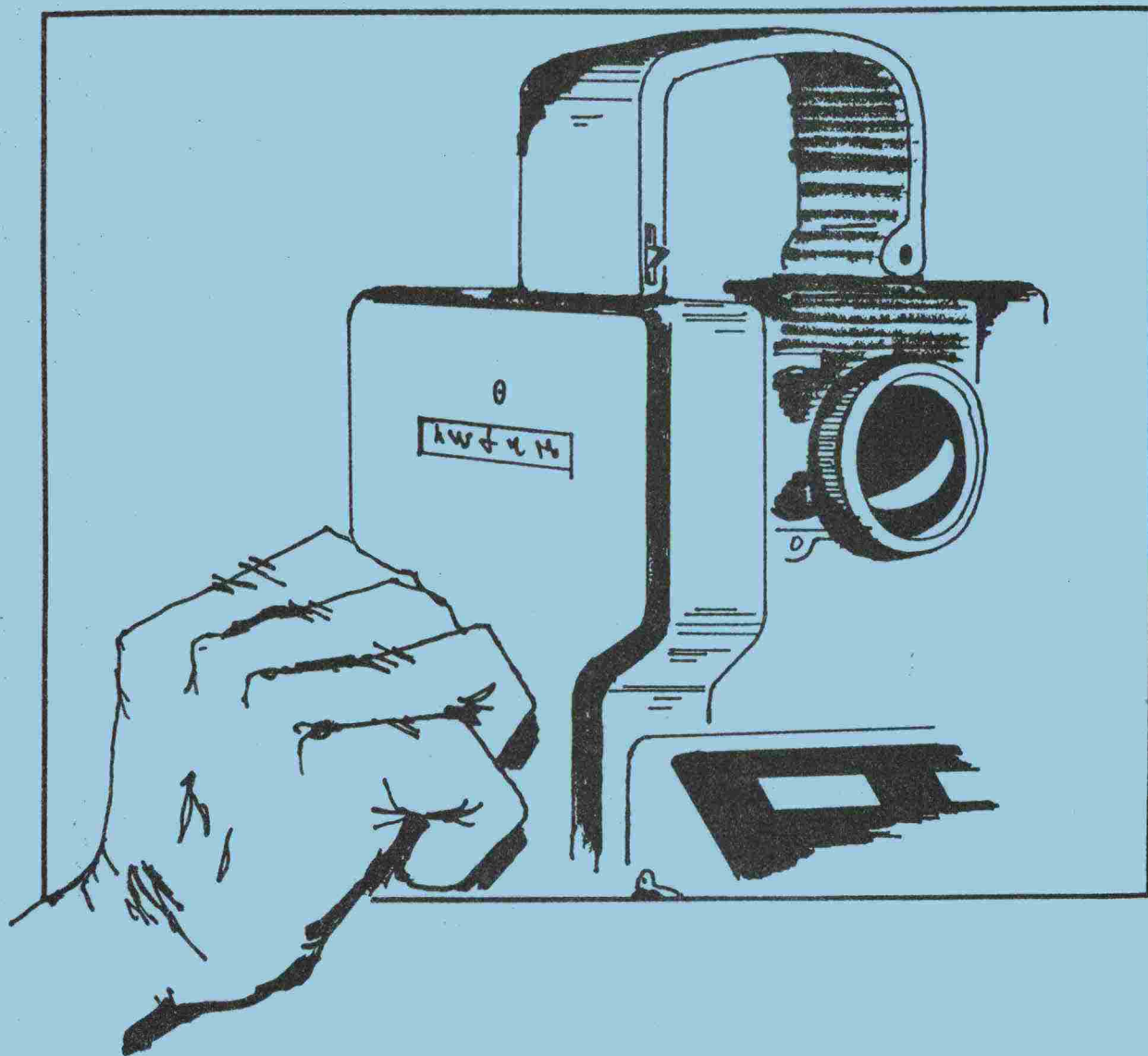


# TIETYÖMAAN MITTAUKSET

III OSA: RAKENTAMISMITTAUKSET JA ATK

IV OSA: MITTAUSVÄLINEET



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
RAKENNUSOSASTO, TIENRAKENNUSTOIMISTO

VIATEK OY

KESÄKUU 1986

TVH 731 629

08  
716



86 0646

III

RAKENTAMISMITTAUKSET JA ATK



ISBN 951-46-7345-X (koko teos)  
ISBN 951-46-7347-6 (osa 2)



# SISÄLTÖ

	Sivu
JOHDANTO	1
1. RAKENTAMISMITTAUSTEN KEHITTÄMISVAIHEET	2
2. OHJELMISTOTARVE	3
3. SYÖTTÖ- JA TULOSTUSTIEDON STANDARDOINTI	6
4. MAANMITTAUSALAN VALMISOHJELMAT MIKRO- TIETOKONEILLE	8
LIITE 1 Rakentamismittausten kehittäminen	
LIITE 2 Muutosten tekeminen työmaamittauksissa	
LIITE 3 Tiedonkulku mittausjärjestelmässä	
LIITE 4 Maanmittausalan valmishjelmat Olivetin mikrotietokoneelle	

## JOHDANTO

TVL:n tienrakennustyömaille käytettävä mittaustekniikka ei enää vastaa nykypäivän tarpeita. Sekä mittauslaitteet että suunnittelu- menetelmät ovat viime vuosina kehittyneet nopeasti, mutta rakennustoimialan mittauksissa ei vastaavaa kehitystä ole tapahtunut. Osittain tähän on ollut syynä mittausvälineiden kalleus, mutta kehityksen myötä tämäkin asia on korjautumassa.

Nykyään on mahdollista tuottaa suunnitelmat koordinaattimuodossa paikalleenmittausten helpottamiseksi. Tämä vaatii kuitenkin rakennustyömaan mittausmenetelmien ja -laitteiden kehittämistä.

Tässä raportissa tehdään ehdotus mittausmenetelmien sekä tähän liittyvän atk:n kehittämiseksi.

## 1. RAKENTAMISMITTAUSTEN KEHITTÄMISVAIHEET

### Nykytilanne

Tällä hetkellä suunnittelija tuottaa paalutus- ja tähtäysmerkkilaskennat rakennussuunnitelman yhteydessä. Rakentamisvaiheessa laskentoja käytetään hyväksi mahdollisuuksien mukaan. Usein joudutaan kuitenkin laskentoja täydentämään työmaaolosuhteiden muutosten vuoksi (ks. liite 1).

Mittaukset tehdään yleensä teodoliitilla, mittanauhaa ja prismaa hyväksi käyttäen. Apuna voi olla myös ohjelmoitava funktiolaskin. Tien mittalinjan paalut mitataan yleensä monikulmiopisteiltä ja tähtäysmerkit puolestaan mittalinjalta. Korkeus siirretään tähtäysmerkkeihin vaaitsemalla.

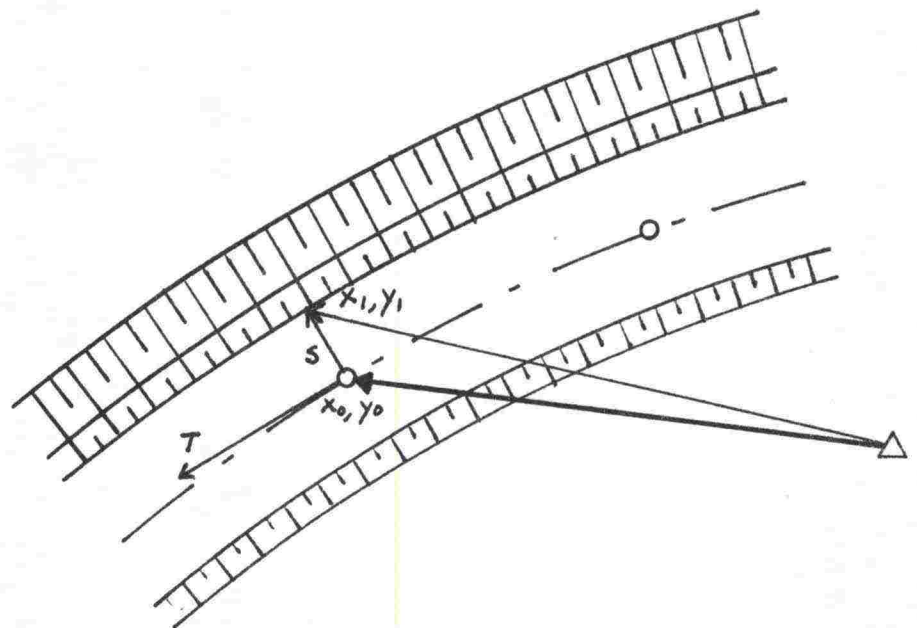
### I Vaihe

I vaihe (ks. liite 1) on tarkoitettu lähinnä sellaisille työmaille, joilla mittaukset tehdään vanhojen suunnitelmien mittataulukkoita sekä tähtäysmerkki- ja paalutuslaskentoja käyttäen.

