  
suudet paalujen korroosion kannalta



Siltojen pohjatutkimuksia ohjelmoitaessa tulee huomioida myös työnaikaisen rakenteiden vaatimat pohjatutkimukset, esim. kaivannot ja tukitelineet.

Siltojen pohjatutkimuksia koskevat ohjeet löytyvät Tiehallinnon julkaisusta:  
*Siltojen pohjatutkimukset, TIEL 3200537, 1999*

## LAADUNVARMISTUS

### LAATUTAVOITTEET

- Tutkimusten määrä on riittävä ja ne on kohdennettu oikeisiin paikkoihin
- Tutkimukset ajoitetaan oikein sekä projektin etenemiseen että olosuhteisiin nähden huomioiden vuodenaika ja sääolosuhteet
- Tutkimukset tehdään oikeilla menetelmillä huomioiden tarvittava tutkimussyvyys ja suunnittelun tarpeet
- Huomioidaan geofysikaalisten menetelmien käyttömahdollisuus laatua parantavana ja kustannuksia alentavana tekijänä
- Tutkimukset tehdään sekä laadukkaasti että ammattitaidolla ja kairauksesta vastaava henkilö varmistaa tulosten oikeellisuuden ennen tilaajalle/suunnittelijalle luovutusta.
- Pohjatutkimusvälineistö on oikealla tavalla kalibroitu
- Ympäristönäkökohdat huomioidaan tutkimuksia tehtäessä
- Tutkimukset tehdään sovitun aikataulun mukaan ja sovittuun hintaan

### LAADUVARMISTUKSEN MENETTELYT

- Tutkimusten riittävydestä ja oikeista tutkimusmenetelmistä vastaa geosuunnittelija, joka hyväksyy tutkimusohjelmat tilaajalla. Tunneli- ja kalliorakenteiden osalta vastuu on kalliosuunnittelijalla.
- Tutkimuksissa käytetään ammattitaitoista henkilöstöä ja asianmukaisesti huollettua ja kalibroitu kalustoa.
- Tutkimusten tilaaja vaatii pohjatutkimusten tekijältä välineistön dokumentoidun kalibroinnin, jonka pitävyys voidaan työn aikana vaatia osoitetuksi pistokokeella.
- Maastossa työkoneilla liikuttaessa minimoidaan ympäristölle aiheutuvat haitat.
- Paineellinen pohjavesi huomioidaan maaperätutkimuksissa. Tutkimusten yhteydessä mahdollisesti syntyvät vuodot tukitaan välittömästi esim. injektoimalla.
- Tilaajaa informoidaan tutkimusten etenemisestä ja sovitaan tarvittaessa olosuhteiden aiheuttamista tutkimustarpeiden muutoksista ja mahdollisista lisätöistä.

### LAADUN DOKUMENTOINTI:

- Poikkeamaraportit
- Kalibrointitodistukset

## TULOKSET

Tulokset toimitetaan ja tarvittaessa arkistoidaan tilaajan haluamassa muodossa. Kairaukset toimitetaan yleensä digitaalisessa muodossa siten, että ne on vietävissä suunnittelijan käyttämään suunnittelujärjestelmään.

Tarvittaessa tutkimustuloksiin liitetään niiden analysointia koskeva lausunto tai raportti.

Pohjatutkimusten perusteella geosuunnittelija laatii suunnittelujärjestelmän avulla maaperämallin, joka on kuvattu jäljempänä. Mikäli maaperämallin teko kuuluu pohjatutkimuksen yhteydessä tehtäväksi, on siitä sovittava erikseen.

Pohjatutkimusten esittämisessä noudatetaan Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen SGY ohjetta:

*Pohjatutkimusmerkinnät, SGY, 1993*

## DOKUMENTOINTI

Pohjatutkimuksen teon yhteydessä tuotetaan ja arkistoidaan seuraavat dokumentit:

- Kairausdiagrammit koordinaattitietoineen sähköisessä muodossa tilaajan haluamassa formaatissa, yleensä Tekla-formaatti
- Kairauspöytäkirjat, jos ei tallennin käytettävissä
- Pohjavesiputken mittaus- ja asennuskortti
- Poikkeamaraportit
- Eriyiskohteista laadittu lausunto tai raportti

