

# XSITE® KONEOHJAUS

MALLIPOHJAISEN RAKENNUSTYÖMAAN  
MITTAUSOHJE – NOVATRON OY

**NOVATRON**  
EARTHMOVING AUTOMATION

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	3
2.	Perehdyttäminen	4
3.	Mittausmenetelmät	5
3.1.	Tukiaseman tarkastus	5
3.2.	Työkoneen tarkastus	7
3.2.1.	Täkyometri, GNSS -mittaus tai tunnetun pisteen tarkastus	9
3.3.	Tarkastusmittausten dokumentointi	10
3.3.1.	Reaaliaikainen dokumentointi	11
3.4.	Esimerkkejä työkoneiden tarkastusmittauksista	12
3.5.	Työkoneen toteumamittaus	16
3.6.	Mittaushenkilön toteumamittaus sekä kartoitusmittaus	18
3.7.	Mittaushenkilön suorittama tarkemittaus	20
3.8.	Kontrollimittaukset	21
4.	Tarkkuuden seuranta	22
4.1.	Tarkkuusvaatimukset	22
4.2.	Tarkkuustasot	23
4.3.	Mittalaitteet	25
4.3.1.	Soveltuvat mittalaitteet	25
4.4.	Työkoneet	25
4.4.1.	Soveltuvat työkoneet	25
5.	Esimerkkejä eri rakenteiden mittauksista	26
5.1.	Väylän alusrakenne (mitattavat rakenneosat)	26
5.2.	Väylän päällysrakenne (mitattavat rakenneosat)	33
6.	Lähteet	35

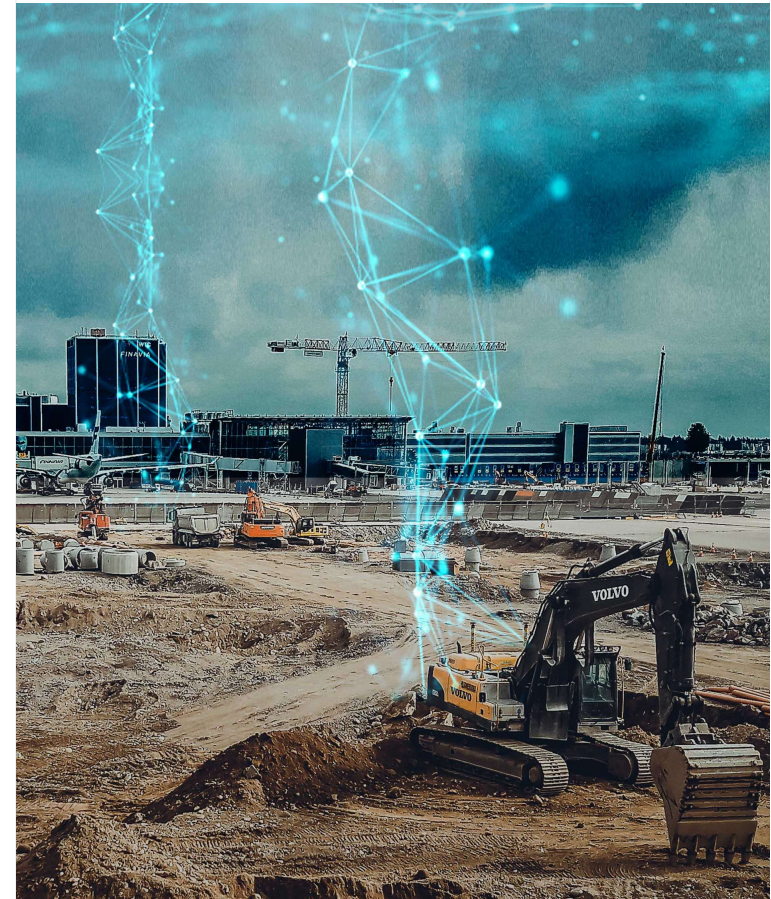
Tämä ohje perustuu Suomessa noudatettaviin Yleisiin Inframallivaatimuksiin

<https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>



# 1. JOHDANTO

- Tavoitteena on käytännönläheinen ohje mallipohjaisella rakennustyömaalla työskenteleville mittaushenkilöille, työkoneiden ja tukiasemien tarkastusmittausten sekä toteuma- ja tarkemittausten oikeaoppiseen suorittamiseen.
- Mittausohje perustuu käytännössä toimiviksi havaittuihin menetelmiin. Ohjeessa kuvattujen menetelmien mukaan toimimalla on työmailla saavutettu luotettavuus sekä vaatimusten mukainen tarkkuus mallipohjaiseen rakentamiseen. Tämä ohje tukee ja täydentää mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän hyödyntämistä väyläprojekteissa.
- Ohjetta on tarkoitus kehittää jatkuvasti, jotta siitä saataisiin mahdollisimman hyvin käytännön työtä tukeva ohje mallipohjaisille työmaille.



## 2. PEREHDYTTÄMINEN

- Mallipohjaisen hankkeen henkilöstö tulee perehdyttää mallipohjaiseen toimintatapaan
- Perehdytyksessä käydään läpi mallipohjaisen rakentamisen ja laadunvarmistuksen toimintatavat sekä työkalujen toiminnot
- Perehdytyksessä käydään läpi myös hankkeen tiedonhallinnan toimintatavat, toteutusaineistojen nimeämiskäytännöt sekä käytössä olevan tiedonhallintajärjestelmän käyttöopastus
- Perehdytyksestä vastaa työmaajohto mutta sen suorittaa hankkeelle nimetty tuotannon tietomallikoordinaattori
- Työkoneiden kuljettajille laaditaan kuvallinen toteumamittausohje, jossa esitetään työkoneilla suoritettavien mittausten paikat ja tarkkuusvaatimukset rakenneosittain
- Tätä ohjetta voi käyttää pohjana mallipohjaisen laadunvarmistuksen perehdytykselle



## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.1 Tukiaseman tarkastus

- Tukiaseman sijainti tarkastetaan **1 krt/kk** dokumentoitavalla takymetrimittauksella
  - Tällä varmistutaan siitä, että tukiasema ei ole siirtynyt alustuksen jälkeen
  - Tukiaseman sijainnin tarkkuusvaatimus on  $\pm 20\text{mm}$  (xyz)
  - Tukiasemalle voidaan joutua määrittämään uudet koordinaatit esim. routimisen aiheuttaman siirtymisen johdosta
  - Mikäli tukiaseman sijaintia on seurattu tarratähystä mittaamalla, on muistettava mitata myös tähyksen sijainti uudestaan
- RTK GNSS -tukiaseman tarkkuuden seuranta tehdään myös kerran viikossa tekemällä RTK GNSS -mittalaitteella tunnetun pisteen tarkastusmittaus, jonka mittaustulokset dokumentoidaan
  - GNSS –virtuaalitukiasemaa käytettäessä käytetään tätä samaa tarkastusmenetelmää
  - Tukiaseman tarkkuutta seurataan myös jatkuvalla silmämääräisellä seurannalla



Tukiaseman tarkastusmittaus takymetrillä antennin keskeltä

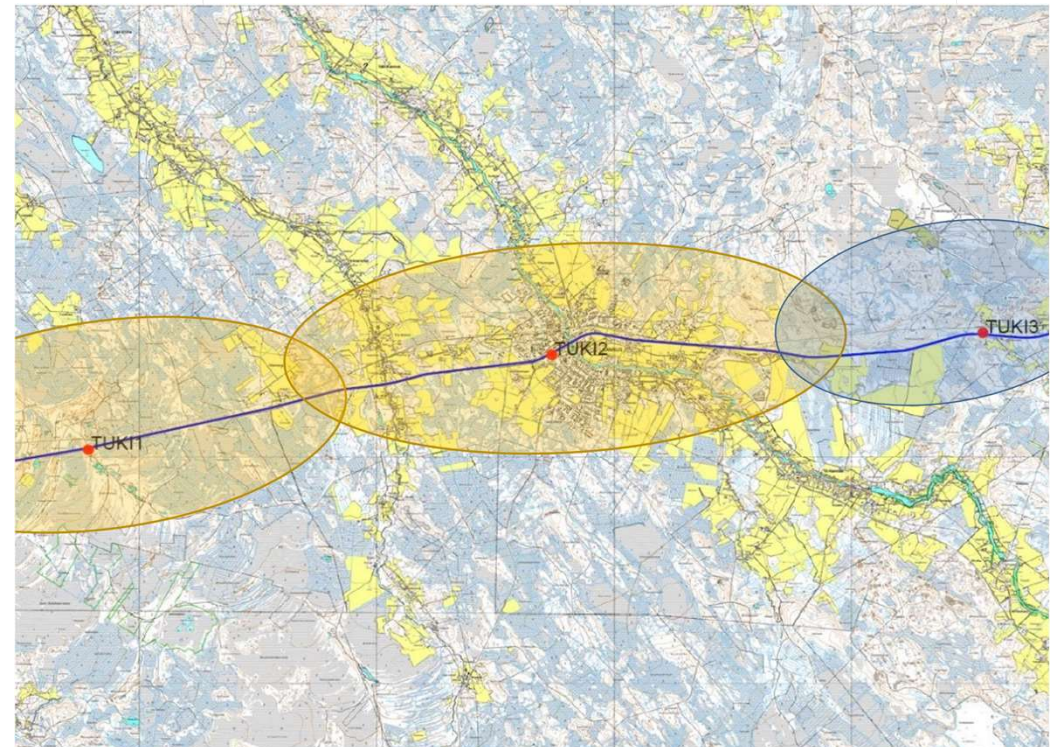


Tukiaseman sijaintia voidaan seurata myös tukiasemaan kiinnitetyistä tarratähyksestä, jonka sijainti on määritetty tukiaseman perustamisen yhteydessä.

## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.1 Tukiaseman tarkastus

- Jos työmaalla on käytössä useampi tukiasema, tulee huolehtia niiden keskinäisestä sijaintitarkkuudesta
- Tukiasemien keskinäinen sijaintitarkkuus varmistetaan mittaamalla sama kiintopiste kahdelta tai useammalta tukiasemalta
- Tukiasemien keskinäisen tarkkuuden tarkastukset dokumentoidaan
- Tukiasemat tulee sijoittaa niin, että niiden kantavuus on ristissä keskenään. Näin varmistetaan tukiasemien toimivuus koko työmaan alueella.



Riippa-Eskola RU2 –projektin tukiasemat. Tukiasemien puolivälissä mitataan sama piste niin, että GNSS –vastaanottimella otetaan yhteys molempiin tukiasemiin.

# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.2 Työkoneiden tarkastus

- Työkoneiden tarkastuksessa varmistetaan, että 3D-ohjausjärjestelmällä varustetun työkoneen terän paikannustarkkuudessa saavutetaan taulukon (Taulukko 1) vaatimat tarkkuustasot työmaan koordinaatistossa
- Työkoneen tarkastus suoritetaan aina ennen kuin työkone otetaan käyttöön työmaalla
- Työkoneen tarkastusmittaus suoritetaan takymetrillä, GNSS-mittalaitteella tai tunnetulla pisteellä
- Tarkastusmittaukset sidotaan työmaan mittausperustaan
- Mikäli tarkastusmittauksissa havaitaan taulukon 1 mukaisten toleranssien ylittäviä poikkeamia, on niihin reagoitava välittömästi vaadittavilla kalibrointi-/korjaustoimenpiteillä

Ratarakenteet					
Rakennekerros	Mittausväli [m]	InfraRYL mittavaatimukset		Työkonejärjestelmältä vaadittava tarkkuus	
		XY [mm]	Z [mm]	XY [mm]	Z [mm]
Tukikerros		Silmämääräinen			
Tukikerroksen alaosa		Tasaisuus neljän metrin oikolaudalla + 15 ... - 15			
Välikerros	20	0 ... + 50	0 ... -30	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20
Eristyskerros	20	0 ... + 100	0 ... -50	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20
Tie- ja katurakenteet					
Kantava kerros	20	-0 ... + 150	+ 20 ... - 20	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20
Jakava kerros	20	-0 ... + 150	+ 30 ... - 30	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
Suodatin kerros	20	-0 ... + 150	+ 40 ... - 40	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
Väylärakenteen alapinta	20	-0 ... + 200	+ 0 ... -100 Louhepatjan alla + 0 ... -200	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
*Hankekohtaisesti sovittu mittausmenetelmä tai korkeustoleranssi					

Taulukko 1. Työkoneelta vaadittava mittaustarkkuus (YIV2019)

# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.2 Työkoneiden tarkastus

- Yhdellä paikantavavalla GNSS- vastaanottimella varustettujen työkoneiden tarkastuksissa on huomion arvoisia seikkoja tarkastusta tehdessä:
  - Puskukone, Tiivistysjyrä, Tiehöylä, Kauhakuormaaja
  - Näillä työkoneilla on ajettava tasaista rauhallista vauhtia samaan suuntaan noin 5 metriä ja suoritettava tarkastusmittaus vasta tämän jälkeen
  - Mikäli edellä mainitut koneet ovat varusteltuna kahdella paikantavalla GNSS – vastaanottimella, voidaan kone tarkastaa myös ilman samaan suuntaan ajamista
  - Suositus kuitenkin on, että koneilla ajetaan aina ennen tarkastusmittausta 3-5 metriä samaan suuntaan
- Takymetri –paikannettua työkoneita tarkastettaessa on varmistettava, että takymetri on lukittuneena työkoneen prismaan
  - Työkoneella on suositeltavaa ajaa samaan suuntaan 3-5 metriä, ennen tarkastusmittauksen suorittamista.
- Ennen tarkastusmittauksen suorittamista täytyy varmistaa, että työkoneen koneohjausjärjestelmän 3D-sovelluksessa on valittuna kalibroitu, työkoneella käytössä oleva kauha
- 3D-sovelluksesta täytyy myös varmistaa, että mittapiste on valittuna kauhan/terän/valssin siihen kohtaan josta tarkastusmittaus on tarkoitus suorittaa.





## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.2 Työkoneen tarkastus

#### 3.2.1 Takymetri, GNSS –mittaus tai tunnetun pisteen tarkastus

- Maaleikkausten, penkereiden, suodatin- ja jakavan kerrosten rakentamista tekevien työkoneiden (kaivukone, pyöräkuormaaja, puskutraktori, jyrä) tarkastuksessa voidaan käyttää takymetri-, GNSS-mittalaite- tai tunnetun pisteen tarkastusta
  - Tarkastus suoritetaan vähintään **1 krt/vko**
- Tien kantavan kerroksen ja radan väli- ja eristyskerrosten muotoilua ja viimeistelyä tekevien työkoneiden (tiehöylä, murskeenlevitin-pyöräkuormaaja, asfaltinlevitin) tarkastusmittausmenetelmät ovat takymetrimittaus tai tunnetulla pisteellä tarkastus
  - Tarkastus suoritetaan **1 krt/vrk**
  - Tiehöylän terän ja tiivistysjyrän valssin molempien reunojen mittaustulokset dokumentoidaan
- GNSS –paikannusta käyttäviä tiehöylää ja tiivistysjyrää käytettäessä tukiaseman etäisyys työkoneisiin ei saa olla liian suuri, (Radio < 5km, NTRIP < 20 km, VRS ei rajoitusta)
- Tarkastuksen suorittaa työmaan mittaja yhteistyössä työkoneen kuljettajien kanssa



# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.3 Tarkastusmittausten dokumentointi

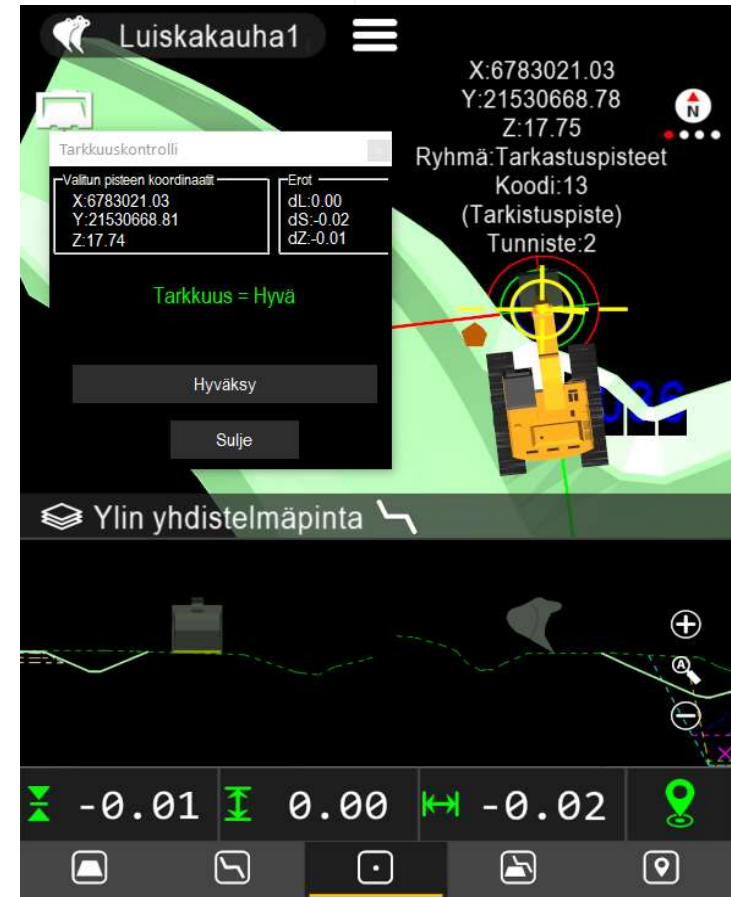
- Tarkastuksesta dokumentoidaan:
  - Tukiaseman yksilöivä tunnus/nimi
  - Työkoneen yksilöivä tunnus/nimi
    - Käytetty kauha/varuste
  - Ajankohta
  - XYZ –poikkeamat
  - Tarkastusmenetelmä
  - Tarkkuustiedot
  - Tarkastuksen tekijä
  - Vapaamuotoinen kuvaus tarkastuksen aiheuttamista toimenpiteistä
- Tulokset kirjataan esim. excel -taulukoihin

