



Lantmäteriet
Lantmäteriverket - National Land Survey
S - 801 12 GÄVLE · SWEDEN

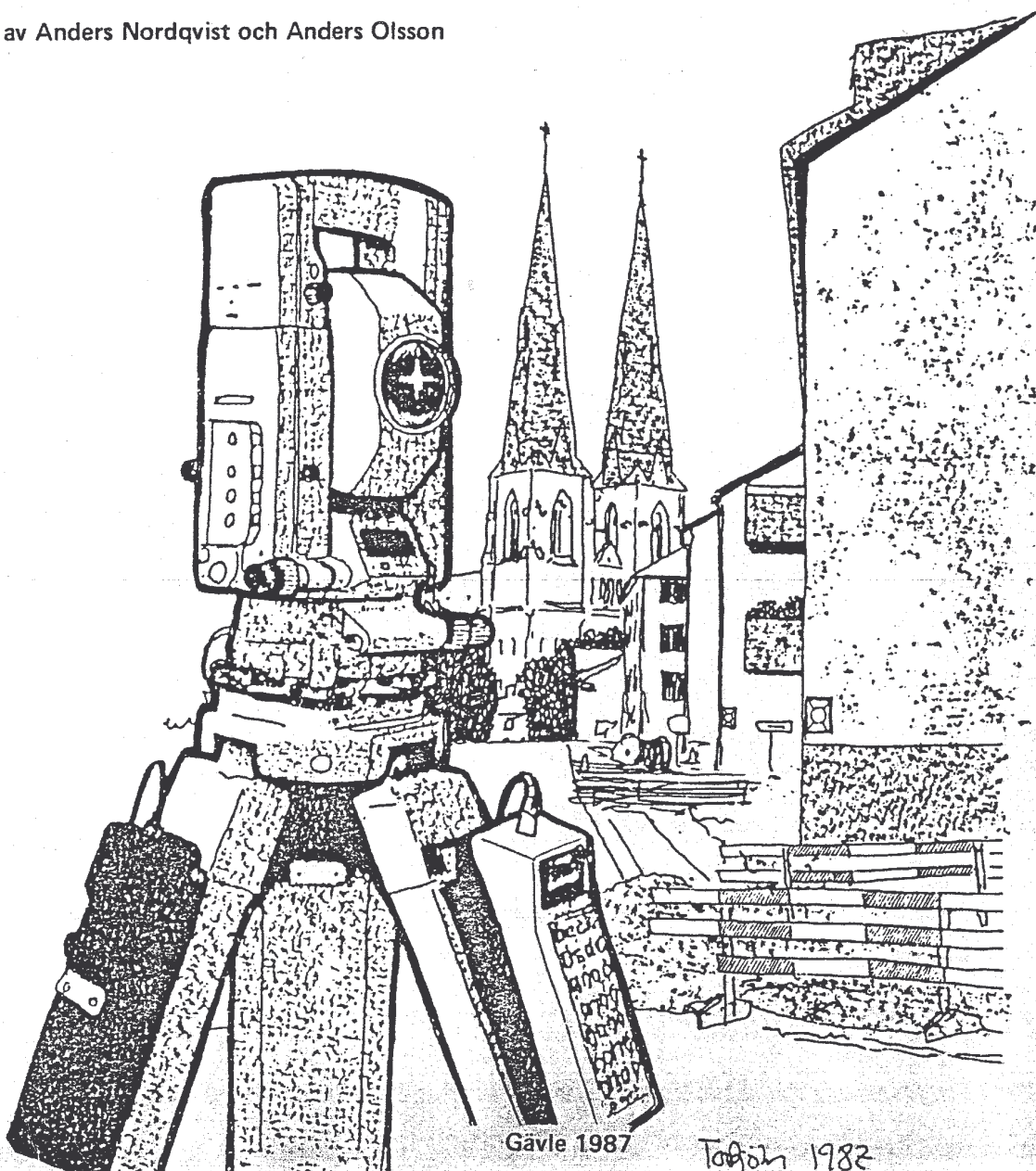
Tekniska skrifter - Professional Papers

LMV-RAPPORT 1987:6

ISSN 0280-5731

LÄNGDMÄTNING MOT PLASTREFLEKTORER, TILLÄMPAD VID UPPRÄTTANDE OCH UT- NYTTJANDE AV MINDRE PRIMÄRNÄT

av Anders Nordqvist och Anders Olsson





Förteckning över utgivna LMV-rapporter 1987

Rapport	Titel	Upphovsman
1987:1	Utvärdering av regional produktion av ekonomisk karta	Ulf Andersson
1987:2	Intrång i fyndigheter och täkter	Leif Norell
1987:3	Översyn av LMVs lokaler	Bertil Ragne Lennart Karlström
1987:4	Kartproduktion i Karlskrona	Gunnar Sundstrand
1987:5	Geografiska Sverigedata	H-F Wennström



Titel

LÄNGDMÄTNING MOT PLASTREFLEKTORER, TILLÄMPAD VID
UPPRÄTTANDE OCH UTNYTTJANDE AV MINDRE PRIMÄRNÄT

av Anders Nordquist och Anders Olsson

Huvudinnehåll

Detta examensarbete omfattar i huvudsak två delar. I den första delen, kapitel 2, redovisas en undersökning av ett antal plastreflektorer. I den andra delen, kapitel 3 och 4, redovisas resultaten från inmätningen av ett testnät. Här beskrivs också en metod för upprättande och utnyttjande av mindre primärnät, där längdmätning mot plastreflektorer tillämpas. Metoden utnyttjar tekniken för väggmarkerade nät i kombination med fri uppställning.