## VIITTEITÄ

Teiden pehmeikkötutkimukset, TIEL 3200520, 1998

Tiesuunnitelman pohjatutkimukset, TIEL 2180003, 1998

Tieleikkausten pohjatutkimusohjeet, TIEL 3200354, 1995

Siltojen pohjatutkimukset, TIEL 3200537, 1999

Pohjatutkimusmerkinnät, SGY, 1993

Kairausoppaat I-V, SGY, 1972-1996

Häiriintymättömien maanäytteidien otto, TIEL 3200400, 1996

Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät, SGY, 1993

Maatutkaluotaus, SGY, 1991

Kallion laatututkimukset tiensuunnittelutöissä, TIEL 2180001, 1991

Rakennusalan kalliotutkimusohjeet, RKO-79, SGY 1979

Tunneli- ja kalliorakennus I, RIL 154-1, 1987

Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, TIEH 2100002-01, 2001

## MT 22 LABORATORIOTUTKIMUKSET

### YLEISTÄ

Geosunnittelija määrittelee otettavista näytteistä tarvittavat laboratoriotutkimukset suunnitelman vaiheen ja kohteen mukaisesti. Laboratoriotutkimusten tarkoituksena on tuottaa suunnittelijan käytettäväksi sellaiset materiaalista mitatut ominaisuudet, joiden tunteminen on suunnittelun kannalta välttämätöntä. Tavallisesti maamateriaalista tulee tietää vähintään maalaji, sen rakeisuus ja vesipitoisuus.

Tyypiteltyinä laboratoriotutkimukset kohdistuvat yleensä

- luokitusominaisuuksiin
- lujuusominaisuuksiin
- muodonmuutosominaisuuksiin
- hydraulisiin ominaisuuksiin ja / tai
- kiviainestutkimuksiin.

Kappaleessa MT 21 kuvattujen maaperätutkimusten yhteydessä otetuista näytteistä tutkitaan laboratoriossa seuraavia ominaisuuksia.

- Teiden pehmeikkötutkimukset
  - luokitusominaisuudet
  - lujuusominaisuudet
  - muodonmuutosominaisuudet
- Tieleikkausten ja kantavan maan käyttökelpoisuustutkimukset, pohjaveden käyttäytyminen ja suojaukset
  - luokitusominaisuudet
  - kiviainestutkimukset
  - stabilointitutkimukset
  - mahdolliset suhteutukset
  - hydrauliset ominaisuudet
- Tunnelin suunnitteluun liittyvät pohjatutkimukset
  - luokitusominaisuudet
  - kiviainestutkimukset
  - lujuus ja muodonmuutosominaisuudet tarvittaessa
  - mikroskooppiset tutkimukset kivilaadun määrittämiseksi erikoistapauksissa
- Rakenteen parantamiseen liittyvät tutkimukset
  - geosunnittelija määrittelee tapauskohtaisesti tarvittavat näytetutkimukset, jotka voivat vesipitoisuuden ja rakeisuuden lisäksi selvittää esim. routivuusominaisuuksia, vedensitomisoimaisuuksia tai geofysikaalisia ominaisuuksia (mm. dielektrisyys, ominaisvastus).
- Siltojen pohjatutkimukset
  - luokitusominaisuudet
  - lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet tarvittaessa

- tapauskohtaisesti muita tutkimuksia, esim. hydrauliset ominaisuudet

## TEHTÄVÄT

Laboratoriossa selvitettävien ominaisuuksien ja parametrien tutkimus käsitteää tavallisesti jäljempänä mainittuja tutkimuksia. Täsmällisempiä menetelmäkohtaisia tutkimusohjeita on löydettävissä esimerkiksi julkaisuista Geotekniset laboratorio-ohjeet, GLO-85 (SGY 1985), PANK -menetelmät (PANK ry, Kansio) ja SFS-standardit (Suomen Standardisoimisliitto ry).