Pvä	Tarkastuspiste	Teoreettinen			Mitattu			Ero		Mittaaja	Työvaihe	Tehdyt kalibrointi toimenpiteet
		X	Y	Z	X	Y	Z	dXY	dZ			
1.6.2015	GNSS	6 782 354,580	21 530 512,491	12,407	6 782 354,59	21 530 512,51	12,42	0,021	0,013	J.Heikkinen	Pintamaan poisto	Työmaalle tulo, takykalibrointi
12.6.2015	GNSS	6 782 548,697	21 531 106,346	21,491	6 782 548,73	21 531 106,39	21,52	0,055	0,029	J.Heikkinen	Pintamaan poisto	
18.6.2015	GNSS	6 782 415,623	21 530 930,005	18,947	6 782 415,58	21 530 930,01	18,97	0,043	0,023	J.Heikkinen	Pintamaan poisto	
25.6.2015	GNSS	6 782 276,654	21 530 689,580	17,210	6 782 276,63	21 530 689,55	17,19	0,038	-0,020	J.Heikkinen	Pintamaan poisto	
3.7.2015	GNSS	6 782 348,340	21 530 900,641	16,540	6 782 348,30	21 530 900,62	16,53	0,045	-0,010	J.Heikkinen	Maapenkereen vastaanotto	
10.7.2015	GNSS	6 782 303,474	21 530 836,831	15,977	6 782 303,47	21 530 836,85	15,96	0,019	-0,017	J.Heikkinen	Maapenkereen vastaanotto	
17.7.2015	GNSS	6 782 338,238	21 530 855,492	17,762	6 782 338,23	21 530 855,47	17,76	0,023	-0,002	J.Heikkinen	Maapenkereen vastaanotto	
24.7.2015								0,000	0,000	J.Heikkinen		Ei työmaalla
30.7.2015	GNSS	6 782 337,357	21 530 860,707	18,026	6 782 337,32	21 530 860,75	18,02	0,057	-0,006	J.Heikkinen	Maapenkereen vastaanotto	
7.8.2015	GNSS	6 782 474,206	21 530 725,349	15,931	6 782 474,24	21 530 725,34	15,92	0,035	-0,011	J.Heikkinen	Suodatink. vastaanotto	
14.8.2015	GNSS	6 782 297,170	21 530 749,749	16,444	6 782 297,18	21 530 749,72	16,43	0,031	-0,014	J.Heikkinen	Suodatink. Vastaanotto	
20.8.2015	GNSS	6 782 361,829	21 530 903,586	18,081	6 782 361,88	21 530 903,56	18,08	0,057	-0,001	J.Heikkinen	Maapenkereen vastaanotto	
28.8.2015	GNSS	6 782 441,361	21 530 566,927	20,610	6 782 441,33	21 530 566,91	20,58	0,035	-0,030	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
4.9.2015	GNSS	6 782 423,713	21 530 500,001	14,259	6 782 423,68	21 530 499,99	14,23	0,035	-0,029	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
11.9.2015	GNSS	6 782 467,601	21 530 532,147	13,385	6 782 467,56	21 530 532,12	13,36	0,049	-0,025	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
18.9.2015	GNSS	6 782 474,155	21 530 611,328	13,009	6 782 474,19	21 530 611,34	12,98	0,037	-0,029	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
24.9.2015	GNSS	6 782 455,780	21 530 455,765	16,340	6 782 455,75	21 530 455,78	16,33	0,034	-0,010	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
2.10.2015	GNSS	6 782 426,519	21 530 441,501	14,518	6 782 426,55	21 530 441,50	14,53	0,031	0,012	J.Heikkinen	Louheen laustaus	
7.10.2015	GNSS	6 782 473,143	21 530 473,859	13,051	6 782 473,11	21 530 473,88	13,03	0,039	-0,021	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
15.10.2015	GNSS	6 782 416,711	21 530 605,756	21,681	6 782 416,67	21 530 605,75	21,71	0,041	0,029	J.Heikkinen	Kaivojen asennus	
22.10.2015	GNSS	6 782 451,762	21 530 647,327	21,379	6 782 451,780	21 530 647,330	21,380	0,018	0,001	J.Heikkinen	Murskeen vastaanotto	
30.10.2015								0,000	0,000	J.Heikkinen		Ei työmaalla
2.11.2015	GNSS	6 782 245,640	21 530 626,584	21,185	6 782 245,650	21 530 626,580	21,190	0,011	0,005	J.Heikkinen	Pintamaan poisto	
11.11.2015	Takymetri	6 782 187,676	21 530 416,452	14,144	6 782 187,680	21 530 416,440	14,140	0,013	-0,004	J.Heikkinen	Rummun arina	
17.11.2015	GNSS	6 782 329,181	21 530 497,494	12,915	6 782 329,220	21 530 497,550	12,920	0,068	0,005	J.Heikkinen	Kaapelikaivanto	kauhan kalibrointi
26.11.2015	GNSS	6 782 186,196	21 530 411,881	14,180	6 782 186,210	21 530 411,870	14,190	0,018	0,010	J.Heikkinen	Luiskan muotoilu	
3.12.2015	GNSS	6 782 169,758	21 530 436,496	13,998	6 782 169,750	21 530 436,500	13,990	0,009	-0,008	J.Heikkinen	Rumpukaivanto	
11.12.2015	GNSS	6 782 304,371	21 530 564,342	13,062	6 782 304,370	21 530 564,340	13,070	0,002	0,008	J.Heikkinen	Raakavesijohtokaivanto	
14.12.2015	GNSS	6 782 355,640	21 530 705,720	17,279	6 782 355,640	21 530 705,780	17,280	0,060	0,001	J.Heikkinen	Raakavesijohtokaivanto	
15.1.2016	GNSS	6 782 307,222	21 530 598,277	14,192	6 782 307,200	21 530 598,220	14,22	0,061	0,028	J.Jalavikko	Raakavesijohtokaivanto	Vaihtokauha
22.1.2016								0,000	0,000	J.Jalavikko		Routapiikkihommissa
28.1.2016	GNSS	6 782 204,413	21 530 523,891	12,433	6 782 204,420	21 530 523,880	12,430	0,013	-0,003	J.Jalavikko	Rummun teko	

# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.3 Tarkastusmittausten dokumentointi

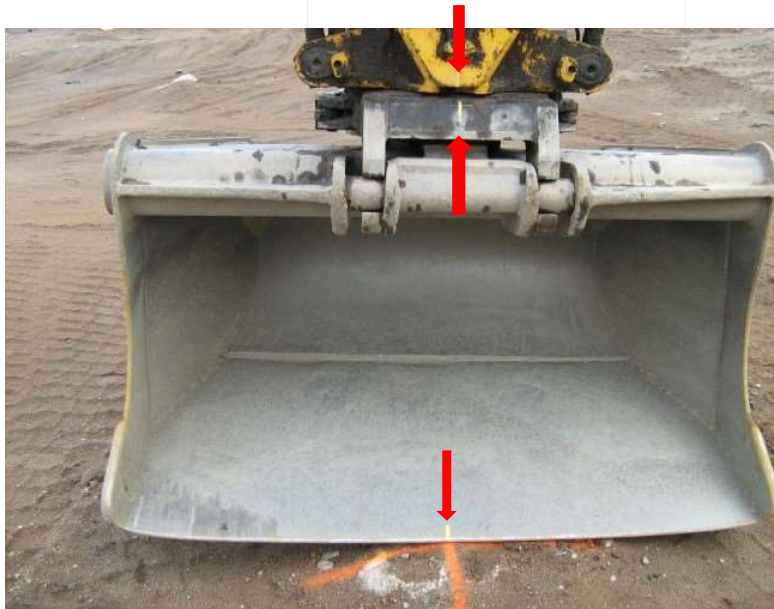
### 3.3.1 Reaaliaikainen dokumentointi



Tarkastusmittausten tulosten raportointi on mahdollista myös reaaliajassa koneohjausjärjestelmän- ja pilvipalvelun kuten Xsite Manage® tai Infrakit, ominaisuuksia hyödyntäen.

## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.4 Esimerkkejä työkoneneiden tarkastusmittauksista



- ! Kun kaivukone on varustettu pyörittäjällä, on varmistettava että kauha puomistoon nähden suorassa.
- ! Kaivukoneen kauha on suositeltavaa tarkastaa myös eri asennoissa.
- ! Kynsikauhalla varustettua kaivukonetta tarkastettaessa on varmistettava kauhan mittapisteen sijainti. Kauha on suositeltavaa kalibroida sellaiseen kauhan kohtaan joka kuluu mahdollisimman vähän, esim. kynsien kiinnitystappien juureen.

## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.4 Esimerkkejä työkoneiden tarkastusmittauksista



! Kauhakuormaajan tarkastus tehdään kuten kaivukoneessa.

! Kauha voidaan kalibroida myös niin, että mittapiste sijaitsee kauhan takareunassa.

## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.4 Esimerkkejä työkoneneiden tarkastusmittauksista



! Höylän tarkastus takymetrillä terän molemmista reunoista terän alareunasta.

! Tiivistysjyrän tarkastus takymetrillä valssin keskeltä molemmista reunoista. Tiivistysjyrä mittaa korkeutta valssin ulkopinnasta.

# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.4 Esimerkkejä työkoneneiden tarkastusmittauksista



! Puskutraktorin terän tarkastus terän keskeltä.

! On suositeltavaa tarkastaa myös terän reunat aika ajoin.

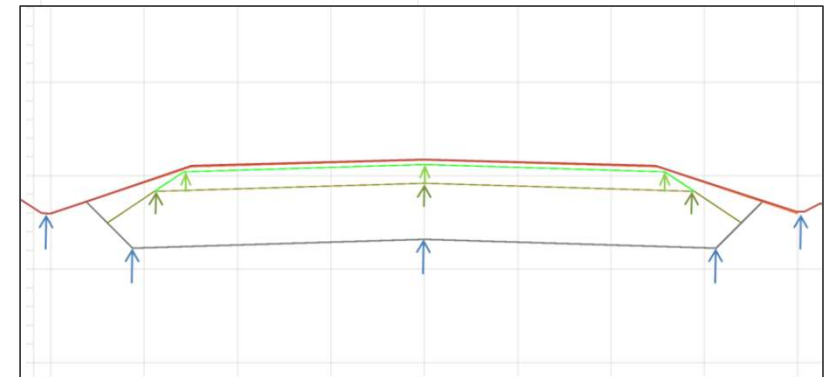
# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.5 Työkoneen toteumamittaus

- Työkoneohjauksella tehdään toteumamittauksia tien leikkausrakenteiden, maapenkereiden ja kerrosrakenteiden, rakenteeseen tulevien paineputkistojen, kaapelisuojojaputkien, kaapeleiden ja valopylväsanturoiden osalta
- Työkoneohjauksella tehdään kaivojen, viettoputkistojen, kaapelisuojojaputkipatteristojen ja vastaavien varusteiden maarakenteiden (asennusalustat ja täytöt) toteumamittausta
- Toteumamittaukset tehdään väylän suunnassa 20m välein
- Työkoneohjausjärjestelmällä varustettua työkoneita voidaan käyttää toteumamittauksiin, kun järjestelmän paikannustarkkuus on tarkastuksessa todettu riittäväksi verrattuna taulukossa 2 esitettyihin rakenneosakohtaisiin tarkkuusvaatimuksiin
- Toteumamittauksia tekevät työkoneen kuljettajat perehdytetään toteumamittausten tekemiseen perehdytyksellä ja neuvomalla työn aikana
- Työkoneohjauksen vastuuhenkilöt ja työnjohto valvovat toteumamittauksen oikeaoppista tekemistä
- Kuljettajille tehdään toteumamittauskohdat esittävä ohje tai kuva, jonka tulee olla työkoneissa käytettävissä



**Mallipohjaisen laadunvarmistusprosessikuvauksen** (kts. YIV –ohjeet) mukaiset kriteerit on täytettävä, ennen kuin työkoneiden toteumamittauksia voidaan tilaajan hyväksynnästä käyttää työnaikaiseen laadunvalvontaan



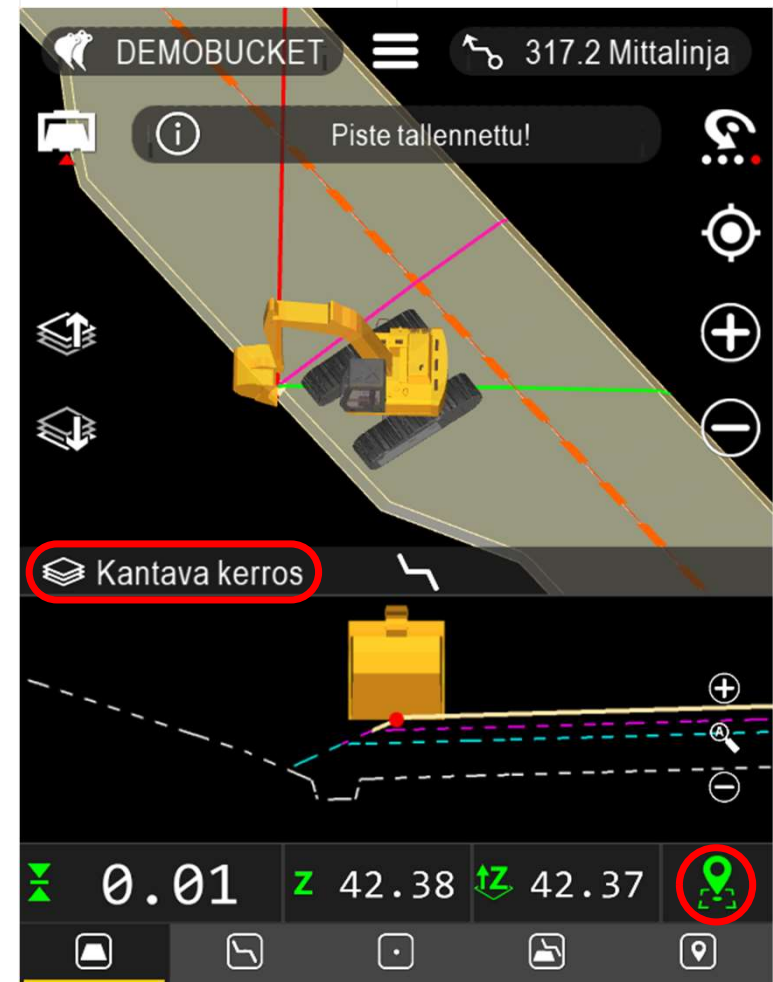
Työkoneella suoritettavat toteumamittaukset rakenneosista



## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.5 Työkoneen toteumamittaus

- Ennen mittauksia on varmistettava seuraavat asiat
  - Työkoneen ohjausjärjestelmän paikannustarkkuus on tarkastettu ja todettu aiemmin rakenneosakohtaisiin tarkkuusvaatimukseen verrattuna riittäväksi
  - Työkoneen kuljettaja on perehdytetty laitteiston käyttöön ja saanut ohjeen toteumamittausten tekemiseen
- Mittauksen tekeminen
  - Koneohjausjärjestelmän paikannuslaite (GNSS-laite) on RTK-FIX -tilassa
  - Takymetri paikannetulla työkoneella pistettä tallennettaessa on varmistettava että takymetri on lukittuna työkoneen prismaan
  - Työkoneen liike on pysäytetty mittauksen ajaksi
  - Kauhan/terän/valssin mittauspiste on valittuna siihen terän kohtaan josta toteuma aiotaan tallentaa
  - Kaivukoneella kauhan pohja on maata vasten
  - Toteumapiste tallentuu tiedostoon ja kuvautuu näytölle



Xsite Pro -koneohjausjärjestelmän kaivukoneen näkymä.

## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.6 Mittaushenkilön toteumamittaus sekä tarkastusmittaus

- Mittaushenkilön toteumamittauksissa sovelletaan samoja periaatteita kuin työkoneiden toteumamittauksissa
- Mittalaitteilla suoritettut toteumamittaukset täydentävät työkoneilla suoritettuja toteumamittauksia, mutta ovat myös osa työkoneohjauksella toteutettavan työn laadunvarmistusta
- Toteumamittausten lisäksi mittalaitteilla suoritetaan tarkastusmittauksia, joilla tarkoitetaan tukiasemille ja työkoneille suoritettuja säännöllisiä tarkastuksia (kts. luvut 3.1 ja 3.2)
  - Tämä käytäntö tuo esiin mahdolliset paikannusjärjestelmän poikkeamat tai koneohjausjärjestelmien viat mahdollisimman nopeasti ja korjaus voidaan tehdä välittömästi
  - Tarkastusmittauksiin liittyy oleellisena osana hankealueelle mitattavat tarkastuspisteet, joiden avulla koneenkuljettajat voivat myös itsenäisesti seurata työkoneohjausjärjestelmiensä paikkatiedon tarkkuutta



## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.6 Mittaushenkilön toteumamittaus sekä tarkastusmittaus