Undertecknade har fungerat som handledare för arbetet

Torbjörn Cederholm
Geodetiska Institutionen
KTH, Stockholm

Thomas Lithén
Produktionsavdelningen
Geodetiska enheten
LMV, Gävle

LDOK

Kg Mätningsteknik

Beställs hos



Lantmäteriverket
Blankettförrådet
801 12 GÄVLE



Liber Förlag



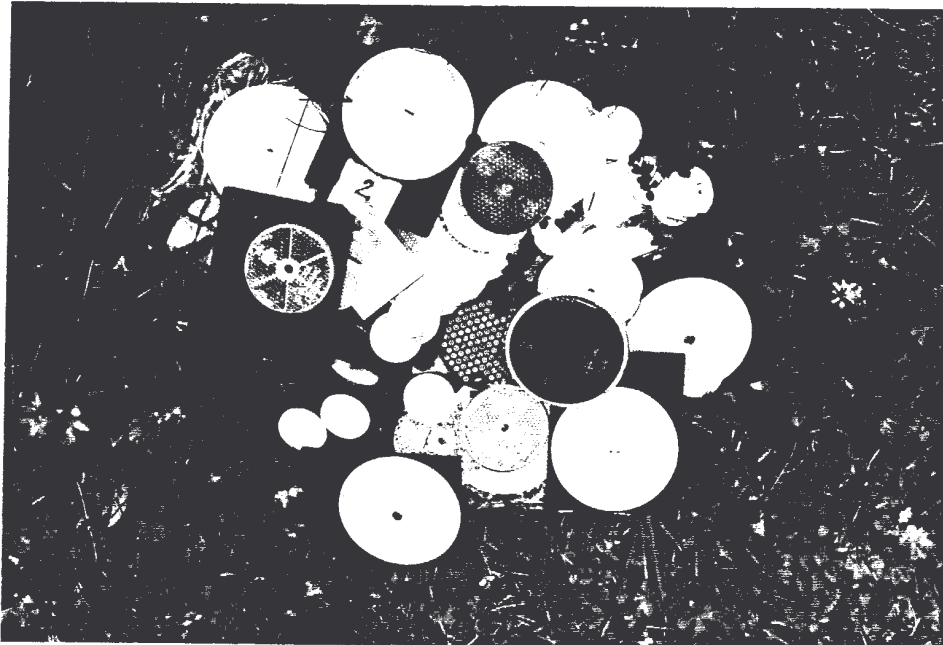
FÖRORD

Denna rapport utgör resultatet av ett examensarbete. Arbetet har bestått av två delar. Inledningsvis gjordes en undersökning av ett antal plastreflektorer. Den andra delen bestod i att beskriva och formulera en metod för upprättande och utnyttjande av mindre primärnät. I denna metod tillämpas längdmätning mot plastreflektorer. Torbjörn Cederholm, KTH och Thomas Lithén, LMV har varit handledare för arbetet och vi vill framföra vårt tack till dem. Ett stort tack även till Geotronics och NOAB för lån av instrument och bistånd med värdefulla synpunkter. Vi vill också passa på att tacka Clas-Göran Persson, Utvecklingsrådet för landskapsinformation, för all hjälp vid utformandet av denna rapport.

Gävle i oktober 1987

Anders Nordquist

Anders Olsson



Plastreflektorer

SAMMANFATTNING

Denna rapport utgör resultatet av ett examensarbete, genomfört under våren och sommaren 1987, i samarbete med lantmäteriverket i Gävle.

Examensarbetet hade två huvudsyften, nämligen att

- finna en lämplig plastreflektor och noggrant undersöka om den är användbar för längdmätning samt
- beskriva och formulera en metod för upprättande och utnyttjande av mindre primärnät på till exempel byggarbetsplatser.

Längdmätning mot plastreflektorer

Huvudorsaken till intresset för plastreflektorer är att de är mycket billiga, jämfört med glasprismor. För att vara användbar för längdmätning måste reflektorn uppfylla vissa krav. Den skall

- ge längder med hög precision,
- ha en räckvidd av minst 150 m, gärna 200 m,
- vara lätt att få tag i, samt
- ha en jämn tillverkningskvalitet.

Ett flertal plastreflektorer, av skiftande storlek och utförande, införskaffades. Dessa undersöktes noggrant med avseende på räckvidd, sned inriktningsvinkel, rotationssymmetri, pekfel och eventuella skalfel. En av reflektorerna visade sig uppfylla samtliga krav. Detta innebär att i längdintervallet upp till ca 200 m, något beroende på instrument, är det möjligt att mäta pålitliga och noggranna avstånd.

Denna reflektor, kallad nummer 7 i rapporten, är ca 84 mm i diameter och är tillverkad i genomskinlig plast. Den återförsäljs av Svenska Telemecanique i Flen.

En metod för upprättande av mindre primärnät

Det finns ett flertal metoder för att upprätta olika typer av stomnät. Den metod som beskrivs i denna rapport är mycket aktuell, inte minst med tanke på det intresse som rönts för väggmarkerade stomnät. Metoden är 3-dimensionell, dvs man får både höjd- och plankoordinater vid samma inmätningstillfälle, och den utnyttjar till fullo de fördelar man får genom att använda sig av fria uppställningar, både vid inmätningen och vid användandet. En tänkbar tillämpning, är vid upprättandet och utnyttjandet av primärnät på t ex byggarbetsplatser.

Metoden kan kortfattat beskrivas på följande sätt:

- Främst skall väggmarkerade (hög-)punkter användas, med undantag av anslutningspunkter till överordnat stomnät. Väggpunkterna markeras lämpligen med en vanlig signal-skiva, kompletterad med en plastreflektor. Signalen kan sitta kvar permanent under hela byggtiden.
- Punkterna mäts in med fria uppställningar, varifrån horisontalvinklar, vertikalvinklar och avstånd mäts. Samtliga uppställningar som krävs, görs centralt i nätet. Inbördes behöver mätstationerna endast flyttas någon meter. I mätprogrammet för vertikalvinklar, för man in mätningar mot kända höjder. Detta för att få nätet noggrant inpassat i höjd. Trigonometrisk höjdbestämning är vid användandet ett alternativ till avvägning.
- Nätet beräknas separat i plan respektive höjd. Planutjämnningen skall göras med ett program för triangelnätutjämnning, med statistisk felsökning. Detta är, än så länge, en nackdel eftersom alla inte har tillgång till detta. Men med dagens allt kraftfullare persondatorer, borde detta inte vara något större problem. Det utjämningsprogram som krävs, behöver endast klara av ca 25-50 nypunkter.
- Vid utnyttjandet används fri uppställning. Vid planbestämningen mäts både vinkel och längd. I händelse av att inriktningsvinkeln blir för stor, den utprovade reflektorn tål ca 15-20 grader, mäts enbart vinkel. Tanken är att valfria kombinationer av mätta längder och vinklar skall kunna användas vid punktbestämningen. Höjdsättningar, med hög noggrannhet, kan göras trigonometriskt.

En förutsättning för effektiviteten vid användandet är att man har tillgång till ett, relativt kraftfullt, datorstöd i fält. För bara några år sedan var detta en nackdel, men nu finns en hel del fältdatorer på marknaden, även om beräkningsprogrammen för fri uppställning inte alltid är så bra. Ett program som fungerar, för planbestämning, är Lantmäteriverkets FRI3 (Lithén, 1986). Programmet används f n i kombination med en HP71, men kan relativt enkelt skrivas om för att passa en lämplig fältdator.

Metodens nackdelar är, som framgår, behovet av relativt komplicerad programvara och tillgången till en lämplig fältdator. Vad beträffar fältdatorer, görs idag stora ansträngningar för att utveckla både hårdvara och programvara. Därutöver krävs nyutveckling av programvara för utjämning av primärnät.

Fördelarna med metoden är många. Den viktigaste är nätets högre noggrannhet, precision och kontrollerbarhet. Både simuleringar med SUKK (Person 1985b) och inmätning/beräkning av ett testnät, visar att man med denna metod erhåller ett avsevärt bättre resultat än med t ex polygonmättningsmetodik.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

1	BAKGRUND	1
2	LÄNGDMÄTNING MOT PLASTREFLEKTORER	2
2.1	SIB's provfält	2
2.2	Utrustning	3
2.2.1	Reflektorer	3
2.2.2	Instrument	4
2.3	Reflektorundersökningar	4
2.3.1	Räckviddsundersökning	4
2.3.2	Basmätningar	5
2.3.3	Mätning med sned infallsvinkel	7
2.3.4	Undersökning av rotationssymmetri	8
2.3.5	Pekfelsundersökning	8
2.3.6	Mätning mot flera reflektorer av av samma typ	8
3	MÄTNING OCH BERÄKNING AV ETT TESTNÄT	9
3.1	Simulering	9
3.2	Inmätning	11
3.2.1	Utrustning	11
3.2.2	Mätprogram	12
3.2.3	Tidsåtgång	13
3.3	Beräkning och utjämning	13
3.3.1	Utjämning i höjd	13
3.3.2	Utjämning i plan	14
3.3.3	Transformation	14
4	EN METOD FÖR UPPRÄTTANDE OCH UTNYTTJANDE AV MINDRE PRIMÄRNÄT	16
4.1	Planering	16

	Sida	
4.2	Bestämning av additionskonstant	18
4.3	Inmätning	20
4.4	Beräkning	20
4.4.1	Höjdberäkning	20
4.4.2	Planberäkning	20
4.5	Utnyttjande	21
5	LITTERATURFÖRTECKNING	22
6	BILAGOR	24

1 BAKGRUND

Lantmäteriverket bedriver, sedan många år, utvecklingsverksamhet inom området samhällsmätning. Välkända projekt är ML, motoriserad avvägning, MTL, motoriserad trigonometrisk höjdbestämmning, och MXYZ, motoriserad polygonisering. Dessa tre mätmetoder används kontinuerligt i LMV's produktion.