Mittauskalustona maastossa on elektroninen takymetri sekä ohjelmoitava maastotallennin, jossa on 2-suuntainen tiedonsiirto.

Ensimmäiseksi on saatava selville mittalinjan paalujen  $x$ ,  $y$ -koordinaatit. Tähän on kaksi mahdollisuutta sen mukaan, mikä on työmaan atk-laittevalmius.

Vaihtoehdossa 1 ei ole käytössä mikrotietokonetta. Tällöin tulee maastotallentimessa olla ohjelma, joka laskee mittalinjan pääpistetietojen avulla paalujen  $x$ ,  $y$ -koordinaatit sekä suuntakulman  $T$ . Tähtäysmerkin koordinaatit saadaan tämän jälkeen syöttämällä tallentimeen paikalleenmittausvaiheessa sivumitta  $S$ , jolloin ohjelma laskee tähtäysmerkin  $x$ ,  $y$ -koordinaatit suuntakulman  $T$  ja mittalinjan koordinaattien avulla (kuva 1). Lisäksi syötetään korkeus  $z$ .



Kuva 1. Paikalleenmittaus sivumitan  $S$  ja suuntakulman  $T$  avulla.

Sivumitat S ja korkeudet z saadaan tähtäysmerkkilaskennoista ja poikkileikkauksista. Mittalinjan pääpistetiedot syötetään tallentimeen, joka laskee koordinaatit ja suuntakulman ja tallentaa ne. Pääpistetietojen asemesta voidaan käyttää myös suoraan mittalinjalle tehty koordinaattilaskentaa.

Vaihtoehdossa 2 mikrotietokone hoitaa koordinaattilaskennan. Mittalinjan pääpistelaskenta sekä sivumitat ja korkeudet syötetään koneeseen ja tuloksena saadaan standardimuodossa poikkileikkauspisteiden koordinaatit, jotka ladataan tämän jälkeen tallentimeen (ks. kohta 3).

Varsinainen paikalleenmittaus tehdään valitsemalla sopiva kojeasema, jolta havaitaan vähintään kaksi tunnettua runkopistettä. Tallentimessa oleva ohjelma laskee seuraavaksi kojeaseman koordinaatit. Vaihtoehdossa 1 kutsutaan paaluluvun avulla mittalinjan koordinaatit käsittelyyn tallentimen muistista. Syöttämällä tähtäysmerkin sivumitta S ja korkeus z ohjelma laskee paalutusmitat mittalinjan koordinaattien avulla. Vaihtoehdossa 2 saadaan pisteen koordinaatit suoraan kutsumalla piste paalun ja tunnusluvun avulla, minkä jälkeen ohjelma laskee paalutusmitat.

## II Vaihe

Seuraavassa vaiheessa suunnittelija tuottaa kaikki tien poikkileikkauspisteiden koordinaatit, jotka voidaan joko ladata valmiiksi tallentimen muistiin (ve 1) tai siirtää magneettilevyllä työmaalle (ve 2). Jälkimmäisessä vaihtoehdossa voidaan työmaan omalla mikrotietokoneella tehdä koordinaattien editointia sekä poimintaa eri työvaiheita varten ja ladata tämän jälkeen halutut koordinaatit tallentimeen.

Koordinaatit on mahdollista tuottaa vanhoista suunnitelmista tekemällä massalaskenta uudelleen, jolloin koordinaatit voidaan tulostaa poikkileikkauspisteistä.

Paikalleenmittaus tehdään vapaalta kojeasemalta kutsumalla piste tunnuksensa avulla tallentimen muistista käsiteltäväksi, jolloin tallentimessa oleva ohjelma laskee paalutusmitat. Tietojen käsinsyöttöä ei enää tarvita.

Mittauskalusto on sama kuin edellä.

## 2. OHJELMISTOTARVE

### Suunnittelija

Nykytilanteessa ja I vaiheessa tuotetut tiedot ovat samoja, joten mitään uusia suunnitteluohjelmia ei tarvita.

II vaiheessa tulee suunnittelijalla olla käytössään tiensuunnitteluohjelmisto, jolla voidaan tuottaa tien poikkileikkauspisteiden y, z-koordinaatit. Myös muut tiehen liittyvät rakenteet tulee voida tulostaa koordinaattimuodossa.



## Työmaatoimisto

Työmaalla tulisi olla käytössä mikrotietokone, jolla voidaan tehdä suunnittelutietojen käsittelyä sekä tarvittavia lisälaskentoja.

I ja II vaiheiden vaihtoehdoissa 1 (ks. liite 1) on kuvattu tilanne, jossa tultaisiin toimeen ilman mikrotietokonetta. Vaihtoehdoissa 2 sen sijaan käytössä on mikro, jonka sisältämät ohjelmat riippuvat suunnittelutietojen tasosta.

I vaiheessa tarvitaan mikrotietokoneessa lähinnä sellaisia ohjelmia, joilla voidaan muokata vanhojen suunnitelmien tietoja käyttökelpoiseen muotoon. Tällöin tulevat kyseeseen mm. koordinaattilaskennat mittalinjan pääpisteiden ja sivumittojen avulla.

Tiedot koodataan laskentaohjelman vaatimaan muotoon ja syötetään mikrotietokoneeseen. Mittalinjasta koodataan elementin alkupisteen paalu, alku- ja loppusäde, klotoidin parametri sekä x- ja y-koordinaatti. Tähtäysmerkeistä koodataan paalu, pistenumero, sivumitta S sekä korkeus (z-koordinaatti). Koordinaattilaskennan tuloksena saadaan tähtäysmerkkien x, y, z-koordinaatit standardimuodossa. Yksityiskohtainen koodausmuoto on esitetty kuvassa 4.

Myös runkopisteet syötetään mikeroon jäljempänä esiteltävää standardia noudattaen. Edelleen on mahdollista syöttää sellaisten tiehen liittyvien rakenteiden koordinaatteja, joita ei tuoteta edellä kuvatulla menetelmällä.

Edellä lueteltujen ohjelmien lisäksi tarvitaan työmaalla myös kaikki II vaiheen ohjelmat.

II vaiheessa tehdään työmaan mikrotietokoneella pääasiassa suunnittelussa tuotettujen tien poikkileikkaus- ym. pisteiden käsittelyä ja tallentimeen latausta. Lisäksi tehdään rakentamistyön seuranta ja siihen liittyen mm. määrälaskentaa.

Suunnittelussa tuotettujen koordinaattien käsittely sisältää mm. poimintaa eri rakentamisvaiheita varten. Tämä voidaan tehdä pisteiden tunnisteiden, numeron, paalun ja koordinaattien avulla, joiden muoto on määritelty pisteiden tulostusstandardissa (kuva 2). Asiaa on käsitelty tarkemmin kohdassa 3.