## LUOKITUSOMINAISUUDET

- rakeisuusjakautuma
- kiintotiheys
- irtotiheys
- tilavuuspaino
- vesipitoisuus
- humuspitoisuus
- tiiviysaste
- suhteellinen tiiviys
- konsistenssirajat

## LUJUUSOMINAISUUDET

- suljettu leikkauslujuus ja sensitiivisyys
  - kartiokoe
  - puristuskoe
- Tehokkaat leikkauslujuusparametrit
  - leikkauskoe
  - kolmiaksiaalikoe

## MUODONMUUTOSOMINAISUUDET

- ödometrikokeet

## HYDRAULISET OMINAISUUDET

- vedenläpäisevyys (k)
- kapillaarinen nousukorkeus

## KIVIAINESTUTKIMUKSET

- yleisominaisuudet
  - rakeisuudet
  - vesipitoisuus
  - humuspitoisuus
  - veden adsorptio
  - yksinkertaistettu petrografinen kuvaus
- lujuusominaisuudet

- kuulamylykoe
- Los Angeles -koe
- muut tapauskohtaisen harkinnan perusteella
- mineraloginen koostumus
  - ohuthietutkimus
  - röntgendiffraktio

#### STABILOINTITUTKIMUKSET

- yksiaksaalinen puristus
- kolmiaksaalikoe

#### VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUKSET

- Talousvesitutkimus
  - pH-luku
  - Sähkönjohtavuus
  - Kokonaiskovuus
  - KHT(Mn) (kemiallinen hapen kulutus)
  - Rauta
  - Mangaani
  - Ammoniumtyppi
  - Nitriittityppi
  - Nitraattityppi
  - Kloridi
  - Kokonaiskolibakteerit, Fekaaliset kolibakteerit, Escherichia coli
  - Väri
  - Sameus
  - Fluoridi
- Korroosiotutkimukset
  - pH-luku
  - Kokonaiskovuus
  - Kloridi
  - Sulfaatit
  - Sähkönjohtavuus.

Ympäristötutkimuksien yhteydessä tehtävät vesianalyysit määrittää suunnittelija tapauskohtaisesti tutkimuksen tarkoituksen sekä hankkeen laajuuden ja laadun perusteella.

#### LAADUNVARMISTUS

Laboratorion valinnassa kiinnitetään huomiota sen kykyyn tuottaa luotettavalla tavalla tutkimustulosta. Tämä osoitetaan laboratorion noudattaman toimintajärjestelmän avulla mukaan lukien siihen kuuluvat laitekalibroinnit sekä ammattitaitoinen henkilöstö.

## LAATUTAVOITTEET

- Tutkimukset tehdään oikeilla menetelmillä ja hyvällä ammattitaidolla
- Välineistö on oikealla tavalla kalibroitu
- Tutkimusten tekemiseen varataan riittävästi aikaa ja resursseja
- Tutkimukset tehdään sovitun aikataulun mukaan ja sovittuun hintaan

## LAADUNVARMISTUKSEN MENETTELYT

- Tutkimusten riittävydestä ja oikein valituista / laboratoriotilauksessa määritellyistä tutkimusmenetelmistä vastaa geosuunnittelija, joka hyväksyy tutkimusohjelmat tilaajalla.
- Tutkimuksissa käytetään ammattitaitoista henkilöstöä ja asianmukaisesti huollettua ja kalibroitu kalustoa.
- Tilaajaa informoidaan tutkimusten etenemisestä ja sovitaan tarvittaessa olosuhteiden aiheuttamista tutkimustarpeiden muutoksista ja mahdollisista lisätoista.

## LAADUN DOKUMENTOINTI

- Poikkeamaraportit
- Kalibrointitodistukset

## TULOKSET

Laboratoriotutkimukset tekevä organisaatio raportoi tutkimustulokset Laboratoriotutkimusraporttina. Siinä esitetään

- tutkimuksen tekijät, käytetyt menetelmät ja kalusto,
- laaditut tulosteet ja tarkistetut mittauspöytäkirjat sekä
- laadunvarmistusdokumentit.

Laboratoriotutkimusten tulokset voidaan osin (rakeisuus, vesipitoisuus, humus, maalaji, hienousluku) toimittaa sähköisessä muodossa tilaajan haluamassa formaatissa, yleensä Tekla-formaatti.

Tarvittaessa laboratorio liittyy aineistoon omat tulosta selittävät havaintonsa tai arvionsa.

## DOKUMENTOINTI

Laboratoriotutkimukset raportoidaan suunnittelijalle luovutettavalla ”Laboratoriotutkimusraportilla” ”Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, TIEH 2100002-01” –nimisen julkaisun mukaisesti.