Ett relativt nytt begrepp är väggmarkerade stomnät. Det finns ganska mycket skrivet om detta se, t ex Gustafsson & Johansson (1986), Hellman m fl (1985) och Persson (1985a). Denna typ av nät har rönt stort intresse, och runt om i landet anläggs och utvärderas väggmarkerade nät. Erfarenheterna har mestadels varit positiva.

Den stora fördelen med väggmarkerade stomnät, jämfört med t ex polygonmätningssmetodik, är den höga noggrannheten i koordinatbestämningen. Den främsta anledningen till detta är utnyttjandet av fri uppställning, både vid inmätningen och användandet. Med fria uppställningar erhåller man flera överbestämningar och man undgår centreringsfel och slarvigt mätta instrumenthöjder.

Vid ett studiebesök på LMV i januari 1987, diskuterades utformningen av ett eventuellt examensarbete. LMV ville få två önskemål uppfyllda.

- Primärt ville man ha till stånd en undersökning av längdmätning mot plastreflektorer. Anledningen till intresset för plastreflektorer är framförallt att de är mycket billiga i inköp. Priset är ca 10-30 kr beroende på modell. Ett glasprisma för stommätning kostar 2000-2500 kr. Undersökningar har tidigare gjorts, se t ex Kennie (1983) och Done & Methley (1980). Denna nya undersökning skulle resultera i en användbar och på marknaden lättillgänglig reflektor. Dvs med en viss kombination av instrument/reflektor och med en viss mätmetodik inom ett bestämt längdintervall, skall längdmätning mot denna plastreflektor ge noggranna och pålitliga resultat. Beträffande räckvidden, diskuterades mätområdet 0 - 200 m.
- Ett andra önskemål, var att utgående från denna typ av reflektor, i kombination med metodiken för anläggande av väggmarkerade stomnät, utarbeta en metod för upprättande och utnyttjande av mindre primärnät. Tänkbara tillämpningar kan vara byggmätning och industrimätning. Tanken är att till fullo utnyttja de många fördelar som fri uppställning och väggmarkerade signaler ger.

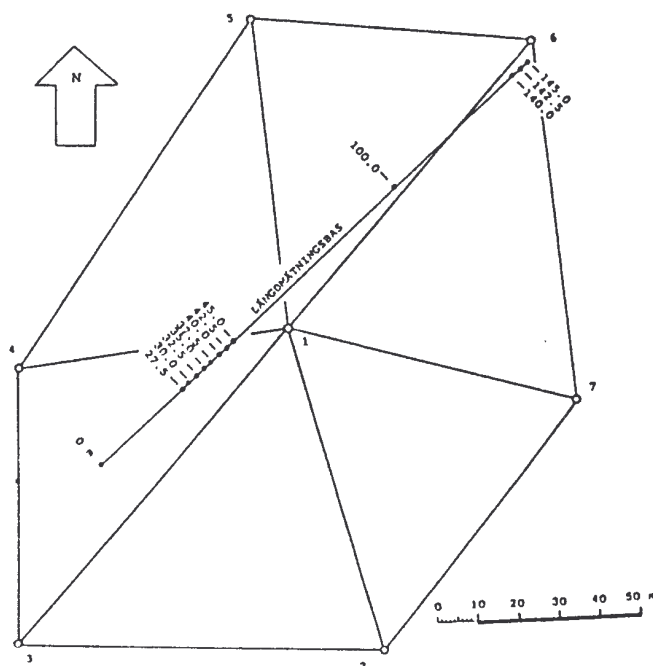
2 LÄNGDMÄTNING MOT PLASTREFLEKTORER

2.1 SIB's PROVFÄLT

Statens Institut för Byggnadsforskning, SIB, har i Mårtsbo, ca 15 km S Gävle, anlagt ett provfält för byggnadsmätningar. En detaljerad beskrivning av provfältet återfinns i van den Berg m fl (1978). Provfältet, se FIGUR 2:1, består av primärnät, sekundärpunkter, detaljpunkter samt en längdmätningsbas. Merparten av de undersökningar som beskrivs i denna rapport gjordes i Mårtsbo.

Längdmätningsbasen, som användes för flera reflektorundersökningar, består av 13 st pelare. Avstånden från instrumentpunkten är 27.5-45.0 m med 2.5 m intervall, 100.0 m samt 140.0-145.0 m med 2.5 m intervall. Basen är inmätt med Kern Mekometer 3000. Maximala avvikelser i godtyckliga avstånd är 0.4 mm.

Primärnätet är uppbyggt som ett byggplatsnät och består av 7 st punkter. Vid anläggandet inmättes nätet med Kern DKM3 (vinkelmätning), Kern Mekometer 3000 (längdmätning) och Wild N3 (avvägning). Nätet används för provinmätningar och dess koordinater är av sådan kvalitet, regionala medelfel av storleksordningen 1 mm, att det kan betraktas som felfritt vid dessa inmätningar.



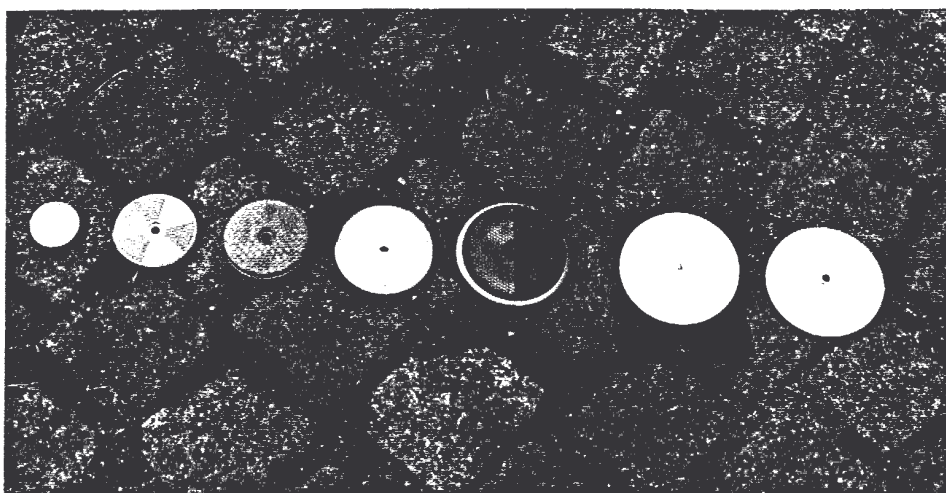
FIGUR 2:1. Plan över primärnät och längdbas.