Määrälaskentaa varten havaitaan takymetrillä halutusta kohteesta tielinjalta x, y, z-koordinaatteja tarvittava määrä. Tämän jälkeen tiedot syötetään mikrotietokoneelle. Massalaskentaohjelma käyttää hyväkseen sekä havaittuja pisteitä, että suunnittelijan tuottamia alusrakenteiden koordinaatteja, jotka voidaan erottaa tunnuksen ja paalun avulla pisterekisteristä. Massalaskenta voidaan tehdä esimerkiksi poikkileikkauspintojen avulla.

Grafiikkaohjelmilla voidaan tulostaa esimerkiksi poikkileikkauskuvia suunnittelussa tuotettujen ja maastossa havaittujen koordinaattien avulla.

Taulukossa 1 on lueteltu mikrotietokoneen tarvitsemat ohjelmat eri vaiheissa. Luetteloon eivät sisälly tiedonsiirron vaatimat ohjelmat.

**Taulukko 1. Mikrotietokoneen tarvitsemat ohjelmat.**

Ohjelma	I-vaihe	II-vaihe
Koordinaattien käsittely	x	x
Koordinaattilaskenta linjatiedoista ja sivumitoista S	x	
Määrälaskenta	x	x
Poikkileikkausten piirtäminen	x	x
Tarkistukset	x	x

Laajempien tarkistusmittausten tulosten analysointiin on myös syytä olla omat ohjelmat työmaan mikrolla.

### Tallennin

Maastotallentimen ohjelmalla lasketaan vapaan kojeaseman x, y, z-koordinaatit havainnoista tunnettuihin runkopisteisiin. Edelleen tarvitaan paalutusmittojen laskentaohjelma, joka käyttää hyväkseen kojeasemalle laskettuja sekä tallentimeen ladattuja x, y, z-koordinaatteja. I vaiheessa (ve 1) tarvitaan lisäksi lisäohjelma, joka laskee tähtäysmerkin x, y-koordinaatit mittalinjan pääpistetiedoista sivumitan S avulla. Tasogeometrian peruslaskentaohjelmat tarvitaan luonnollisesti kaikissa vaiheissa. Perusohjelmat käyttävät hyväkseen ennalta laskettujen pisteiden koordinaatteja. Edellä lueteltujen ohjelmien lisäksi tarvitaan tiedonkeruuohjelma, jolla voidaan kerätä x, y, z-pisteitä esimerkiksi määrälaskentaa tai tarkistuksia varten. Myös tallentimessa tulisi olla oma ohjelmansa pikatarkistuksia varten.

**Taulukko 2. Tallentimen tarvitsemat ohjelmat.**

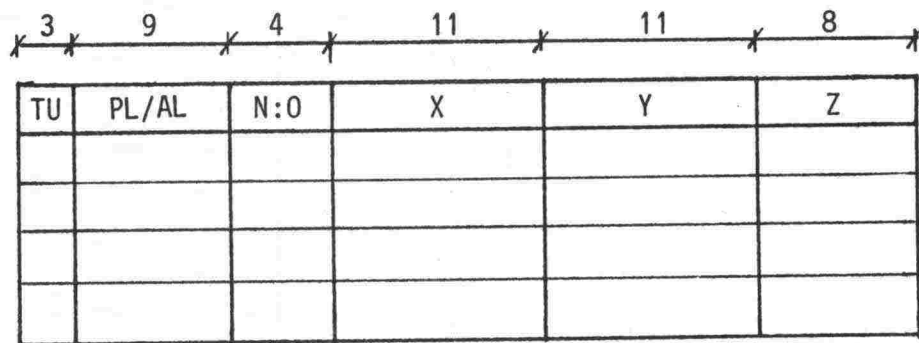
Ohjelma	I vaihe	II vaihe
Kojeaseman koordinaattilaskenta	x	x
Paalutusmittojen laskenta	x	x
Koordinaattilaskenta linjatiedoista ja sivumitoista S	ve 1	
Tasogeometrialaskennat	x	x
Tiedonkeruu	ve 2	x
Tarkistukset	x	x

Liitteessä 2 on esitetty, mitä muutoksia kuvattu järjestelmä sallii tehtäväksi maastossa ja työmaalla, sekä mitkä muutokset on jätettävä suunnittelijan tehtäväksi omilla ohjelmillaan.

### 3. SYÖTTÖ- JA TULOSTUSTIEDON STANDARDOINTI

Tiedonkulun eri vaiheita varten tarvitaan linja- ja koordinaattitiedoille yhtenäinen muoto. Erityisesti tämä koskee suunnittelijan tuottamia koordinaattipisteitä, joita on voitava käsitellä mikrotietokoneella. Liitteessä 3 on kuvattu kaavion avulla mittausjärjestelmän tiedonkulun vaiheet.

Standardipiste muodostaa tietueen, jonka eri kenttien perusteella on mikrotietokoneella voitava tehdä lajitteluja ja poimintaa. Tietueen muoto selviää seuraavasta kuvasta.



Kuva 2. Standardipisteiden tulostusmuoto.

Ensimmäisenä kenttänä on tunniste (TU), joka koostuu kolmesta merkistä. Tunniste ilmoittaa pisteen tyyppin, joka voi olla esim:

- päätien mittalinjan piste
- rampin mittalinjan piste
- tähtäysmerkki
- tasoliittymän piste
- siltapiste
- runkopiste
- hajapiste
- jne.

Seuraava kenttä ilmoittaa pistetyypistä riippuen joko paaluluvun tai aluetunnuksen (PL/AL) (9 merkkiä). Pisteille, jotka on sidottu linjaan, annetaan paalulukua ja muille voidaan antaa sopiva nimi.

Kolmas kenttä sisältää pistenumeron (4 numeroa). Pisteiden numerointi voidaan tehdä jakamalla kullekin tunnisteelle oma alueensa, jolta numerot määritellään, esimerkiksi tähtäysmerkit numeroidaan väliltä 0001-0100. Suunnittelijan tehtävänä on nimetä pisteet siten, että ne voidaan yksiselitteisesti tunnistaa. Tähän voidaan käyttää pisteselitustietueita, joiden muoto esitellään jäljempänä (kuva 3).



Pisteen koordinaatit muodostavat loput kolme kenttää. X- ja y-koordinaatit tarvitsevat 11 merkkiä ja z-koordinaatti 8 merkkiä.

Seuraavassa kuvassa on ehdotus pisteselistietueesta. Se koostuu tunnisteesta, paalu/aluettunnuksesta, pistenumeroista sekä tekstikentästä. Kolme ensimmäistä ovat samoja kuin edellä. Tekstikenttään määritellään pisteen nimi ja kentän pituus määräytyy mikrotietokoneen ominaisuuksien mukaan.