- Ennen mittausta on varmistettava seuraavat asiat
  - Mittausjärjestelmän paikannustarkkuus on tarkastettu ja todettu aiemmin rakenneosakohtaisiin tarkkuusvaatimukseen verrattuna riittäväksi
  - Mittaaja on perehdytetty laitteiston käyttöön ja saanut ohjeistuksen mittauksen tekemiseen
  - Mittaaja on perehdytetty/perehtynyt työkohteeseen ja tietää mikä rakenneosa on kyseessä
- Mittauksen tekeminen
  - Paikannuslaite (GNSS-laite) on RTK-FIX –tilassa
  - Takymetrillä mitattaessa on varmistettava että takymetri on lukittuna mittaajan prismaan
  - Liike on pysäytetty mittauksen ajaksi
  - Kartoitussauva on asetettu vakaasti kohtaan josta piste aiotaan tallentaa
  - Piste tallentuu tiedostoon ja kuvautuu mittausohjelmiston näytölle



## 3. MITTAUSMENETELMÄT

### 3.7 Mittaushenkilön suorittama tarkemittaus

- Tarkemittauksilla todennetaan rakenteiden toteutus vaatimusten mukaan
- Tarkemittauksilla tarkoitetaan erillisellä mittalaitteella (takymetri tai RTK-GNSS-mittalaite) tehtyä mittausta työmaan mittaushenkilöstön toimesta
- Takymetrillä tehtävät tarkemittaukset tehdään työmaan koordinaatistossa mittausperustaan kiinnitettynä
- RTK-GNSS-mittalaitteita käytettäessä niiden tarkkuus todennetaan mittausperustan kiintopisteellä
- Työkoneohjauksella toteutetuista rakenteista tehdään tarkemittaukset mittaushenkilöiden toimesta tie- ja ratakohteissa 200 m välein ja muissa kohteissa taulukon 2 mukaan koneohjauksen toteumien lisäksi
- Pienissä kohteissa (laajuus < 200 m) mitataan vähintään yksi poikkileikkaus jokaisesta rakennososasta
- Rakenteiden toteuman vaatimustenmukaisuutta seurataan vertaamalla mittaustuloksia taulukon 1 vaatimukseen



Väylätyyppi	Mittausväli [m]
Katu	50
Puistopolku, pururata tms.	100
Tie/Rata	200

Taulukko 2. Tarkemittausten mittausvälit väylätyypeittäin

# 3. MITTAUSMENETELMÄT

## 3.8 Kontrollimittaukset

- Kontrollimittauksista vastaa tilaaja tai tilaajan valtuuttama mittauskonsultti
- Kontrollimittauksella tarkoitetaan mallipohjaisen laadunvalvonnan mittauksia, joilla todennetaan työmaaorganisaation tuottamien laadunvarmistusmittausten (tarkemittaukset ja toteumamittaukset) luotettavuutta
- Kontrollimittaukset sidotaan aina työmaan mittausperustaan
- Kontrollimittauksia suorittavat työmaaorganisaatioon kuulumattomat tahot, kuten tilaaja tai tilaajan valtuuttama mittauskonsultti
- Mittauksia voidaan verrata työmaaorganisaation tuottamiin toteuma- tai tarkemittauksiin
- Kontrollimittauksiin on erityisen tärkeää sisällyttää mittaustarkkuuden todentavat dokumentit, kuten esimerkiksi takymetrimittausten orientointitulokset tai RTK-GNSS-laitteiden tarkistusmittaustulokset hankkeen mittausperustaan kuuluvilta kiintopisteiltä



## 4. TARKKUUDEN SEURANTA

### 4.1 Tarkkuusvaatimukset

- Työkoneilla toteutettavien toteumamittausten edellytys on, että työkoneella saavutetaan vaaditut rakennekohtaiset tarkkuusvaatimukset
- Työkoneiden jatkuvilla tarkastusmittauksilla seurataan työkoneiden tarkkuustasoa, ja näin ollen varmistetaan että työkoneella on edellytykset vaatimusten edellyttämiin tarkkuuksiin.
  - Taulukoissa on esitetty vaadittavat tarkkuudet työkoneohjauksella toteutetun työn lopputulokselle (InfraRYL mukaiset maarakenteiden mittavaatimukset) ja koneohjausjärjestelmän vaaditulle tarkkuudelle.

Tie- ja katurakenteet					
Kantava kerros	20	-0 ... + 150	+ 20 ... - 20	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20
Jakava kerros	20	-0 ... + 150	+ 30 ... - 30	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
Suodatin kerros	20	-0 ... + 150	+ 40 ... - 40	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
Väylärakenteen alapinta	20	-0 ... + 200	+ 0 ... -100 Louhepatjan alla + 0 ... -200	+ 100 ... - 100	+ 30 ... - 30
*Hankekohtaisesti sovittu mittausmenetelmä tai korkeustoleranssi					

Ratarakenteet					
Rakenne-kerros	Mittausväli [m]	InfraRYL mittavaatimukset		Työkonejärjestelmältä vaadittava tarkkuus	
		XY [mm]	Z [mm]	XY [mm]	Z [mm]
Tukikerros	Silmämääräinen				
Tukikerroksen alaosa	Tasaisuus neljän metrin oikolaudalla + 15 ... - 15				
Välikerros	20	0 ... + 50	0 ... -30	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20
Eristyskerros	20	0 ... + 100	0 ... -50	+ 50 ... - 50	+ 20 ... - 20

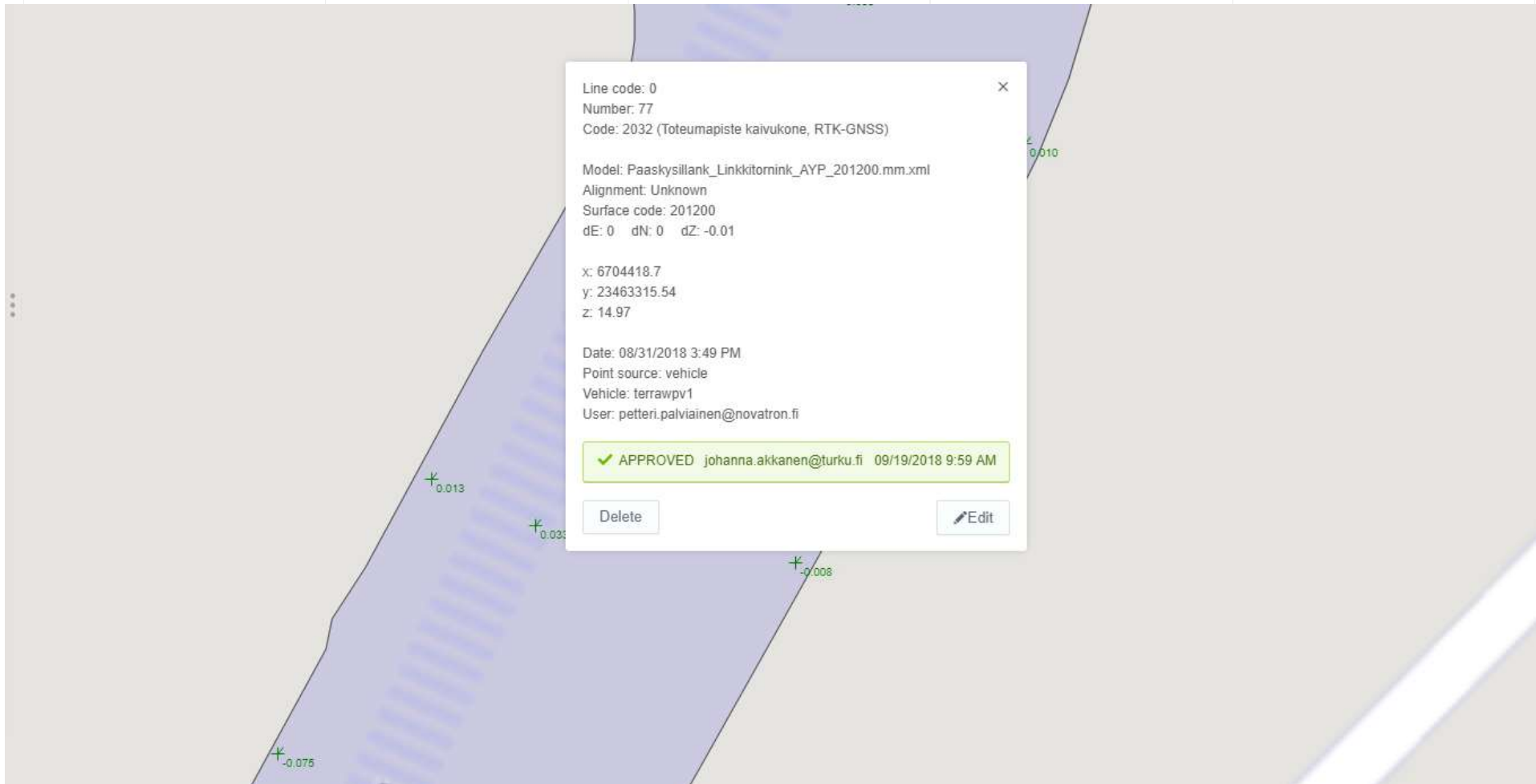
! Projektikohtaisesti näihin voidaan sopia muutoksista ja/tai tarkennuksista.