## VIITTEITÄ

Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, TIEH 2100002-01

Teiden pehmeikkötutkimukset, TIEL 3200520, 1998

Rakentamisen laadunvarmistus, Alusrakenne ja päällysrakenteen sitomat tomat kerrokset, TIEL 2220003

---

Maanvarainen tiepenger savikolla - Suunnitteluohje, TIEL 3200276

Siltojen pohjatutkimukset, TIEL 3200537, 1999

Geotekniset laboratorio-ohjeet, GLO-85, Suomen geotekninen yhdistys SGY 1985.

PANK -menetelmät, PANK ry, Kansio

SFS-standardit, Suomen Standardisoimisliitto ry

Murskaustyöt, Työselitykset ja laatuvaatimukset, TYLT, TIEL 2212809-98

Asfalttinormit 2000, PANK ry, 1999

Kallion laatututkimukset tienseunnittelutöissä, TIEL 2180001, 1991

Aallotetut teräspuutket, TIEL 2172501-97

Pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimukset ja suositukset. Asetus. Sosiaali- ja terveysministeriö 401/2001

Kysymyksiä kaivosta. Suomen ympäristökeskus / Edita. Ympäristöopas 86, 2001

## LIITE 1 TOIMINTAOHJEESEEN SISÄLTÄVIÄ KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ, MITTAUSTIEDOT

### RUNKOPISTE

Maastoon kiinteästi rakennettu piste, jolle on määritetty koordinaatit. Tasorunkopisteellä on vain tasokoordinaatit ja korkeusrunkopisteellä vain korkeus. Voidaan käyttää myös kolmiulotteisia runkopisteitä.

### KOORDINAATISTO

Kaksi- tai kolmiulotteinen järjestelmä, jolla määritetään kohteen paikka. Kohteen paikka ilmoitetaan kahdella tai kolmella koordinaattiluvulla.

### VALTAKUNNALLINEN KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ

Koordinaatisto tai joukko koordinaatistoja, jotka kattavat koko valtakunnan alueen. Suomessa käytetään valtakunnallisena tasokoordinaatistona KKJ:ä, joka koostuu neljästä kaistasta.

### LASERKEILAUS

Helikopterista tai lentokoneesta lasersäteellä suoritettava maaston mittaus. Keilaus voi tapahtua joko yhdellä liikkuvalla säteellä tai usean kiinteän säteen muodostamalla viuhkalla.

### FOTOGRAMMETRINEN MITTAUS

Ilmakuvaukseen perustuva kartoitusmenetelmä, jossa kohteiden sijainti määritetään stereokuvaparin avulla. Kartoitus suoritetaan mekaanisella tai analyyttisellä stereokojeella. Käytössä on myös digitaalisia ratkaisuja, joissa kuvat ovat digitaali-muodossa.

### MAASTOMITTAUS

Maastossa mittaamalla tapahtuva kohteiden sijainnin määrittäminen. Mittaus tapahtuu joko takymetrillä tai satelliittimittauksella. Korkeuksia määritetään myös vaaituksella.

### PERUSPISTEISTÖ

Rakentamisessa käytettävä runkopisteistö, johon työmaan aikaiset muut mittaukset sidotaan. Peruspisteistö muodostaa hankkeelle koordinaatiston ja sen toimittaa suunnittelija.

### TIHENNYSPISTEISTÖ

Rakentamisessa tihennyspisteet ovat maastoon kiinteästi rakennettuja pisteitä, jotka yhdessä peruspisteiden kanssa toimivat maastoon merkinnän ja muiden mittausten lähtöpisteinä.

### KORKEUSJÄRJESTELMÄ

Järjestelmä, jonka suhteen tietyn alueen korkeudet on määritetty. Liittyy yhteen koordinaattijärjestelmän kanssa. Korkeusjärjestelmät voivat olla valtakunnallisia tai paikallisia.



## KOORDINAATTIMUUNNOS

Matemaattisesti määritelty muunnos, jolla yhden koordinaattijärjestelmän koordinaatit voidaan muuttaa toiseen järjestelmään. Muunnokset voivat olla eriasteisia ja niillä saavutettava tarkkuus vaihtelee.

## RUNKOPISTELUOKKA

Runkopisteistön hierarkiaa kuvaava luokka. Valtakunnalliset runkopisteet muodostavat luokat 1 – 3. Runkomittauksessa tietyn luokan mittaus sidotaan aina sitä ylemmän luokan pisteisiin. Samassa mittauksessa ei voida määrittää pisteitä useampaan luokkaan.