TU	PL/AL	N:0	TEKSTIÄ

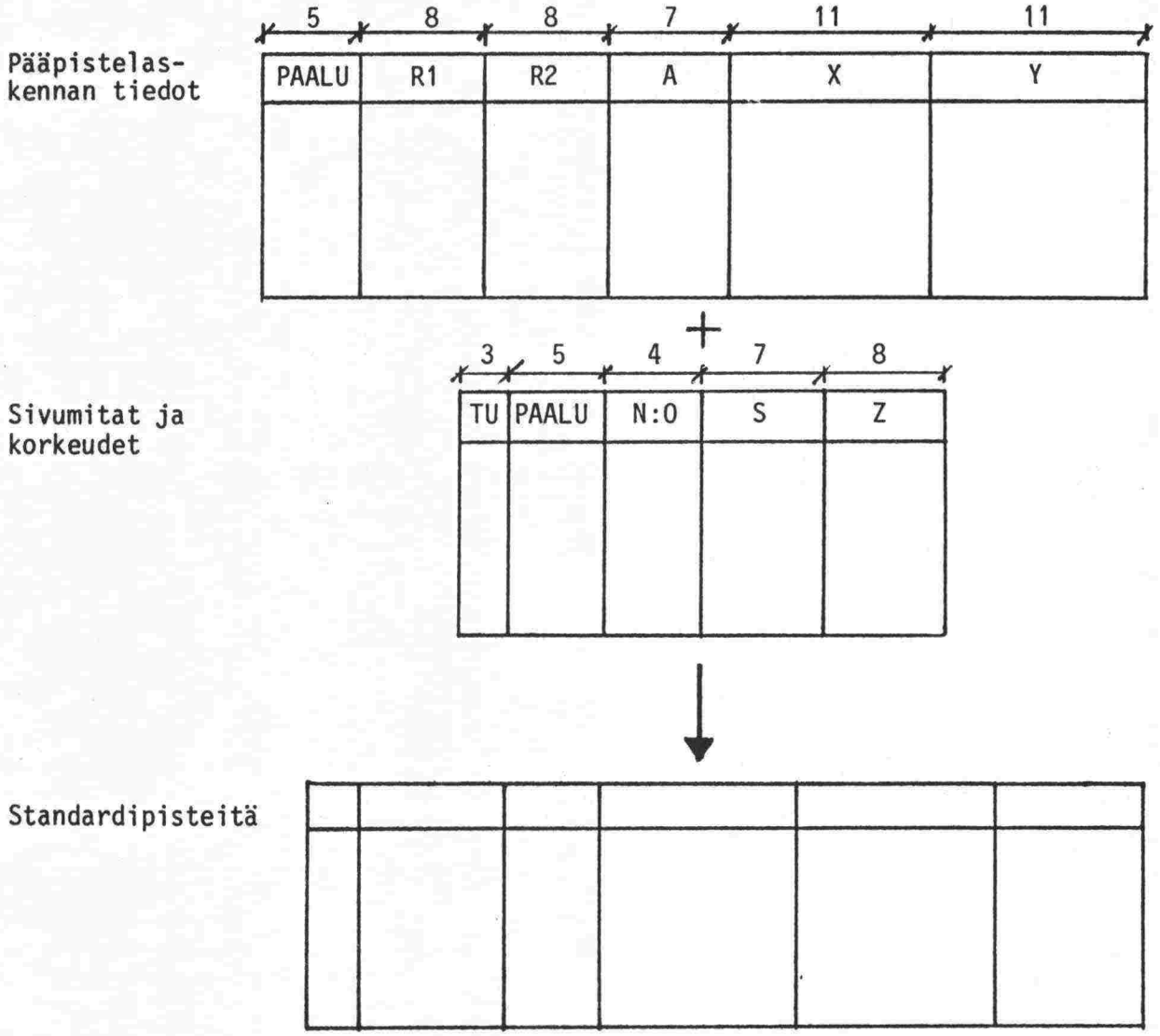
**Kuva 3. Pisteselistietue.**

Pisteselistiedoston luo suunnittelija ja se siirretään koordinaattitiedon yhteydessä suunnitelmaan liittyvänä dokumenttina. Mikrotietokoneella olevaa pisteselistiedostoa voidaan käsitellä samaan tapaan kuin koordinaattitietoakin, lajittelua ja poimintaa tekemällä.

I vaiheen vaihtoehdossa 2 tehdään koordinaattilaskenta työmaan mikrotietokoneella pääpiste- ja tähtäysmerkkilaskentaa hyväksi käyttäen. Näiden laskentojen tiedot syötetään mikrotietokoneelle, joka tulostaa tähtäysmerkkien koordinaatit standardimuodossa. Tarvittava lähtötiedon muoto on esitetty seuraavassa kuvassa.

Pääpistetiedot syötetään elementeittäin siten, että kustakin elementistä ilmoitetaan paalu, alkusäde (R1), loppusäde (R2), klotoidin parametri (A) sekä x- ja y-koordinaatit. Tähtäysmerkeistä syötetään tunniste (TU), paalu, pistenumero, sivumitta S sekä korkeus Z.





Kuva 4.

**4. MAANMITTAUSALAN VALMISOHJELMAT MIKROTUETOKONEILLE**

Alustavan kyselyn perusteella ainakin seuraavilla atk-ohjelmien toimittajilla on maanmittauspaketteja Olivetin mikrotietokoneelle:

- Geopolar
- Viatek Oy

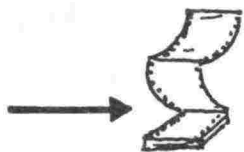
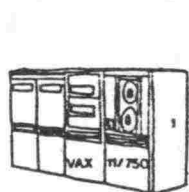
Tarkemmat tiedot ohjelmista on koottu liitteeksi 4.

# SUUNNITTELIJA

# TYÖMAATOIMISTO

# MAASTO

## NYKYTILANNE



- paalutuslaskenta
- tähtäysmerkkilaskenta

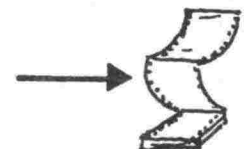
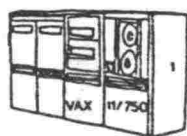


- mittaussuunnitelman täydentäminen



- teodoliitti, vaaituskoje, mittanauha, prisma
- mittalinja monikulmiopisteiltä teodoliitilla ja mittanauhalla
- tähtäysmerkit mittalinjalta mittanauhalla ja prismalla
- korkeus vaaitsemalla

## I VAIHE: Vanhat suunnitelmat



- pääpiste- tai paalutuslaskenta
- tähtäysmerkkilaskenta

Ve 1

Ve 2

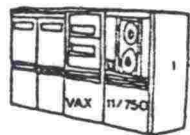


- koordinaattilaskenta
- tallentimen lataus



- elektroninen takymetri ja tallennin, jossa 2-suuntainen tiedonsiirto
- vapaa kojeasema, paalutus sädemittauksella
- S ja z syötetään käsin (ve 1)
- kaikki koordinaatit tallentimessa (ve 2)