# 4. TARKKUUDEN SEURANTA

## 4.2 Tarkkuustasot

Mittauksien tarkkuustasoille annetaan seuraava koodaus mittausmenetelmän mukaan:

2000	Tarkepiste mittaaja, erittelemätön	2050	Toteumapiste kauhakuormaaja, erittelemätön
2002	Tarkepiste mittaaja, RTK-GNSS	2051	Toteumapiste kauhakuormaaja, takypaikannus
2003	Tarkepiste mittaaja, VerkkorTK-GNSS	2052	Toteumapiste kauhakuormaaja, RTK-GNSS-paikannus
2004	Tarkepiste mittaaja, korkeusvaaitus	2053	Toteumapiste kauhakuormaaja, VerkkorTK-GNSS-paikannus
2020	Toteumapiste työkone, erittelemätön	2060	Toteumapiste tiehöylä, erittelemätön
2021	Toteumapiste työkone, takypaikannus	2061	Toteumapiste tiehöylä, takypaikannus
2022	Toteumapiste työkone, RTK-GNSS-paikannus	2062	Toteumapiste tiehöylä, RTK-GNSS-paikannus
2023	Toteumapiste työkone, VerkkorTK-GNSS-paikannus	2063	Toteumapiste tiehöylä, VerkkorTK-GNSS-paikannus
2030	Toteumapiste kaivukone, erittelemätön	2070	Toteumapiste tiivistysjyrä, erittelemätön
2031	Toteumapiste kaivukone, takypaikannus	2071	Toteumapiste tiivistysjyrä, takypaikannus
2032	Toteumapiste kaivukone, RTK-GNSS-paikannus	2072	Toteumapiste tiivistysjyrä, RTK-GNSS-paikannus
2033	Toteumapiste kaivukone, VerkkorTK-GNSS-paikannus	2073	Toteumapiste tiivistysjyrä, VerkkorTK- GNSS-paikannus
2040	Toteumapiste puskutraktori, erittelemätön		
2041	Toteumapiste puskutraktori, takypaikannus		
2042	Toteumapiste puskutraktori, RTK-GNSS-paikannus		
2043	Toteumapiste puskutraktori, VerkkorTK-GNSS-paikannus		



RTK GNSS –paikannetulla kaivukoneella mitattu ja tilaajan hyväksymä toteumapiste Turun Kaupungin Pääskyyvuori -hankkeessa Infrakit –pilvipalvelussa esitettynä.



## 4. TARKKUUDEN SEURANTA

### 4.3 Mittalaitteet

#### 4.3.1 Soveltuvat mittalaitteet

- Toteuma-/tarkemittauksiin soveltuvia mittalaitteita ovat rakennusmittauksiin hyväksytyt, kalibroitu takymetri sekä RTK-GNSS -paikannettu mittalaite

### 4.4 Työkoneet

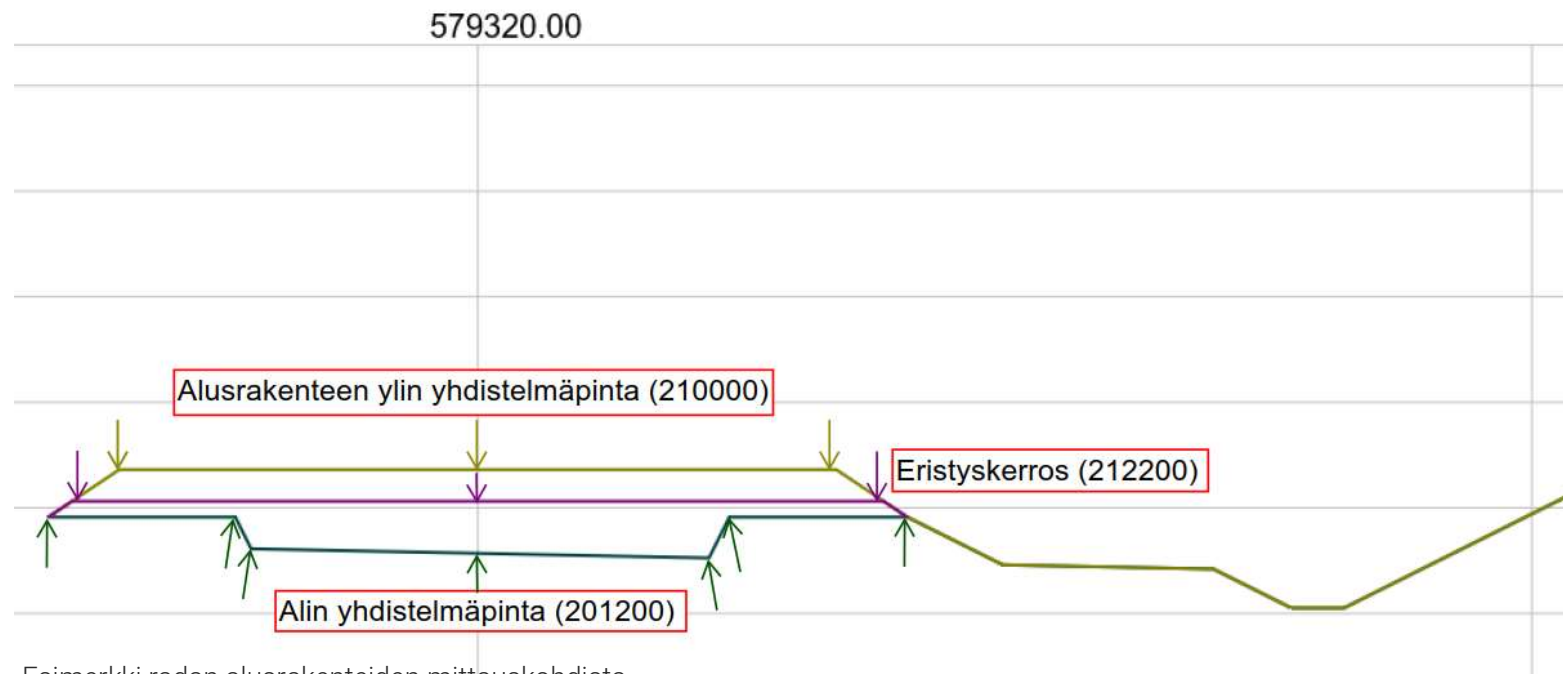
#### 4.4.1 Soveltuvat työkoneet

- Toteumamittauksiin tällä hetkellä soveltuvia työkoneita, koneohjausjärjestelmän ominaisuuksista riippuen, ovat joko takymetri- tai GNSS -paikannetut kaivukoneet, puskutraktorit, kauhakuormaajat, tiehöylät ja tiivistysjyvä
- Stabilointikoneita, paalutuskoneita ja poravaunuja voidaan myös hyödyntää toteumamittauksissa
- Stabilointikoneiden, paalutuskoneiden sekä muiden koneiden hyödyntämismahdollisuuksia tarkennetaan myöhemmin, käytännön kokemusten mukaan

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

- Väylän alusrakenteiden toteumamittauksiin hyväksytyt mittalaitteet ovat GNSS –mittalaite sekä takymetri
- Työkoneella toteumamittausta tehtäessä työkoneohjausjärjestelmän paikannus voi perustua joko GNSS – paikannukseen tai takymetri –paikannukseen