2.2 UTRUSTNING

2.2.1 Reflektorer

Följande reflektorer har undersökts. (FIGUR 2:2)

Nummer	Fabrikat	Diameter	Färg	Anm
1	Stimsonite	35 mm	Vit	
2	Hella	60 mm	Orange	Centrumhål
3	Jokon	61 mm	Röd	Centrumhål
4	Talmu	67 mm	Vit	Centrumhål
5	Talmu	81 mm	Röd	Centrumbult
6	Stimsonite	83 mm	Vit	Centrumhål
7	Stratolite	84 mm	Vit	Centrumhål



FIGUR 2:2. Undersökta plastreflektorer. (I nummerordning från vänster till höger)

Vid undersökningens början var ambitionen att bland dessa finna ett mindre antal reflektorer för vidare undersökning. Det visade sig relativt snabbt att nr 1, 6 och 7 i de flesta avseenden var överlägsna de övriga. Reflektor nr 1 säljs av Geotronics och reflektor nr 7 säljs av Svenska Telemecanique i Flen, (artikelnr XUZ-C80, pris 1987 ca 30 kr). Reflektor nr 6 uteslöts ur undersökningen i ett senare skede p g a leveransproblem. De resterande reflektorerna, som bla inköptes på bensinstationer och bildelsfirmor, visade sig ej vara användbara för denna tillämpning.

2.2.2 Instrument

Det har varit en målsättning att vid undersökningen av ovanstående reflektorer använda så många typer (fabrikat) av längdmätare som möjligt. Följande instrument användes:

Geodimeter 12A

Geodimeter 220

Geodimeter 440 (2 st)

Kern DM503 (2 st)

Topcon GTS3

Sokkisha SET4

Wild Di4

Wild Di5 (Endast räckviddsundersökning)

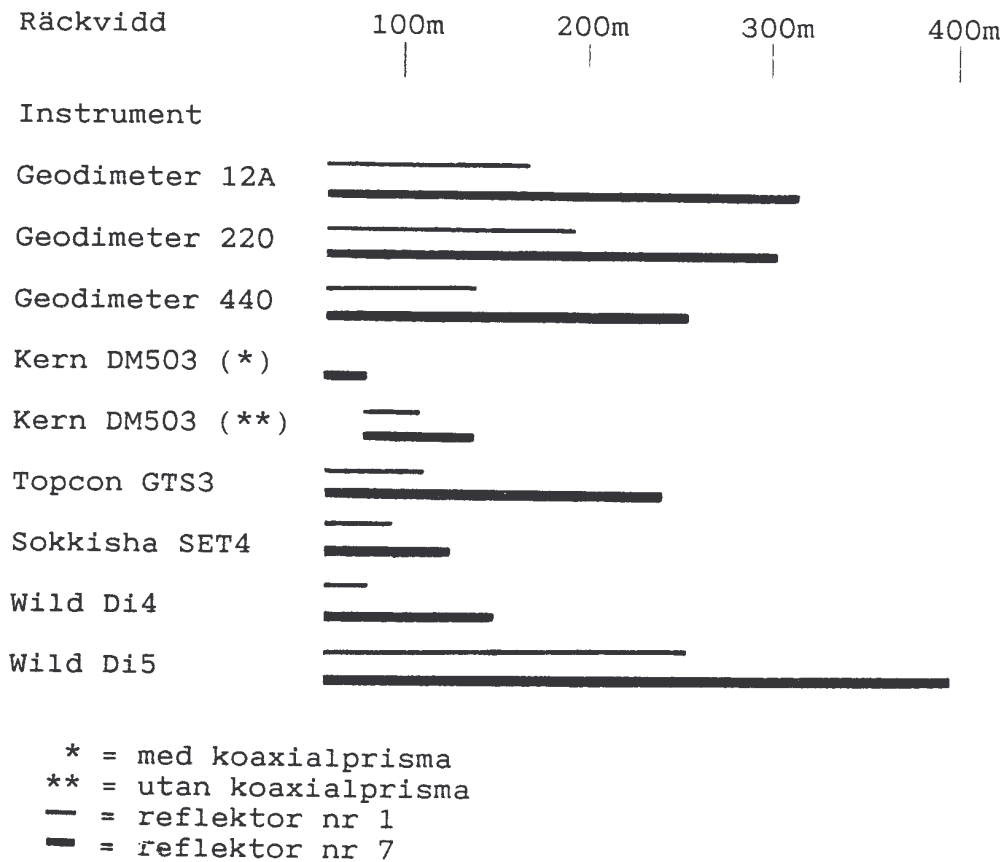
2.3 REFLEKTORUNDERSÖKNINGAR

2.3.1 Räckviddsundersökning

Räckviddsundersökning genomfördes med samtliga instrument mot nämnda reflektorer, dvs nr 1 och 7. Syftet med räckviddstesten var att bestämma lämpligt arbetsområde, max och min avstånd, för resp instrument mot de olika reflektorerna. Vid undersökningen användes ett glasprisma som referensobjekt. Som arbetsområde, se FIGUR 2:3, för resp kombination instrument/reflektor valdes det område där skillnaden mellan längdmätningarna mot glasprisma och plastreflektor var konstant. De flesta längdmätarna hade betydligt större räckvidd än nedan angivna arbetsområden, men de längder som då mättes var ej av den kvalitet som fordras vid noggrannare tillämpningar.

Undersökningen visar en markant skillnad i räckvidd mellan de båda reflektorerna. Reflektor nr 7 har i de flesta fall 30-50 % längre räckvidd än reflektor nr 1. Detta är naturligt, eftersom reflektor nr 7 är betydligt större än nr 1. Vidare framgår att vissa instrument, vid längdmätning mot plastreflektorer, fungerar sämre än andra. Kern DM503 t ex, ger dåliga resultat både med och utan koaxialprisma (försättsprisma som sammanför den in- och utgående strålen från längdmätaren).

En fullständig sammanställning av räckviddsundersökningen återges i BILAGA 2:1.



FIGUR 2:3. Räckvidder med olika kombinationer av instrument och reflektor.

2.3.2 Basmätningar

För att undersöka om längdmätning mot plastreflektorer inför några fel som ej uppkommer vid längdmätning mot glasprisma, och för kontroll av de instrument som användes, utfördes mätningar på en känd bas.

Beroende på hur många pelare som användes gav varje mätserie på basen upphov till 1-12 avvikelser från den kända längden. Dessa avvikelser anpassades m h a MK-metoden till följande funktion, Brook (1980).

$$B-L = N + S \cdot L + A \cdot \sin((2 \cdot \pi \cdot L/U) + \varphi)$$

där

B-L = Avvikelse från basen (baslängd - mätt längd)

N = Nollpunktskorrektion

S = Skalfaktor

A = Amplitud

φ = Faskonstant

U = Enhetslängd

Denna formel för korrektionsberäkning av mätta längder är olinjär. Sambandet linjäriserades genom Taylorutveckling. Närmevärden på de obekanta variablerna anskaffades med hjälp av en enklare beräkning, Galvenius (1982), där anpassning sker i 4 st mätpunkter. För varje obekant variabel (4 st) beräknades ett medelfel.

Resultatet av beräkningarna återges i BILAGA 2:2.