## JÄRJESTELMÄKALIBROINTI

Menetelmä, jolla voidaan tarkistaa kokonaisen mittausjärjestelmän toimivuus ja tulosten oikeellisuus. Järjestelmään kuuluvat mittauslaitteet, ohjelmistot ja järjestelmää käyttävät henkilöt.

## TAKYMETRI

Maastomittauksessa käytettävä mittauslaite, jolla kulman- ja etäisyydenmittauksen avulla voidaan määrittää kohteille kolmiulotteiset koordinaatit.

## SATELLIITTIMITTAUS

Maastossa tapahtuva mittaus, jolla voidaan määrittää kohteiden kolmiulotteiset koordinaatit taivaalla olevien satelliittien suhteen. Muunnoksilla voidaan satelliittikoordinaatit tämän jälkeen saada paikalliseen koordinaatistoon.

## KALIBROINTI

Menetelmä, jolla jokin mittauslaite voidaan tarkistaa ja säätää antamaan virheettömiä tuloksia.

## SULKUVIRHE

Mittauksissa ilmenevä ristiriita joko olemassa olevien koordinaattien suhteen tai saman mittauksen sisällä. Sulkuvirheen avulla voidaan arvioida mittauksen onnistumista tai lähtöpisteiden oikeellisuutta.

## JÄÄNNÖSVIRHE

Tasoituskennassa mittaushavaintojen ja koordinaateista määritettyjen vastaavien arvojen ero. Jäännösvirheen avulla voidaan avulla mittauksen tarkkuutta ja hajontaa.

## TASOITUSLASKENTA

Menetelmä, jolla mittaustulos voidaan laskea useampien mittaushavaintojen avulla. Tasoituskentää käytetään, jos on suoritettu enemmän kuin minimimäärä mittaushavaintoja tulosten laskemiseksi. Tasoituskennassa käytetään yleisimmin pienimmän neliösumman periaatetta.

## NUMEERINEN POHJAKARTTA

Kartta, joka tallennetaan digitaalisessa muodossa tietokoneella. Karttaa voidaan tarkastella graafisena tietokoneen ruudulla ja siitä voidaan tehdä paperitulosteita tulostimella. Numeerinen kartta voi olla joko vektorimuotoinen tai rasterimuotoinen.

## VEKTORIMUOTOINEN POHJAKARTTA

Numeerinen kartta, joka muodostuu viivoista, symboleista ja teksteistä. Kartan kohteita voidaan muuttaa ja poistaa. Karttaa voidaan suurentaa ilman, että sen graafinen ulkonäkö heikenee.

## RASTERIMUOTOINEN POHJAKARTTA

Numeerinen kartta, joka on muodostettu skannaamalla. Kartta koostuu riveinä ja sarakkeina määritellyistä pikseleistä. Kartan pikselikoko voi vaihdella. Rasterikartta voi olla mustavalkoinen, harmaasävyinen tai värillinen.

## SKANNAUS

Graafisen dokumentin, esimerkiksi kartan digitointi riveiksi ja sarakkeiksi. Skannaus voidaan tehdä mustavalkoisena, harmaasävyisenä tai värillisenä.

## KARTAN LEHTIJAKO

Kartoitettavan alueen jakaantuminen karttalehtiin. Karttalehdille määritellään koko, sijainti ja kierto koordinaatistossa. Kartan mittakaava määrää kartan peittämän alueen maastossa.

## FORMAATTI

Digitaalisen kuvan, kartan tai maastomallin tallennusmuoto tietokoneella. Digitaalinen kuva tallennetaan aina rasterimuotoisessa formaatissa. Maastomallilla ja kartalla voidaan käyttää sekä vektorimuotoista että rasterimuotoista formaattia.

## ELEMENTTIJAKO

Kartan kohteiden sijoittuminen eri tasoille. Graafisella kartalla elementit tulostetaan omille muoveilleen, esimerkiksi korkeuskäyrät ja pohjakuviot. Numeerisella kartalla elementtijako tarkoittaa kohteiden sijoittumista ohjelmiston käyttämille tasoille. Numeerisella kartalla voidaan elementtijako myös muuttaa.