## II VAIHE: Uudet suunnitelmat



- tallentimen lataus



Ve 1

Ve 2

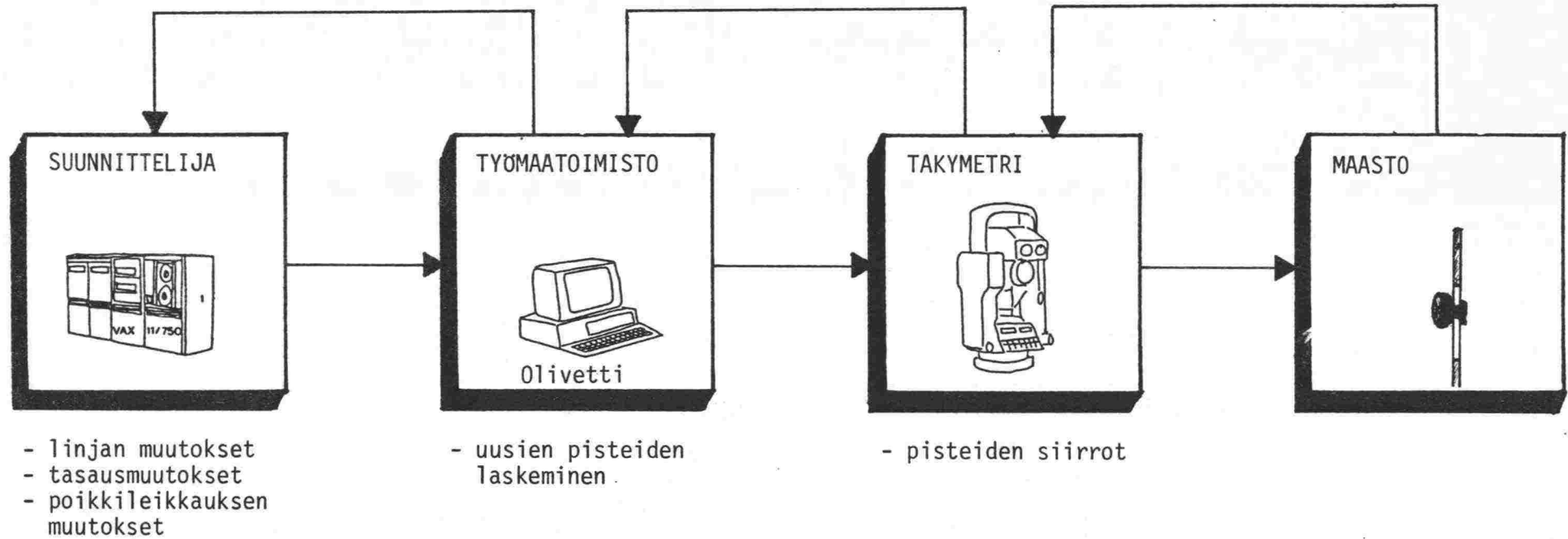


- tallentimen lataus



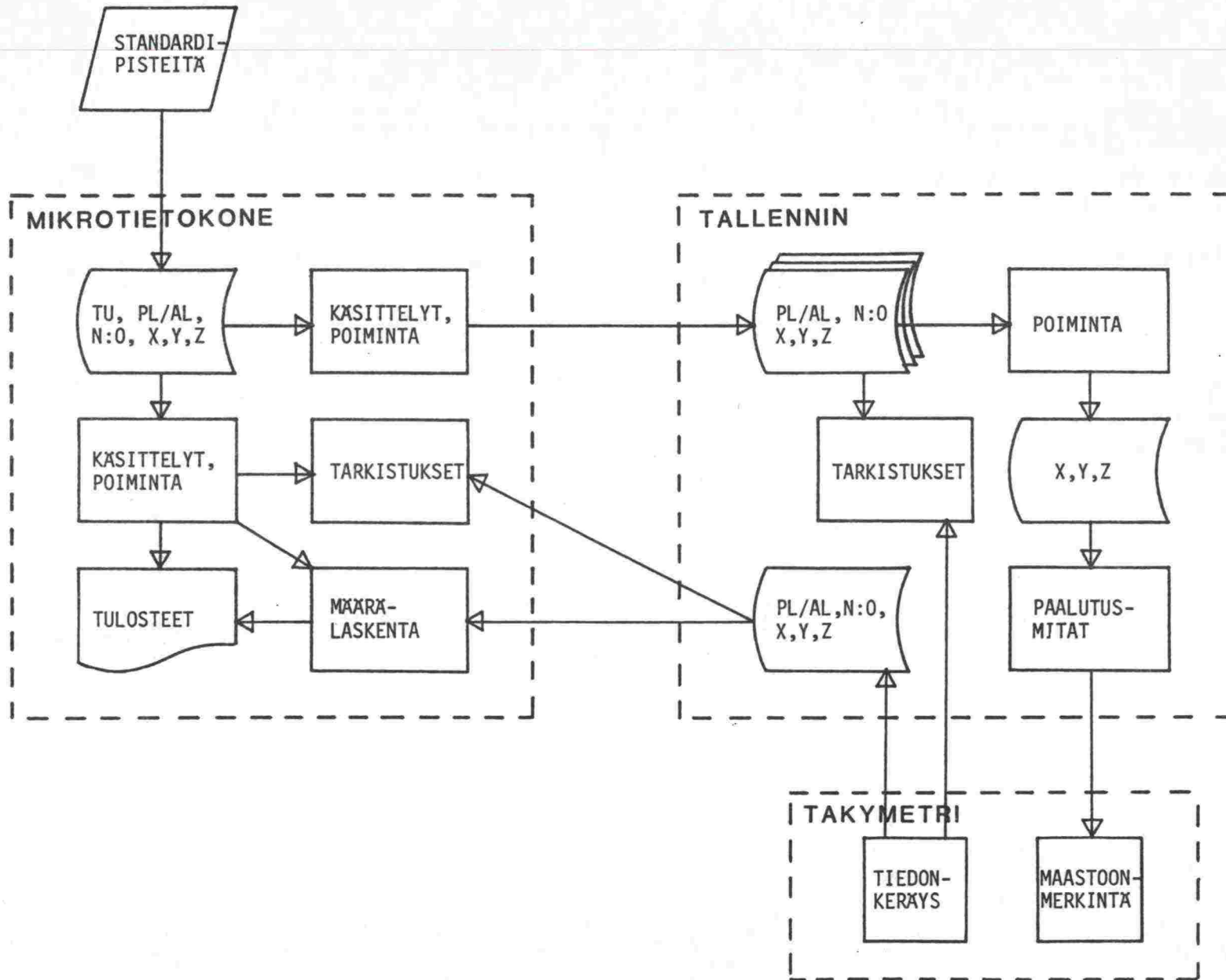
- elektroninen takymetri ja tallennin, jossa 2-suuntainen tiedonsiirto
- vapaa kojeasema, paalutus sädemittauksella
- kaikki koordinaatit tallentimessa

# MUUTOSTEN TEKEMINEN TYÖMAAMITTAUKSISSA



SUUNNITELMA

TIEDONKULKU MITTAUSJÄRJESTELMÄSSÄ





## MILA - MAANMITTAUSOHJELMISTO

## LAITTEISTO + PERUSOHJELMISTO

## Perusversio (minimikokoonpano):

Olivetti M24 PC  
 Keskusyksikkö 512 Kb:n muisti +  
 2 x 360 Kb levykeasema  
 Näppäimistö (IBM tai Olivetti layout)  
 Näyttöpääte m/v (max erotuskyky 640x400)  
 Matriisikirjoitin FR 15 B, kitka- ja  
 traktoriveto lev. 8,5", kaapeli  
 MS-Dos + GW-basic  
 MILA-perusosa  
 Käyttökoulutus asiakkaan luona (1 päivä)  
yhteensä 45.500,-

## Suositeltava kokoonpano:

Olivetti M24 PC  
 Keskusyksikkö 512 Kb:n muisti +  
 10 Mb:n winchesterlevyasema +  
 360 Kb:n levyasema  
 Laajennuskorttipohja  
 Näppäimistö  
 Näyttöpääte m/v  
 Matriisikirjoitin FR 15 B  
 MS-Dos + GW-basic  
 MILA-perusosa  
 Käyttökoulutus asiakkaan luona (1 päivä)  
yhteensä 55.700,-

## Lisätarvikkeita:

	ovh
Hiiri	1.530,-
Aritmetiikkaprosessori	4.107,-
Väri näyttöpääte	6.726,-
Grafiikanlaajennuskortti (16 väriä tarkkuusgrafiikassa)	6.043,-
Piirturi, esim. HP7475 A3-koko, 6-kynää	16.618,-

## MILA-OHJELMISTO

## Perusosa:

1. Tiedonhallintaohjelmat
  - pisterekisteri neljä tunnusta 4+4+3+3
  - xyz-Koordinaatit
  - havaintorekisteri
  - lisäykset, korjaukset, luettelot
  
2. Kartoitusohjelmat
  - säteittäiset/suorakulmaiset kartoitukset
  - eteenpäinleikkaus
  - taaksepäinleikkaus
  - kaarileikkaus
  - yhden pisteen tasoitus
  
3. Paikalleen mittaus (paalutus) ohjelmat
  - säteittäiset/suorakulmaiset paalutusmitat
  - laskenta pisteittäin/alueittain
  
4. Jonolaskenta
  - monikulmiojonon tasoitus (solmupistetasoitus)
  
5. Tulkintaohjelmat
  - pisteen projektiot suoralla
  - suorien leikkaus (siirtymät)
  - suoran ja ympyrän leikkaus
  - kulman pyöristys
  - kaaren/suoran jako tasoon
  - ympyrä kolmen pisteen kautta/  
kaksi pistettä ja säde
  - kahden ympyrän tangentit
  
6. Pinta-alan laskenta
  - myös kaaret
  - kokonaisala/osa-alojen summaus
  
7. Koordinaatiston muunnokset
  - Helmert-muunnos:
    - laskee muunnoskertoimet, kun tunnetaan kolme tai useampia xy-pisteitä kahdessa eri koordinaattijärjestelmässä