Gemensamt för alla instrument är att det cykliska felets amplitud är liten. I de flesta fall är den omkring 1 mm. Det innebär att den maximala inverkan, på grund av det cykliska felet, är ca 1 mm. $\sin(x)$ kan ju maximalt vara 1. På grund av detta är bestämningen av faskonstanten ointressant, eftersom den ingår i sinus-termen.

Intressantare är att studera om plastreflektorerna inför skalfel som inte förekommer vid mätning mot glasprismor. Det visade sig vara svårt att bestämma en skalfaktor på en så kort bas som 145 m. Detta beror framförallt på att instrumenten är så noggranna, att ett litet tillfälligt fel ger ett stort utslag på ppm-talet. 1.5 mm på 150 m kan i värsta fall resultera i att skalfaktorn påverkas med 10 ppm. Studerar man resultaten i BILAGA 2:2, framgår det att ytterst få skalfaktorer är signifikanta. Vissa kombinationer av instrument/reflektor uppvisar mycket stora värden på ppm-talen, men detta förklaras av att en del av mätningarna utfördes i utkanten av räckviddsområdet för respektive reflektor.

I syfte att säkrare kunna uttala sig om skalfaktorerna användes de mätningar som gjordes i samband med räckviddsundersökningen. Alla dessa mätningar gjordes relativt ett glasprisma. De avvikelser som då uppstår beror endast av skillnader i prismakonstanter och ev skalskillnader. Genomgående var dessa skillnader konstanta, upp till den maximala räckvidd som tidigare redovisats. Slutsatsen av detta är, att det har inte gått att påvisa någon signifikant skalskillnad mellan plastreflektorerna och glasprismat. Detta gäller reflektorerna 1,6 och 7. Det kan mycket väl tänkas att respektive instrument har en påvisbar skalfaktor men den är oförändrad, oavsett om man mäter mot ett glasprisma eller mot någon av plastreflektorerna.

Vad gäller nollpunktskorrektionerna är de flesta bestämningarna signifikanta. Ett undantag är Geodimeter 12A. Redan när detta instrument lånades, varnade man för att det kunde vara opålitligt.

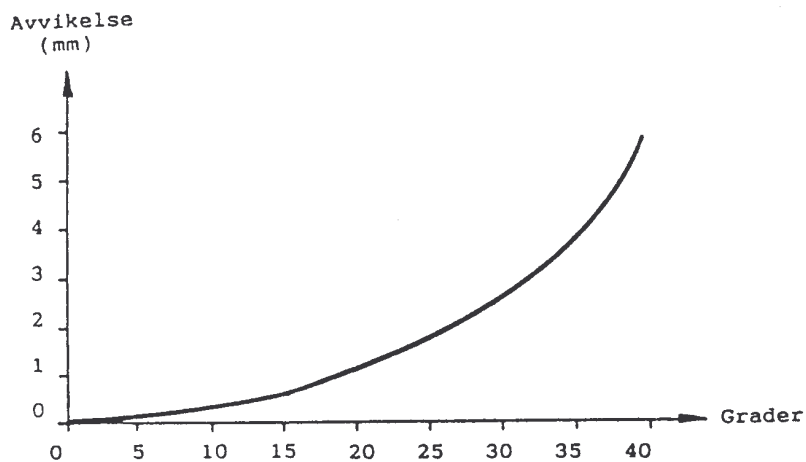
För samtliga plastreflektorer ingår prismakonstanten i det redovisade värdet. Mätningarna mot glasprismorna är korrigerade med respektive prismakonstant.

Som kontroll på att längdmätarna var tillräckligt noggranna beräknades ett medelfel för varje instrument. Samtliga värden underskred tillverkarens specifikation.

Sammanfattningsvis har basmätningarna visat att längdmätning mot plastreflektorer fungerar väl så bra som längdmätning mot glasprismor, vad gäller avstånd upp till 145 m. Resultaten från räckviddsundersökningen ger ingen anledning att misstänka att det inte skulle gå att utsträcka mätområdet till 200 m.

2.3.3 Mätning med sned infallsvinkel

Om man skall mäta mot reflektorer som är fast monterade på t ex en vägg är det väsentligt att känna till hur "sned" infallsvinkel man kan utnyttja, innan den längd man mäter är osäker eller helt felaktig. För att undersöka detta mättes längder på två avstånd, 40 m och 100 m, mot reflektorerna nr 1 och 7. Dessa vreds successivt, några grader åt gången, tills mät-signalen försvann, vid ca 40-45 grader.



FIGUR 2:4. Längdfelet som funktion av infallsvinkeln.

FIGUR 2:4 återger en uppskattning av längdavvikelseernas storlek i förhållande till inriktningsvinkeln. Kurvan har skisserats med utgångspunkt från medeltalet av samtliga avvikelsernas absolutbelopp. Därav följer att differenserna har positivt tecken. Flera kombinationer av instrument/reflektor resulterade i negativa kurvor, men med ungefär samma utseende som ovan. Skillnaden är att de är spegelvända i förhållande till den horisontella axeln. Observera att figuren ej är tänkt att kunna användas generellt för alla instrumentfabrikat. Kurvan är ett försök att ge en ungefärlig bild av hur avvikelserna beror av infallsvinkeln.

Gemensamt för alla kombinationer instrument/reflektor är dock att vid infallsvinklar < 15 grader påverkas den mätta längden obetydligt eller inte alls. I intervall 15-25 grader sker en markant ökning, för att efter ytterligare vridning öka mycket fort.

Det bör betonas att för samtliga längdmätare erhålls längder, av varierande kvalitet, ibland upp till 45 graders infallsvinkel. Vid mätning måste man vara väl medveten om detta.

Detta är inte unikt för just plastreflektorer. Samma undersökning gjordes med två olika typer av glasprismor (AGA 1-prisma och Topcon 1-prisma, båda med ca 60 mm diameter). Utfallet blev identiskt med undersökningen ovan.

Mer fullständiga resultat från undersökningen redovisas i BILAGA 2:3.

2.3.4 Undersökning av rotationssymmetri

I syfte att undersöka om längdmätning mot plastreflektorer är oberoende av hur reflektorn är roterad vid monteringen, gjordes upprepade mätningar mot varje reflektor varvid reflektorn roterades $1/4$ varv mellan varje mätning. Detta utfördes på två avstånd, 40 m resp 100 m. Resultatet av undersökningen ger ingen anledning att misstänka att det skulle ha någon betydelse för längdmätningen hur reflektorn är roterad.

2.3.5 Pekfelsundersökning

Pekfelskontroll gjordes med flera längdmätare mot reflektor nr 1 och 7 på 40 och 100 meters avstånd. Vid undersökningen användes den sk rutnätsmetoden, Brook (1980). Kontrollen visar att inriktningen mot reflektorn måste göras med samma omsorg som mot glasprisma. Det gäller således för den som mäter att bemöda sig om att finna starkast möjliga retursignal.

2.3.6 Mätning mot flera reflektorer av samma typ

I syfte att undersöka om de utvalda reflektorerna håller en jämn tillverkningskvalitet, mättes samma avstånd mot 6 reflektorer av samma typ. Både nr 1 och nr 7 undersöktes. Mot varje reflektor gjordes 4 observationer varefter medeltal bildades. Differensen mellan dessa medeltal var som störst 0.1 mm. Resultatet av denna undersökning visar att de utvalda reflektorerna i detta avseende håller en jämn och hög kvalitet.