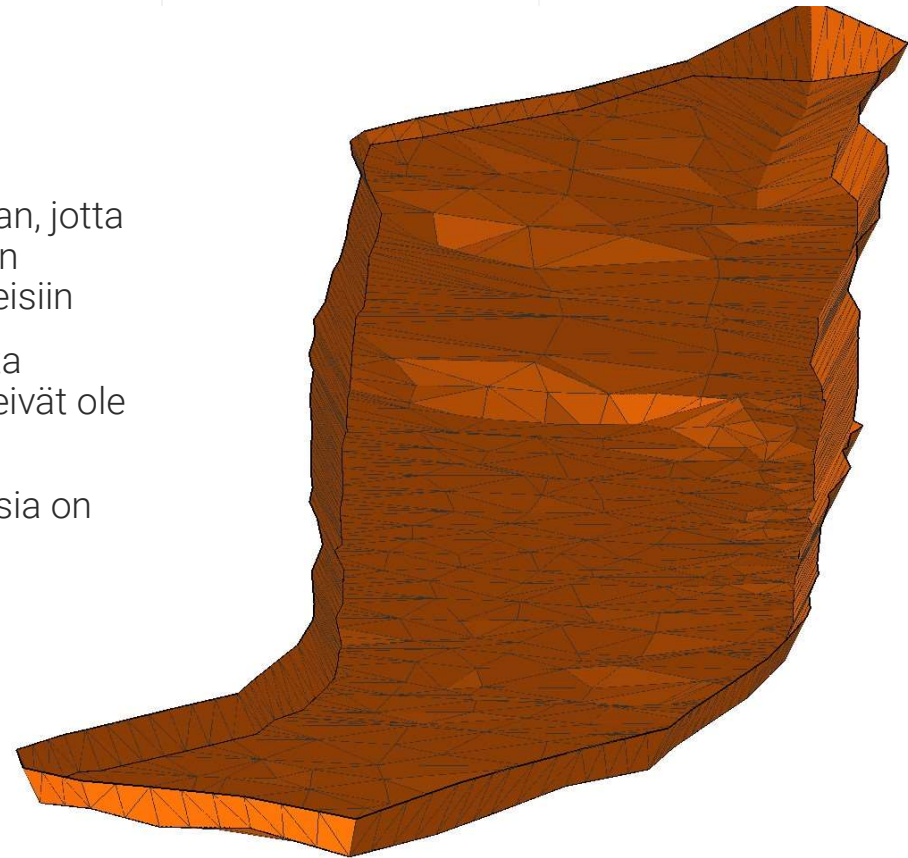


## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

#### Massanvaihto

- Massanvaihdon kaivannon toteutunut pohja mitataan tihenneydellä pistevälillä, kaivannon reunoista sekä väylän keskilinjan kohdalta, (noin 2 metrin välein) tarpeen mukaan, jotta toteutunut rakenne saadaan määritettyä mahdollisimman tarkasti sekä on hyödynnettävissä määrälaskennan tarpeisiin
- Toteumapisteiden oikeaoppista mittaamista tulee seurata jatkuvasti, on syytä muistaa että työkoneiden kuljettajat eivät ole saaneet mittausalan koulutusta
- Jokaisen toteumamittauksia tekevän työkoneen mittauksia on kontrolloitava päivittäin
- Työkaluja toteumien seurantaan on esimerkiksi Infrakitin poikkileikkaus -työkalu



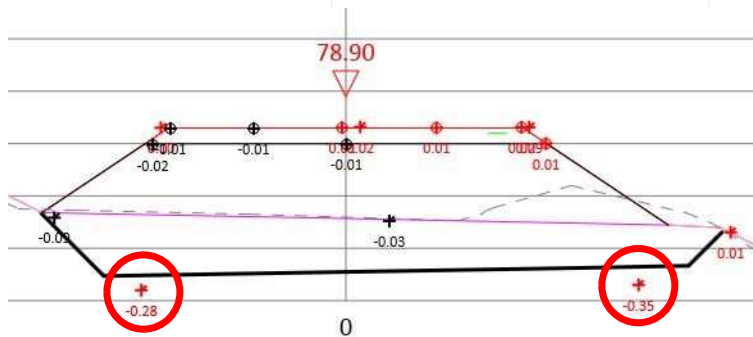
Riittävän tiheästi mitattu massanvaihdon kaivanto.

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

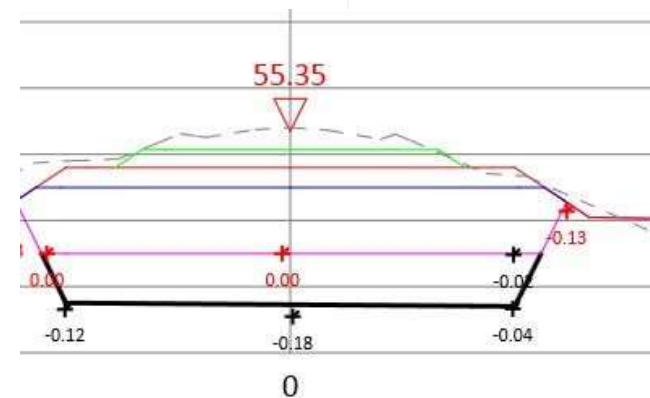
### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

#### Massanvaihto

- Edellisen sivun kuvan kaltaisessa tapauksessa on ollut kyseessä massanvaihdon kaivu, jonka täyttö on tehty välittömästi sitä mukaa kuin kaivu on edennyt
- Koska kaivuun täyttö on myös tehty välittömästi, massanvaihdon todelliset massat sekä laadunvarmistus perustuu kaivukoneen kuljettajan tallentamiin toteumapisteisiin
- Poikkileikkauksesta on nähtävissä, että mittapisteen sijainti on ollut jostain syystä valittuna kauhan keskelle
- Rakenne todennäköisesti on kaivettu oikein, mutta inhimillisen erehdyksen johdosta kohteen rakenteen oikeellisuutta ei voida enää luotettavasti todentaa ja todellisia toteutuneita massoja ei pystytä määrittämään



Massanvaihdon toteumapisteet on mitattu väärin, mittapiste on ollut valittuna kauhan keskellä. Myös kaivannon keskeltä on toteumapiste mittaamatta.



Massanvaihdon toteumapisteet on mitattu oikein.

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

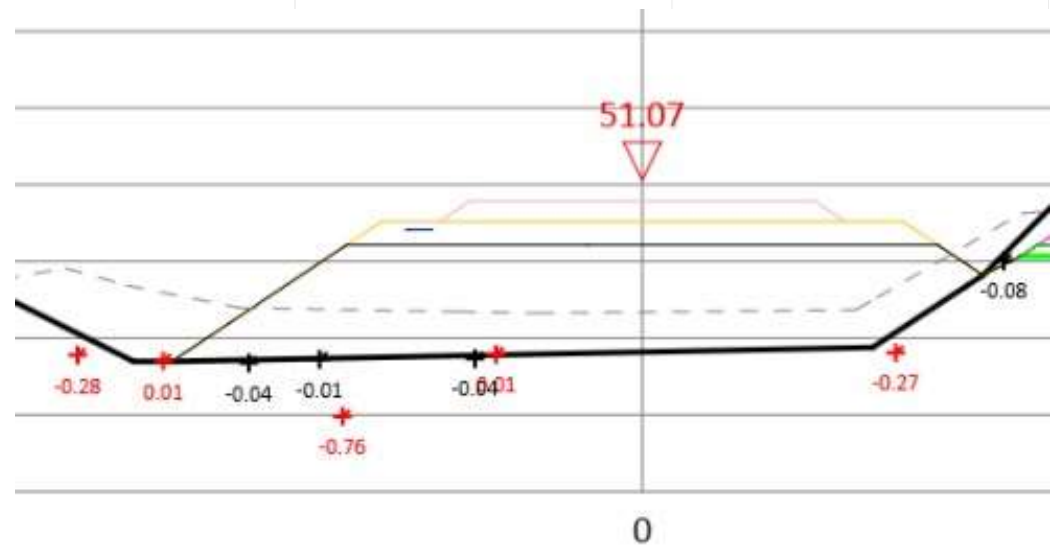
- Väylärakenteen alapinnasta mitataan vähintään 20 metrin välein (vähintään 3 pistettä) rakenteen merkitsevien taitteiden kohdalta sekä keskilinjan kohdalta
- Mikäli joudutaan poikkeamaan suunnitellusta kaivannon tasosta (esim. ylisyvä kaivu), joudutaan pisteväliä tihentämään
- Jotta toteutuneesta kaivusta saadaan mahdollisimman hyvin todellisuutta vastaava tieto, on kaikki merkitsevät taitteet mitattava riittävän tiheästi
- Ylisyvää kaivantoa myöhemmin pengerrettäessä, on muistettava mitata pisteet myös tavoitetasosta, kun tavoitetaso saavutetaan
- Tällä toteumamittauksella todennetaan täyttömäärät
- Jos pengerrys tehdään samasta materiaalista kuin jakava, tai rakenne muutetaan louherakenteeksi, ei tavoitepintaa yleensä tarvitse mitata (tarkistettava työmaa –kohtaisesti!)

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)