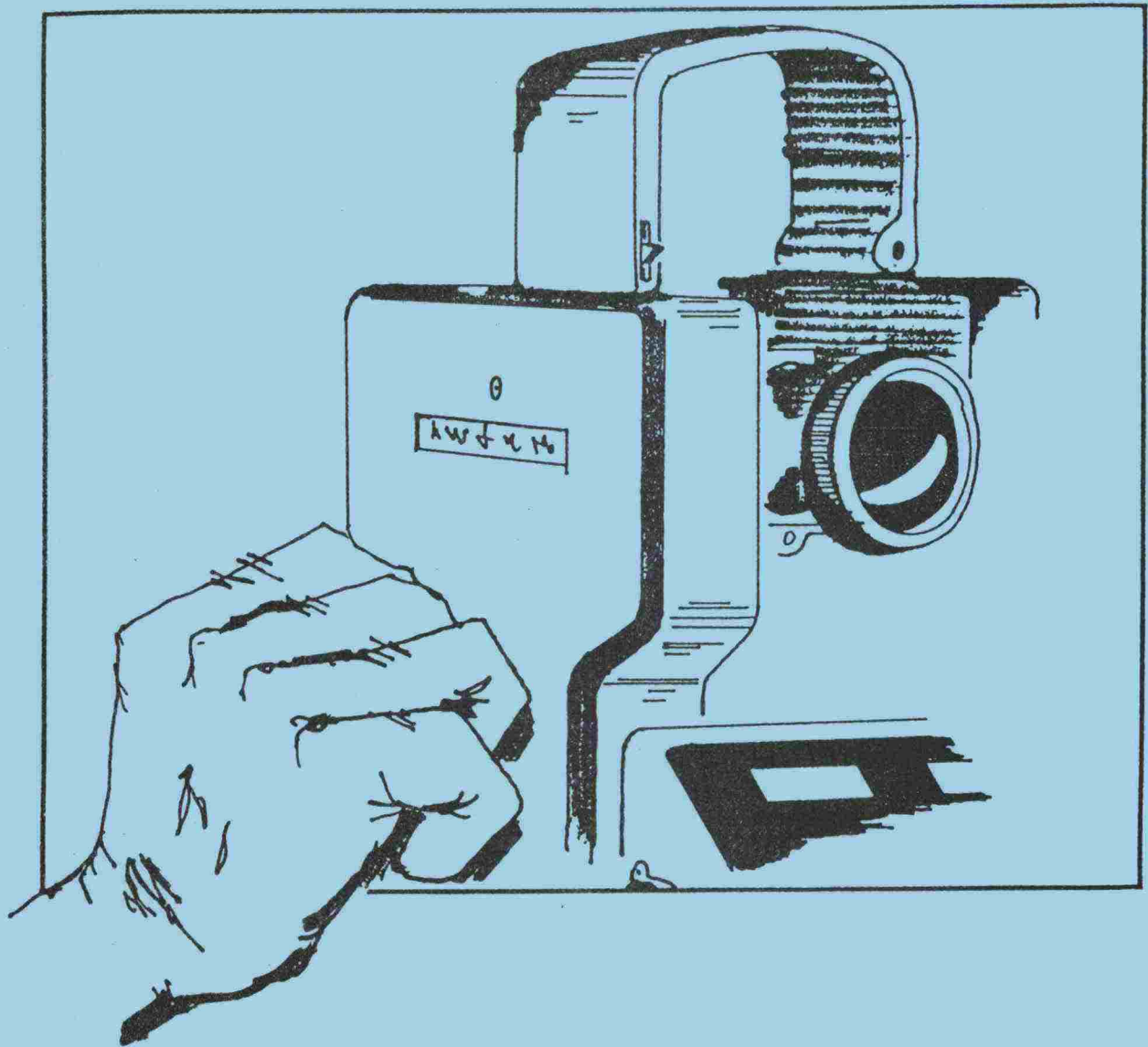
PERUSOSAN HINTA 18.000,-

Perusosan käytönopastus asiakkaan luona 2.000,-/pv



# TIETYÖMAAN MITTAUKSET

IV OSA: MITTAUSVÄLINEET



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
RAKENNUSOSASTO, TIENRAKENNUSTOIMISTO

VIATEK OY

KESÄKUU 1986



IV

MITTAUSVÄLINEET

## SISÄLTÖ

	<b>Sivu</b>
JOHDANTO	1
1. TARKKUUSVAATIMUKSET	2
2. UUSIEN MITTAUSLAITTEIDEN KÄYTTÖÖNOTTOTARVE	2
3. UUSIEN MITTAUSLAITTEIDEN OMINAISUUKSIA	3
4. MITTAUSLAITTEIDEN SOVELTUVUUSKOKEET	3
5. TVL:N TYÖMAAMITTAUSKALUSTON HANKINTAOHJELMA	8
6. NÄKÖKOHTIA UUDEN MITTAUSKALUSTON KÄYTTÖÖNOTTOON	8

## JOHDANTO

Syksyn 1985 aikana tarkasteltiin neljän tärkeimmän mittausvälineiden maahantuojan (Lindell, Wulff, Geopolar ja Ilmonen) kalustoa tietyömaan mittausten kehittämisen näkökulmasta.

Laitteiden soveltuvuutta tiemittauksiin testattiin kolmen esittelytilaisuuden avulla. Niiden perusteella on tähän raporttiin koottu laitteiden ominaisuuksia sekä suositus laitteiston hankkimiseksi.

## 1. TARKKUUSVAATIMUKSET

Tiemittausten ja rakentamisen tarkkuusvaatimuksia on käsitelty tiemittauksia koskevassa työselitysluonnoksessa (Viatek Oy, helmikuu 1986). Sen mukaan paikalleenmittausten tarkkuus tulee olla leikkaus- ja pengerrystöissä 70 - 150 mm sekä päällysrakenne- ja viimeistelytöissä 35 - 75 mm tieluokasta riippuen. Korkeuden tarkkuusvaatimus on luokasta riippumatta 10 mm.

On selvää, että edellä lueteltuja tarkkuusvaatimuksia ei helposti saavuteta tavanomaisilla mittausmenetelmillä ja -välineillä, kuten mittanauhalla, prismalla ja vaaituskojeella.

## 2. UUSIEN MITTAUSLAITTEIDEN KÄYTTÖNOTTOTARVE

Paikalleenmittaus, kuten kartoituskin, tulisi nykyään tehdä mitauskojeilla, jotka mittaavat yhdellä kertaa sekä kulman, vaaka-etäisyyden että korkeuden. Joustava paikalleenmittaus vaatii lisäksi mittauslaitteelta laskentakapasiteettia. Käytännössä tämä merkitsee tarvetta siirtyä yhä enemmän käsittelemään x, y, z-koordinaatteja sitä mukaa kun suunnitelmia tulostetaan koordinaattimuodossa.

Nykyaikaiset mittausmenetelmät vaativat mahdollisuutta tallentaa koordinaattimuotoista tietoa. Lisäksi tulee maastossa voida tehdä koordinaateilla monenlaisia apulaskentoja. Myös tarkistusmittaukset perustuvat yhä enemmän koordinaattien käsittelyyn, jota ei tavanomaisilla mittausmenetelmillä voida tehdä.

Mittausvälineiden kehityksen myötä tavallisen optisen teodoliitin, mittanauhan, prisman ja vaaituskojeen käyttö paikalleenmittauksessa on epäkäytännöllistä ja kallista. Optisen teodoliitin päälle asetettavat etäisyysmittaritkaan eivät tee toimintaa hintaansa nähden riittävän monipuoliseksi.