3 MÄTNING OCH BERÄKNING AV ETT TESTNÄT

Ett önskemål från LMV var att kunna använda plastreflektorer vid upprättandet av mindre primärnät. Dessa nät skall anläggas med samma teknik som för väggmarkerade nät.

Efter reflektorundersökningarna konstaterades, som framgått av kapitel 2, att två av reflektorerna var bättre än de övriga. Dessa två var reflektor nr 1 och nr 7. Reflektor nr 7 valdes att ingå vid inmätningen av ett testnät, framförallt beroende på att den har betydligt längre räckvidd än nr 1, och därför är mer användbar.

Syftet med att mäta ett testnät är att kunna kontrollera vilken kvalitet längdmätningarna mot denna plastreflektor får, när mätningarna görs i sitt rätta sammanhang. Samtidigt får man en kontroll av att inmätningens metod på det hela taget ger ett tillfredsställande resultat.

Som testnät valdes det primärnät som utgör en del av SIB's provfält.

3.1 SIMULERING

Genom att simulera olika mätsituationer kan man på förhand bilda sig en uppfattning om hur ett effektivt mätprogram bör utformas.

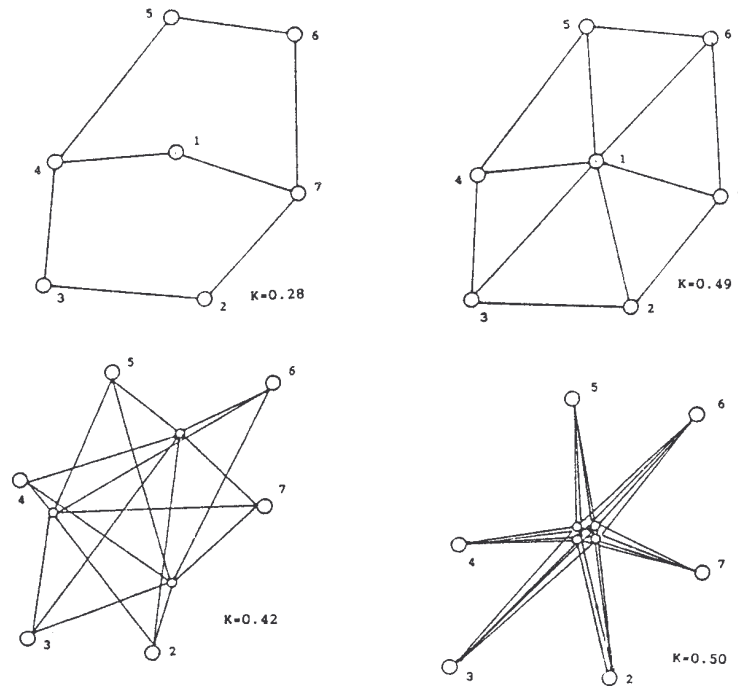
I syfte att jämföra olika inmätningensalternativ har SIB's testnät använts för simuleringar med programmet SUKK, Persson (1986a). Programmet redovisar bla följande variabler

- Inre tillförlitlighet : Minsta upptäckbara grova fel
- Yttre tillförlitlighet: Kvarstående grova fels inverkan på slutresultatet.
- Medelfel i avstånd, ej nödvändigtvis mätt, mellan valfria punkter.

De inmätningensalternativ som simulerades var följande, se FIGUR 3:1

- Att mäta in nätet som ett polygonnät med en yttre slinga samt ett tåg tvärs igenom nätet via en mittpunkt.
- Att mäta in nätet som ett triangelnät av Berlinernätstyp.
- Att mäta in nätet med fri uppställning, med tre alternativt fyra fria uppställningar.

Ett nät sägs vara starkt om kvoten, k , mellan antalet överbestämningar och antalet mätningar är 0.5 eller högre, Persson (1986). Starkt betyder här att det går att upptäcka och eliminera grova fel. Kvoten för de olika simuleringsalternativen var för polygonmätning 0.28, för triangelmätning 0.49, för tre fria uppställningar 0.42 samt för fyra fria uppställningar 0.50.



FIGUR 3:1. Simuleringsalternativ.

Simuleringsresultaten visar att tre fria uppställningar var något svagare än triangelnätsalternativet och att fyra fria uppställningar var något starkare. Polygonnätetsalternativet var betydligt svagare än de övriga, både med avseende på upptäckbarhet av grova fel och de kvarstående felens inverkan på slutresultatet. Resultatet är inte förvånande, och polygonmätningens svaghet beror till stor del på att metoden i sig ger ett relativt litet antal överbestämningar och därmed lägre kontrollerbarhet.

Simuleringarna av inmätning med fri uppställning visade även att den bästa placeringen av uppställningarna vid inmätningen är centralt i nätet. Med en konfiguration av det slaget kan man misstänka att nypunkterna skulle bli svaga sinsemellan, detta motsägs dock av de medelfel i ej mätta avstånd mellan punkter som beräknades i simuleringen. Dessa medelfel är genomgående mindre än medelfelen i de avstånd som mätts.

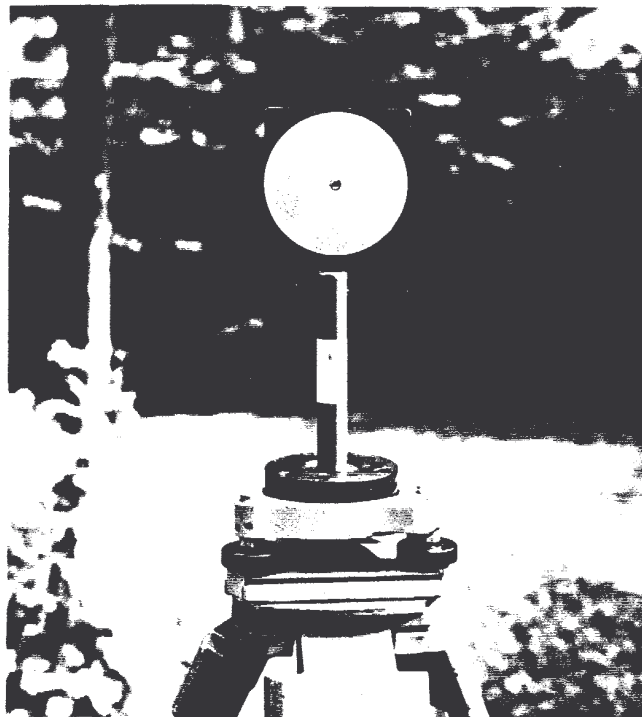
3.2 INMÄTNING

3.2.1 Utrustning

Inmätningen av nätet gjordes med totalstationen Topcon ET1. Vinkelupplösningen hos detta instrument är 2 cc, och enligt instrumenttillverkaren är mätprecisionen ca 4 cc.

Innan mätningarna gjordes, kalibrerades instrumentets längdmätare mot reflektor nr 7. Kalibreringen gjordes på provfältets längdmätningbas. Med ledning av kalibreringsresultatet valdes additionskonstanten till + 7 mm. Skalfaktor och cykliska fel hos instrumentet kunde ej påvisas. Inga instrumentkorrektioner, förutom additionskonstant, har använts.

Signaleringsutrustningen bestod av stativ, kontrollerad trefot, trefotsadapter, polkagris, reflektorplatta och reflektor. Utrustningen visas i FIGUR 3:2.