## MAASTOMALLI

Numeerinen tiedosto, jolla kuvataan maaston sijaintia ja muotoa kolmiulotteisesti. Maastomalli voi koostua hajapisteistä, siinä voi olla lisänä taiteviivat tai se voi muodostua säännöllisestä ruudustosta. Ruudustoon perustuva maastomalli voidaan esittää myös rasterimuotoisena.

## DIGITAALINEN KUVAUS

Digitaalisella kameralla suoritettu ilmakuvauus. Kuvat tallennetaan jollekin tietovälineelle. Digitaalista kuvaa voidaan käsitellä kuvankäsittelyohjelmilla.

## TUKIPISTEISTÖ

Maastossa sijaitsevat koordinaatein varustetut pisteet, joita käytetään mittausmenetelmien lähtöpisteinä. Tukipisteitä tarvitaan esimerkiksi fotogrammetrisessä mittauksessa ja laserkeilauksessa

## KOODAUS

Mitatun kartan tai maastomallin luokittelu siten, että kullakin kohteella on laji. Koodausjärjestelmiä voi olla useita erilaisia.

## SFS -STANDARDI

Laaduntarkastukseen määritelty yleinen teollisuus-standardi, jossa on määritelty näytteenottoon perustuvan tarkastelun menettelyt.

## ORTOKUVA

Ilmakuva, josta on poistettu keskusprojektiosta aiheutuva maastovirhe. Ortokuva vastaa karttaa.

## ORTOKUVAMOSAIKKI

Useista ortokuvista koottu, tietyn alueen peittävä kuvayhdelmä. Kuvien väliset saumat on häivytetty, jolloin mosaiikki näyttää yhtenäiseltä.

## MITTAKAMERA

Ilmakuvakamera, jota käytetään fotogrammetriseen kartoitukseen tarkoitettujen ilmakuvien ottamiseen. Kameran geometrisen tarkkuus on hyvä.

## EROTUSKYKY

Digitaalisen kuvan pikselin koko. Erotuskyky määrää, miten pieniä kohteita kovalta voidaan erottaa.

## ULKOINEN ORIENTOINTI

Ilmakuvan sijainti avaruudessa. Orientointi määritellään kuvanottoaikan kolmiulotteisilla koordinaateilla ja kuvan kiertokulmilla kolmen koordinaattiakselin suhteen.

## LIITE 2 TOIMINTAOHJEESEEN SISÄLTYVIÄ KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ, MAAPERÄTIEDOT

### SEISMINEN LUOTAUS

Seismisessä refraktioluotauksessa käytetään hyväksi keinotekoisesti synnytetyn värinäaallon rekisteröintiä maa- ja kallioperässä. Tutkimuksen avulla voidaan määrittää maakerrosten rajoja ja ominaisuuksia.

### MAATUTKALUOTAUS

Maatutka on radiotaajuusaluetta käyttävä sähkömagneettinen luotauslaite. Siinä lähetinantennilla lähetetyt sähkömagneettiset pulssit heijastuvat maakerrosten tai rakenteiden rajapinnoilta ja rekisteröidään vastaanotinantennilla.

### SÄKÖINEN VASTUSLUOTAUS

Sähköinen vastusluotaus perustuu näennäisen ominaisvastuksen mittaamiseen eri geologisista kerrostumista. Mitattaessa maahan johdetaan sähkövirtaa ja mitataan potentiaalieroja. Mittauksen avulla voidaan määrittää maakerrosten rajoja ja ominaisuuksia.

### GRAVIMETRINEN MITTAUS

Gravimetrinen mittaus perustuu painovoimakiihtyvyyden mittaamiseen. Sen avulla voidaan arvioida kallionpinnan etäisyyttä likimääräisesti. Menetelmä on epätarkempi kuin esim. seisminen luotaus.

### OHUTHIETUTKIMUS

Kivinäytteen mineraalikoostumus ja mikrorakenne tutkitaan tavallisesti polarisaatiomikroskoopilla ohuthieestä. Ohuthie on 0,03 mm paksu lasilevyyn liimattu kivileike, jonka läpi mikroskoopin valaistus kulkee. Ohuthieen paksuus määritetään optisesti. Kiillotetusta ohuthieestä tai pintahieestä tutkitaan kiisut ja muut malmimineraalit. Näissä preparaateissa näytteen pinta on kiillotettu ja tutkimukseen käytetään mineraaleista heijastuvaa valoa.