## 3. UUSIEN MITTAUSLAITTEIDEN OMINAISUUKSIA

Nykyisissä elektronisissa takymetreissa tehdään vaaka- ja pystykulman sekä etäisyyden rekisteröinti sähköisesti. Tämä antaa monipuoliset laskentamahdollisuudet näiden arvojen suhteen. Lisäksi voidaan kojeisiin syöttää lukuarvoja, esimerkiksi koordinaatteja. Useimpiin elektronisiin takymetreihin kuuluu lisävarusteena ohjelmoitava maastotallennin, johon on mahdollista tallentaa runsaasti pisteiden x, y, z-koordinaatteja. Tallentimessa olevilla ohjelmilla voidaan esimerkiksi määrittää vapaan kojeaseman sijainti ja laskea tunnetuille pisteille paalutusmittoja. Kehittyneimmissä maastotallentimissa on 2-suuntainen tiedonsiirto. Sen ansiosta voidaan suunnitelmat ladata koordinaattimuodossa tallentimeen ja edelleen maastoon merkittäviksi ilman käsin tehtävää tietojen syöttöä.

#### 4. MITTAUSLAITTEIDEN SOVELTUVUUSKOKEET

Tulevia laitehankintoja silmällä pitäen työryhmä asetti mittauskalustolle seuraavat vaatimukset:

1. Peruskoje on elektroninen takymetri, johon voidaan liittää ohjelmoitava maastotallennin.
2. Takymetrissa on automaattinen vaakamatkan seuranta.
3. Takymetrin ja tallentimen välillä on 2-suuntainen tiedonsiirto.
4. Tallentimessa on riittävä muistikapasiteetti sekä ohjelmille että pisteille.

Mittausvälineiden ominaisuuksien testaamiseksi järjestettiin kolme esittelytilaisuutta syksyllä -85 ja talvella -86.

Ensimmäisessä laite-esittelyssä olivat mukana seuraavat laiteyhdistelmät:

AGA	Geodimetri 136 Geodat 126	elektroninen takymetri tallennin
KERN	E1 DM503 Alphacord	elektroninen teodoliitti etäisyysmittari tallennin
TOPCON	GTS-3 FC-1	elektro-optinen takymetri tallennin
SOKKISHA	SET3 SDM3ER SDR2 Kemu	elektroninen takymetri teodoliitti-etäisyysmittari tallennin tallennin
WILD	TC2000 T2000 DI1000 GRE 3	elektroninen takymetri elektroninen teodoliitti etäisyysmittari tallennin.

Testausajankohtana, vuoden 1985 lopussa, ei kaikilla laitevalmistajilla vielä ollut 2-suuntaisella tiedonsiirrolla varustettua laitteistoa. Tämän vuoksi jatkotarkasteluista jäivät pois Topconin ja Sokkishan laitteet. Myöhemmin on näillekin saatu kehittyneemmät tallentimet, joista ei tähän raporttiin kuitenkaan ole ehditty saada kokemuksia.

Jatkotarkasteluista jätettiin pois myös Wildin sinänsä erittäin monipuolinen ja käyttökelpoinen takymetri TC2000 korkean hintansa vuoksi.



Todettakoon, että paikalleenmittaustöihin riittää mittauskojeen teodoliittiosalle minuuttiteodoliitin tarkkuus sekä etäisyysmittari-  
osalle 0 - 1 km mittausalue. Suurempi tarkkuus nostaa yleensä hintaa melko paljon.

Jäljelle jääneiden Agan, Kernin ja Wildin laitteiden testaamiseksi järjestettiin koetilaisuus todellisissa mittausolosuhteissa. Koetta varten mitattiin maastoon sidontapisteet, joiden tuntumaan suunniteltiin lyhyt koetie Viatekin VRD-ohjelmistolla. Tiestä tulostettiin poikkileikkauspisteiden koordinaatit, jotka syötettiin tallentimen muistiin. Tämän jälkeen valittiin kojeasema vapaasti ja määriteltiin sen koordinaatit. Tähtäysmerkkien maastoonmerkitseminen tehtiin kutsumalla haluttu piste muistista käsittelyyn, jolloin tallentimen ohjelma laski paalutusmitat.

Jäljempänä esitetään viimeksi mainituista laitteista koetilaisuuksissa saatuja kokemuksia.

Eri laitteiden teknisiä tietoja on koottu Tie ja liikenne-lehden numeroon 10/85. Luettelosta tosin puuttuvat Agan ja Kernin tiedot.

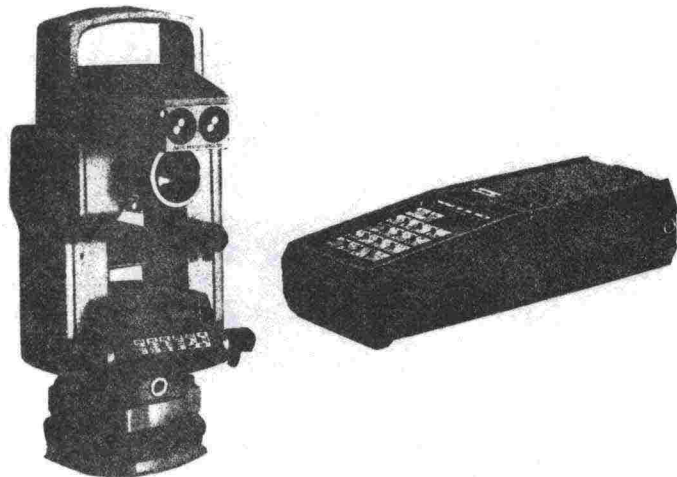
WILD

<b>Elektroninen teodoliitti T2000</b>		
<b>Etäisyysmittari DI1000</b>		138 000,-
<b>Ohjelmoitava tallennin GRE3</b>	128 kt	44 000,-
		<hr/> 182 000,-

(Varsinaisen testitilanteessa oli käytössä yhdistelmä T2000/DI5, joka vastaa toiminnaltaan T2000/DI1000:a).

Wildin teodoliitti-etäisyysmittari-yhdistelmä toimii elektronisen takymetrin tavoin. Ohjelmoitavassa tallentimessa GRE3:ssa on magneettikuplamuisti, joka ei tarvitse virtaa tietojen säilyttämiseen. Vapaa kojeasema voidaan määrittää enintään 9 tunnetun pisteen avulla. Koetilanteessa kojeaseman koordinaatit laskettiin Helmert-muunnoksella. Tallentimen kapasiteetti on joko 32 tai 128 kilotavua, jotka vastaavat n. 800 ja 3000 pistettä. Teodoliitti orientoituu automaattisesti lähtöpisteiden mittaamisen jälkeen. Jos työskentelyssä on tauko, kytkeytyy virta pois teodoliitista. Paikalleenmittauksessa on mahdollista käyttää tavoitemittausmenetelmää.

Laitteisto soveltuu hyvin kehittyneen mittausjärjestelmän osaksi. Paalutus on mahdollista tehdä sekä kutsumalla piste koodin avulla että kutsumalla pisteet järjestyksessä.



## AGA Geotronics

Elektroninen takymetri Geodimetri 136  
Ohjelmoitava tallennin Geodat 126

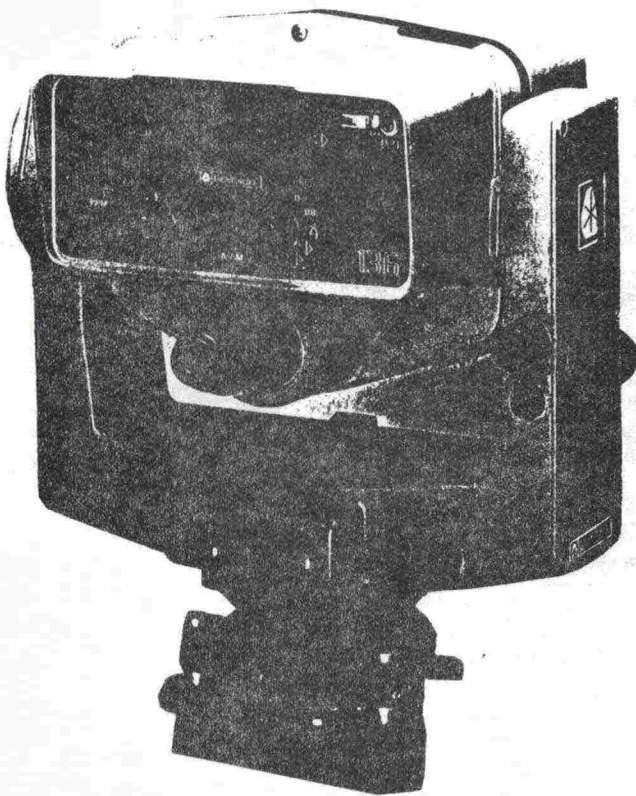
92 600,-  
22 900,-

115 500,-

(Varsinaisessa testitilanteessa oli käytössä malli Geodimetri 140, joka vastaa toiminnaltaan Geodimetri 136:a).