FIGUR 3:2. Signaleringsutrustning.

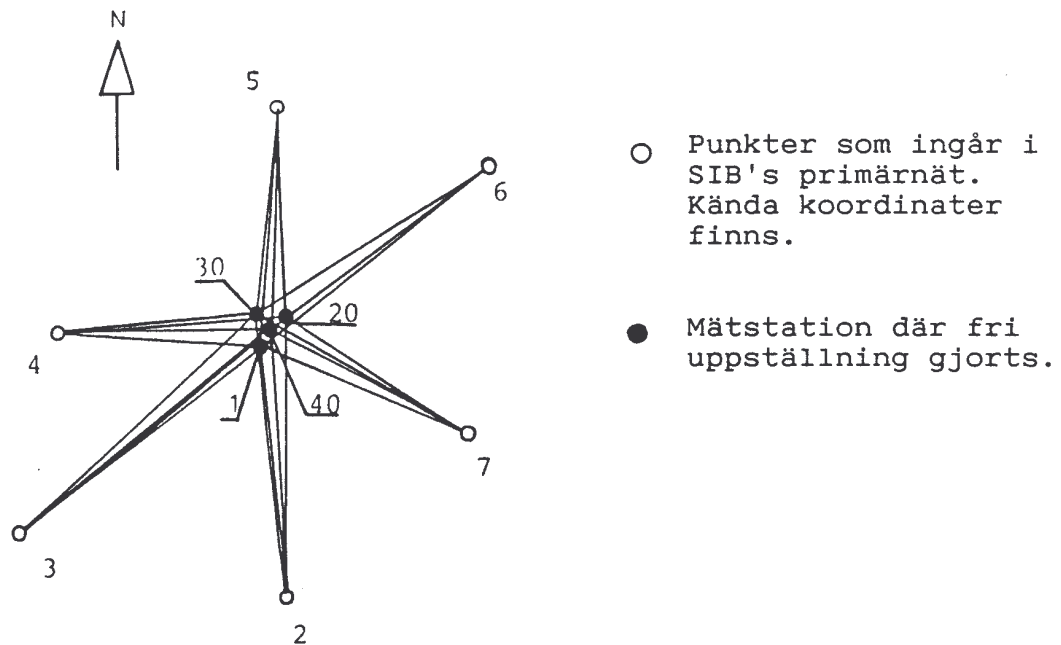
Punkterna i testnätet är markerade med dubbar av rostfritt stål. Innerdiametern är 16 mm. För att minimera centreringsfelen användes centrerdon som placerades i ståldubbarna. På ovansidan av centrerdonen är ett koordinatkryss ingraverat, vilket förbättrar centrereringen.

Vid användning av väggmarkerade punkter undviker man centreringsfel, men i detta fall valdes att centrera över de kända punkterna. Fördelen är naturligtvis att bättre kunna jämföra beräkningsresultaten med testnätets kända, och i detta sammanhang felfria, koordinater.

3.2.2 Mätprogram

Efter att ha simulerat mätsituationen med hjälp av programmet SUKK, fastställdes mätprogrammet.

Nätkonfigurationen och placeringen av de 4 stationspunkterna framgår av FIGUR 3:3.



FIGUR 3:3. Nätkonfiguration.

Från varje uppställning mättes längder, riktningar och vertikalvinklar till alla 6 nypunkterna. Längderna mättes i 2 serier med 3 registreringar i varje serie. Riktningarna och vertikalvinklarna mättes i två helsatser med genomslag efter varje halvsats.

Det sammanlagda antalet observationer som gjordes var:
 $4 \text{ stationer} * 6 \text{ nypunkter} * (1 \text{ längd} + 1 \text{ riktning} + 1 \text{ vertikalvinkel}) = 72$.

Temperatur och tryck mättes i samband med respektive längdmätning.

Signalhöjder mättes på de 6 nypunkterna. Instrumenthöjden togs vid ett tillfälle, nämligen då centrering gjorts över punkt nr 1.

3.2.3 Tidsåtgång

Signaleringen av de 6 nypunkterna tog ca 1.5 timme att göra. Inmätningen gjordes på 4 timmar och nedmonteringen tog 0.5 timme. Sammanlagt ca 6 timmars arbete.

Tidsåtgången kan reduceras betydligt bland annat genom att

- använda datorstöd vid inmätningen; nu skrevs protokollen för hand
- ett professionellt mätlag genomför mätningarna
- väggmarkerade signaler ej behöver centreras
- låta signalerna sitta kvar
- signalhöjder ej behöver mätas.

3.3 BERÄKNING OCH UTJÄMNING

Alla beräkningar har genomförts med lantmäteriverkets datorprogram. Höjdutjämnningen respektive planutjämnningen utfördes var för sig. Båda utjämningsarna gjordes fritt, d v s utan tvång från omkringliggande koordinatkända punkter.

3.3.1 Utjämnning i höjd

Vid höjdutjämnningen användes punkt 1 som känd. SIB har höjdbestämt punkterna 1-7, så för att kunna jämföra resultaten mättes även signalhöjder.

Vid genomförandet av beräkningarna användes två program, M7 och M9. Programmet M7 ger som resultat trigonometriskt bestämda höjdskillnader samt plana längder. M9 är LMV's utjämningsprogram för avvägning. Utjämnningen görs strängt enligt MK-metoden och ger definitiva höjder på punkterna. Slutningsfel, förbättringar och olika kvalitetstal redovisas också.

Utgjämningsresultatet redovisas i BILAGA 3:1. Av detta framgår att största förbättring till en enskild höjdskillnad är 1.6 mm. Grundmedelfelet i utjämnningen är $2.7 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$, vilket motsvarar ett medelfel på ca 1 mm för en 100 m-sträcka. Dessa medelfel avser mätprecisionen i den trigonometriska höjdbestämnningen

De redovisade höjderna på punkterna 2-7 är korrigerade med respektive signalhöjd. Vid jämförelse mellan dessa nybestämda höjder, och SIB's "sanna" höjder framkom avvikelser. Dessa här rör främst från signalhöjdmätningen och avvikelserna var som störst 7 mm.

Att mäta signalhöjderna med måttband äventyrar tydligen slutresultatet. Detta påvisar vikten av att använda en lämpligare metod vid signalhöjdmätningar, för att inte gå miste om den höga mätprecision som moderna instrument medger.

3.3.2 Utjämning i plan

Vid planutjämningen användes punkt nr 1 som känd. Punkt 1 utnyttjades även som mätstation. För att orientera nätet, fingerades en riktningsmätning mot den fiktiva punkten 99.

Beräkningarna genomfördes med LMV's triangelnätutjämningsprogram M1. Detta program utjämnar mätningarna strängt enligt MK-metoden. Via M1 har man möjlighet att få resultatet analyserat med hjälp av programmet SUKK, avseende upptäckande och eliminering av grova fel. Ytterligare ett program utnyttjades, nämligen programmet GRUND. I GRUND görs en uppskattning av grundmedelfelen, separat för längder och vinklar.