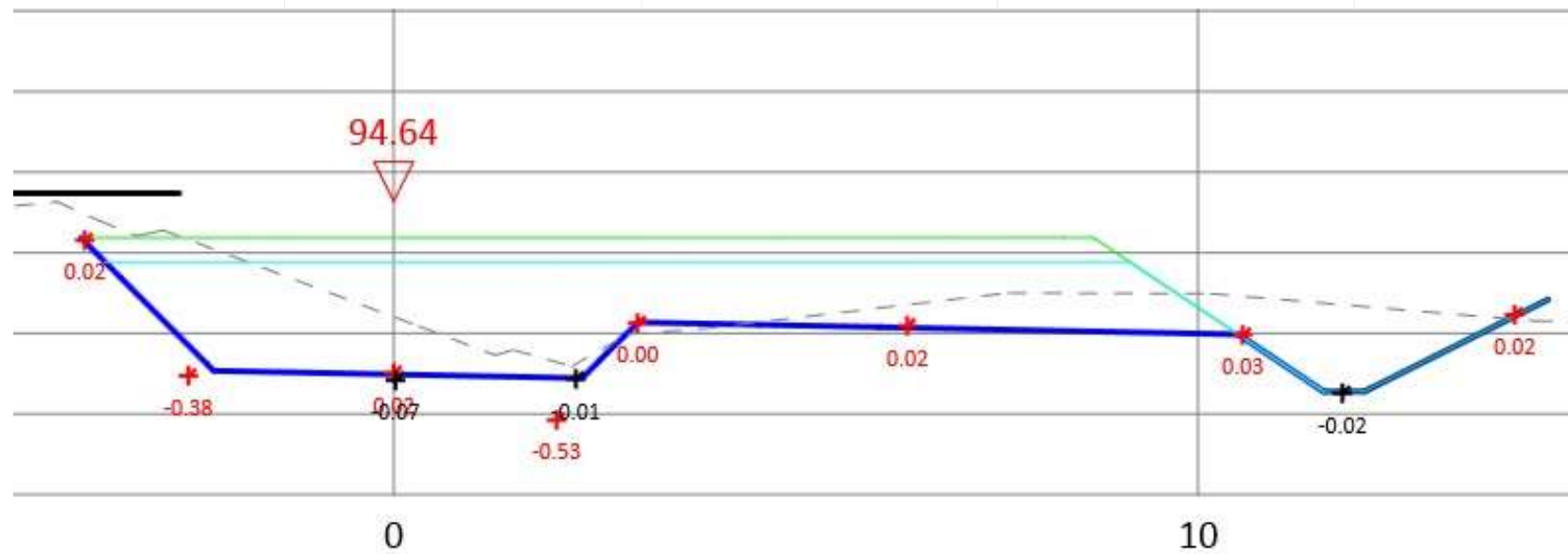
Väylärakenteen alapinta, jossa olemassa olevan ojan johdosta on jouduttu poikkeamaan tavoitetasosta.



Ylisyvän kaivun toteumapisteet, sekä myöhemmin tavoitetasoon pengerretyn, väylärakenteen alapinnan toteumapisteet.

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

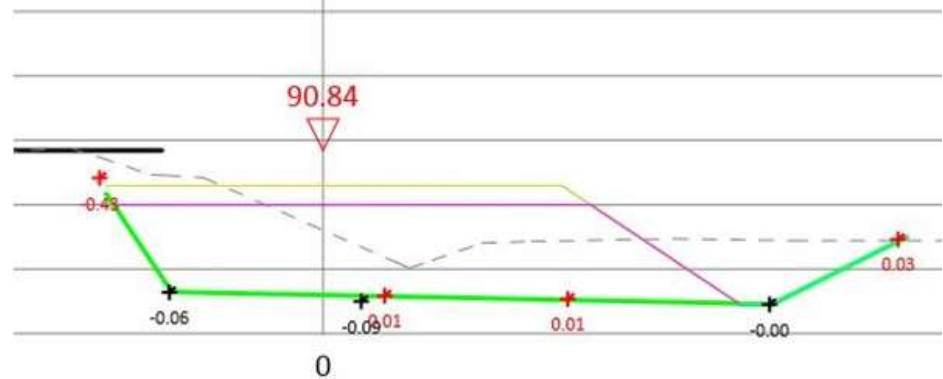
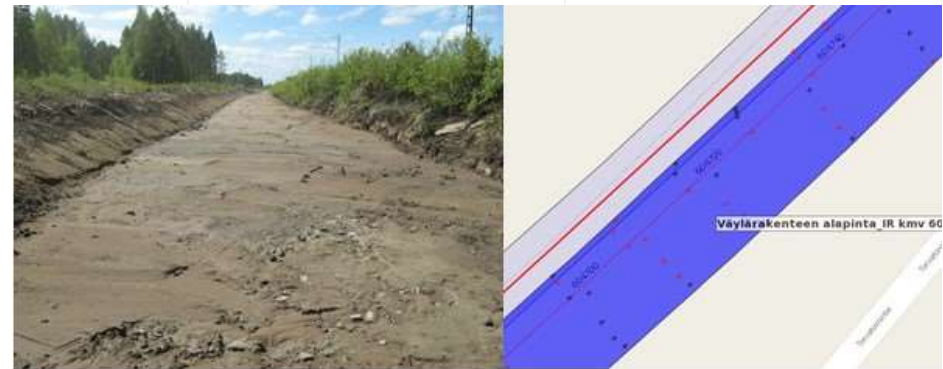


Kaivukoneella väylärakenteen alapinnasta tehty toteumamittaus.

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.1 Väylän alusrakenne (Mitattavat rakenneosat)

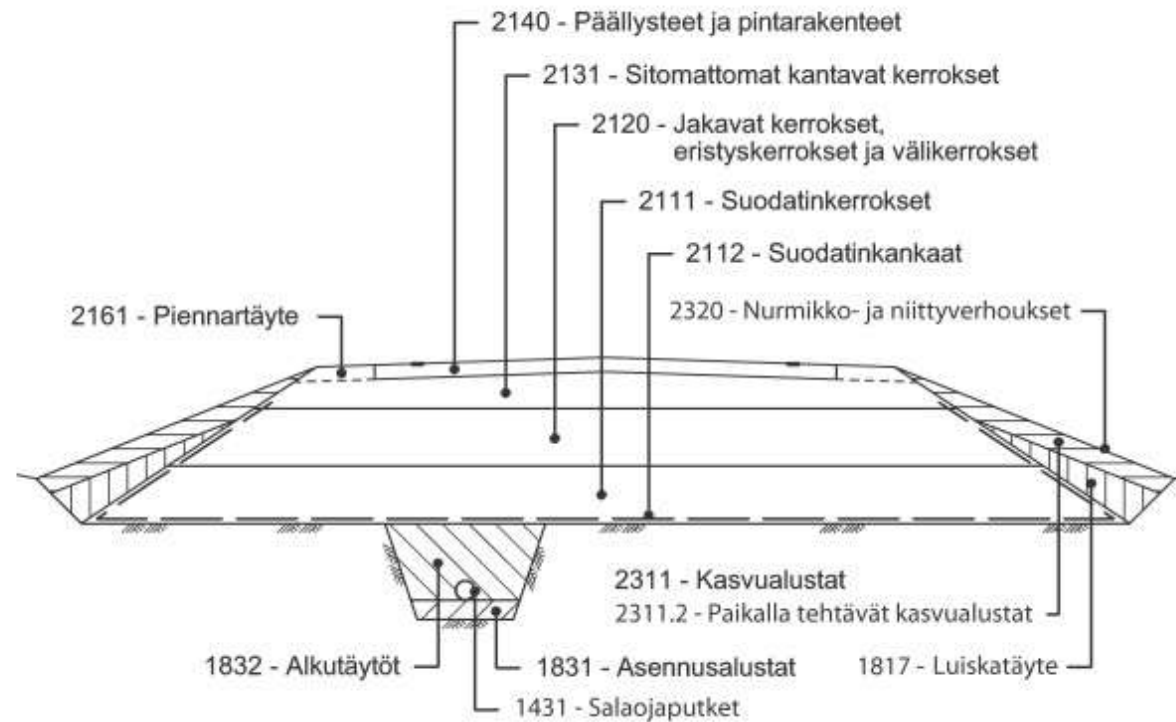
- Kun kaivu/pengerrys tehdään vaiheittain, esimerkiksi kaista kerrallaan, on toteumapisteet mitattavan riittävän tiheästi
- Tällöin toteumamittauksia voidaan hyödyntää laadunvarmistuksessa sekä mahdollisesti myös massanlaskennassa
- Tarkempi perehdytys ja ohjeistus mittauksiin annetaan hanke-/kohdekohtaisesti





# 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

## 5.2 Väylän päällysrakenne (Mitattavat rakenneosat)



Tierakenteeseen liittyviä nimikkeitä. INFRA 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö/määrämittausohje

## 5. ESIMERKKEJÄ ERI RAKENTEIDEN MITTAUKSISTA

### 5.2 Väylän päällysrakenne (Mitattavat rakenneosat)

- Väylän päällysrakenteiden toteumamittattavat tien päällysrakenteen rakenneosat ovat suodatinkerros, jakava kerros ja kantava kerros
- Rakenteista mitataan merkitsevät taitteet sekä keskilinja 20 metrin välein.
- Väylän päällysrakenteista toteumamitataan rakennekerrosten reuna sekä keskilinja
- Väylän päällysrakenteiden toteumamittauksissa voidaan käyttää GNSS –paikannettua sekä takymetri – paikannettua työkonetta
- Kantavan kerroksen tarkemittaus tehdään eri laitteella kuin mitä itse työ on tehty
- Kantavan kerroksen tarkemittaus tulee tehdä takymetrillä


## 6. LÄHTEET

- Mallipohjaisen laadunvalvontaprosessin kuvaus RU2, M. Jaakkola, Destia Oy
- buildingSMART Finland: YIV2015, YIV2019
- INFRA 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö/määrämittausohje
- Novatron tietomalliasiantuntijat

# TÄMÄ OHJE PERUSTUU YLEISIIN INFRAMALLIVAATIMUKSIIN

Lue lisää <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>

Xsite® Koneohjausjärjestelmät



**NOVATRON**  
EARTHMOVING AUTOMATION