Takymetriin on saatavissa lisävarusteina korkeuden jatkuva tulos (ROE) sekä ohjausvalo. Tallentimen kapasiteetti on 1000 x, y, z-pistettä, josta ohjelmille on mahdollista varata puolet. Vapaan kojeaseman määrittämiseen on mahdollista käyttää 4 tunnettua pistettä. Ennen paalutusta täytyy kojekorkeus syöttää tallentimen muistiin. Teodoliittia orientoitaessa on myös liitossuunta määriteltävä.

Laitteisto soveltuu myös hyvin kehittyneisiin mittausmenetelmiin. Koetilanteessa ei tavoitemittausta voinut käyttää kulman mittaukseen, vaan ainoastaan etäisyydenmittaukseen.





KERN

**Elektroninen teodoliitti E1**  
**Etäisyysmittari DM503**  
**Ohjelmoitava tallennin Alphacord**

69 700,-  
 34 400,-

---

104 100,-

Laitteisto testattiin maaliskuussa -86.

Kernin teodoliitti-etäisyysmittari-yhdistelmä muodostaa täydellisen elektronisen takymetrin. Laitteisto on pyritty pelkistämään mahdollisimman yksinkertaiseksi toiminnaltaan, mutta yhdistettynä Alphacord-maastotallentimeen, on takymetristä saatavissa erittäin monipuolinen ohjelmien avulla.

Teodoliittiosassa on neljä näyttöä, joita voidaan ohjata ohjelmilla halutulla tavalla. Etäisyysmittariin on ohjelmoitavissa täydellinen seurantamittaus, jossa mitta-arvot tulostuvat reaaliajassa nopeasti (n. 3 arvoa sekunnissa). Prismaan on yhdistettävissä näyttöpäätte, jossa on seitsemän muistia. Näyttöihin voidaan tulostaa mm. tavoitemittauksen x-, y- ja z-poikkeamia reaaliajassa. Signaali osoittaa sijainnin mittaussäteellä. Etäisyyden mittaus on tarkka, sillä etäisyysmittari ei hyväksy vaihe-eron vääristämiä tuloksia.

Alphacord-tallennin on ohjelmoitavissa eri kielillä (fortran, basic, pascal). Ohjelmien siirtoon tarvitaan 8-bittinen CP/M-mikro. Lisäkortin avulla käy siirtoon myös 16-bittinen kone. Tallentimen muistin koko on joko 64 tai 128 kilotavua, jotka on vapaasti määriteltävissä piste- tai ohjelmatilaksi. 64 kilotavua vastaa noin 1 500 x, y, z-pistettä. Tallentaminen voidaan tehdä eri tiedostoihin, jotka nimetään halutulla tavalla. Alphacord on erittäin monipuolinen "maastotietokone", jolla voidaan hallita teodoliitin näyttöjä. Korkeatasoisilla ohjelmointikielillä voidaan tehdä vaativia ja monipuolisia ohjelmia.



## 5. TVL:N TYÖMAAMITTAUSKALUSTON HANKINTAOHJELMA

Uutta mittauskalustoa tulisi hankkia seuraavan aikataulun mukaan:

**Vaihe 1:** Hankitaan jokaiseen piiriin yksi elektroninen takymetri sekä ohjelmoitava maastotallennin. Niihin piireihin, joilla jo on kyseiset laitteet, hankitaan toiset. Kaluston tulee olla käytössä kaikissa piireissä kesällä 1987.

**Vaihe 2:** 1. vaiheen kokemusten sekä piirien hankkeiden koon ja laadun perusteella hankitaan tarpeen mukaan lisää uutta kalustoa.

## 6. NÄKÖKOHTIA UUDEN MITTAUSKALUSTON KÄYTTÖÖNOTTOON

Saatujen kokemusten perusteella työryhmä toteaa kaikkien kolmen edellä esitellyn laiteyhdistelmän täyttävän paikalleenmittauksissa käytettäville laitteille asetettavat vaatimukset.

Elektroninen takymetri tulee sijoittaa sellaiselle suurelle työmaalle, josta suunnitelmia on tulostettu koordinaattimuodossa. Käyttöönottoa varten tulee kussakin piirissä käynnistää oma hankkeensa.

Kuvassa 1 on suositus eri laitekoonpanojen soveltuvuudesta eri työmaaluokkiin.



Elektroninen takymetri ja maastotallennin soveltuvat periaatteessa kaiken tyyppisille työmaille. Niiden käyttö on kuitenkin mielekästä vain sellaisilla työmaille, joilla suunnitelmat ovat koordinaattimuodossa. Poikkeustapauksena voi tulla kysymykseen myös työmaa, jolla on käytössä tielinjojen paalutus- ja tähtäysmerkkilaskennat. Tällöin voidaan tallentimen ohjelmien avulla saavuttaa paalutustilanne, joka lähes vastaa koordinaattien avulla tehtävää paalutusta. Asiaa on käsitelty lähemmin raportin 3. osassa "Rakentamismittaukset ja atk".

Pelkän takymetrin käyttö voi myös periaatteessa tulla kysymykseen kaikilla työmaille. Tarkoituksenmukaisinta on käyttää sitä kuitenkin sellaisissa hankkeissa, joissa on käytössä tielinjan paalutus- ja tähtäysmerkkilaskennat. Tällöin tarvitaan apuna lisäksi ohjelmoitavaa funktiolaskinta, jolla lasketaan vapaan kojeaseman koordinaatit sekä pisteiden paalutusmitat.

Etäisyysmittari-teodoliitti-yhdistelmän käyttö on periaatteessa saman tapaista kuin pelkän takymetrinkin. Laskenta ja paalutus on tällöin kuitenkin hankalampaa, koska ei voida hyödyntää pystykulman havaintoja automaattisesti etäisyydenmittauksessa.



	A Yleiset tiet kaava-alueilla	B Valta-, kanta- ja seudulliset tiet	C Kokooja- ja yhdyttiet	X Sillat ja muut erikoiskohteet
Elektroninen takymetri + ohjelmoitava maastotallennin	⊗	⊗	×	⊗
Elektroninen takymetri	×	⊗	×	×
Teodoliitti + etäisyysmittari		×	⊗	×
Putkilaser	⊗	×	×	
Taso- ja suuntalaser	⊗	×		⊗

 suositellaan  
 soveltuu käyttöön

**Kuva 1. Mittauskaluston käyttökohteet**

Kontrollimittauksissa tulisi ottaa huomioon se, että tarkistukset on tehtävä tarkkuudeltaan vähintään saman tasoilla laitteilla kuin paikalleenmittauksissa käytetyt. Kontrollimittausten laitteistolta edellytetään ainoastaan tiedonkeruumahdollisuutta, joten niiden ei välttämättä tarvitse olla yhtä monipuolisia, kuin edellä kuvatut laitekokonaisuudet.

Uuden mittauskaluston käyttöönoton yhteydessä tulee tutkia myös suunnittelutoimialan kaluston käyttömahdollisuudet rakentamismittauksissa.

Tehokkaalla mittauskalustolla on mahdollista palvella useampaa työmaata. Tämä edellyttää kuitenkin harjaantunutta mittausryhmää, jolle on luotu hyvät edellytykset paikasta toiseen liikkumiselle.

ISBN 951-46-7345-X (koko teos)  
ISBN 951-46-7347-6 (osa 2)