Det grundmedelfel man erhåller efter utjämningen med M1 är dimensionslöst, beroende på att det beskriver kvoten mellan medelfelen aposteriori respektive apriori. Medelfelet apriori bestäms av den viktsättning man gör och medelfelet aposteriori beräknas ur utjämningsresultatet. Grundmedelfelet bör vara omkring 1. Av större vikt är dock att förhållandet mellan grundmedelfelen efter utjämning av vinklar respektive längder, är ungefär 1. Avviker de båda värdena mycket från varandra bör man vikta om mätningarna.

Vid beräkningen av detta nät, framkom att viktsättningen från början var både ojämnt fördelad och alltför pessimistisk. Men med hjälp av programmet GRUND kunde en mer proportionerlig viktsättning göras. De vikter som slutligen användes vid utjämningen var för längderna 2 mm + 0 ppm + 0 mm centreringsmedelfel. Riktningsmätningarna antogs ha medelfelet 15 cc. Eftersom vinklarna mättes i två helsatser blev det verkliga medelfelet $15 / \sqrt{2}$ cc. Trots detta blev det gemensamma grundmedelfelet så lågt som 0.33. Detta skulle kunna föranleda ytterligare en omviktnig, men i detta fall skulle det inte påverka slutresultatet då en proportionerlig viktsättning mellan längd och vinkelmätningarna uppnåtts.

Utjämningsresultatet från M1 redovisas i BILAGA 3:2.

Även i plan blev resultatet mycket bra. Största förbättring till en enskild längd är 1 mm och motsvarande för riktningar är 3.6 cc.

3.3.3 Transformation

Det inmätta nätet utjämnades, som tidigare nämnts, som ett fritt nät. Det innebär att nätet inte är inpassat i något överordnat koordinatsystem. Eftersom samtliga punkter 1-7 har kända koordinater, kan man dock göra en jämförelse mellan de båda koordinatsystemen.

Denna jämförelse gjordes med en 3-parametertransformation, där punkterna 2-7 fick utgöra gemensamma transformationspunkter. (För att undvika inflytande av ev centreringsfel i uppställningen över punkt 1, som valdes som känd i utjämningsen, ingår inte denna punkt i transformationen.) Parametrarna är två translationer, x och y , samt en rotation.

Den största förbättringen till en enskild koordinat är 3 mm och grundmedelfelet per koordinat är 2 mm. Dessa 2 mm kan sägas utgöra summan av centreringsfelen och de kvarstående felen efter utjämningsen, under förutsättningen att de kända koordinaterna anses felfria. De små passningsfelen visar att de båda koordinatsystemen överensstämmer mycket bra.

4 EN METOD FÖR UPPRÄTTANDE OCH UTNYTTJANDE AV MINDRE PRIMÄRNÄT

Den typ av primärnät som diskuteras i detta kapitel är ett nät bestående av punkter med permanent monterade signaler för längd och vinkelmätning. Nätet är tänkt att anläggas på t ex byggplatser och industrier, där punkterna är placerade på husfasader och andra byggnadsdelar. En nätkonstruktion av denna typ möjliggör användandet av de mät- och beräkningsmetoder som används vid upprättandet av väggmarkerade stomnät, d v s inmätning (i plan och höjd vid samma måttillfälle) och utnyttjande av nätet med fri uppställning. Denna metodik har, som bl a framgår av kapitel 3, i flera avseenden visat sig vara bättre än polygonmätningens metodik, t ex hög noggrannhet och kontrollerbarhet i planbestämningen, inga centeringsfel utom vid vissa anslutningspunkter samt hög noggrannhet i höjdbestämningen.

Till metodikens nackdel talar möjligen det ökade behovet av mer avancerade beräkningsprogram.

4.1 PLANERING

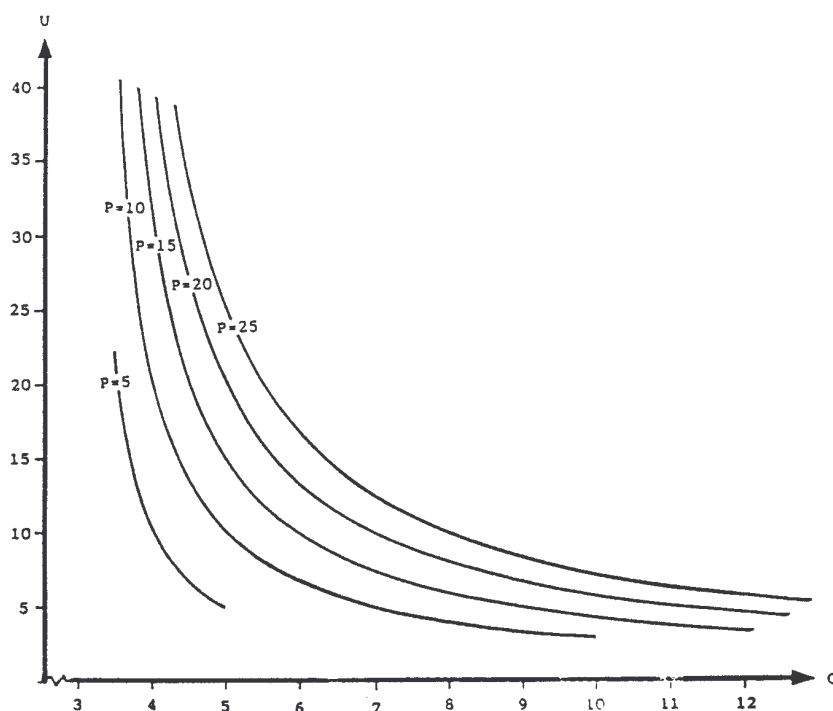
När ett nät skall mätas in med fri uppställning, ställer detta i viss mån nya krav på planeringen; man behöver t ex inte ha sikt mellan punkterna men istället sikt till så många punkter som möjligt från de uppställningspunkter man väljer. Om man dessutom skall mäta längder mot fast monterade reflektorer måste hänsyn tas till infallsvinkeln mot dessa; man kan bli tvungen att placera ut fler punkter, för att åstadkomma ett för utnyttjandet ändamålsenligt nät, än vad som krävs för att nöjaktigt täcka in området.

Vid planeringen är det lämpligt att, beträffande planutjämnningen, ha som målsättning att erhålla $k=0.5$. Kvoten beräknas för fri uppställning med följande samband, se Gustafsson & Johansson (1986).

$$k = (2 \cdot o \cdot u - 3 \cdot u - 2 \cdot p) / 2 \cdot o \cdot u = \ddot{o} / n$$

där

- o = Antal objekt/uppställning (genomsnittligt värde)
- u = Antal uppställningar
- p = Antal nypunkter
- n = Antal mätningar, $2 \cdot o \cdot u$
- m = Antal obekanta, $3 \cdot u + 2 \cdot p$
- ö = Antal överbestämningar, $n - m$



FIGUR 4:1. Figuren beskriver antalet uppställningar (u) som funktion av antalet objekt/uppställning (o), givet $k=0.5$. Kurvorna representerar olika antal nypunkter, p .

Som framgår av FIGUR 4:1 är det önskvärt att ha sikt till så många punkter som möjligt från varje uppställning, då detta minimerar både det totala antalet mätningar och antalet uppställningar.

Uppställningarna görs lämpligen så centralt som möjligt i nätet. Detta är den bästa placeringen, både med tanke på simuleringsresultaten och infallsvinkeln mot reflektorerna. Detta ger också en snabb inmätning.

I de fall det ej är möjligt att mäta mot samtliga objekt från varje uppställning är det viktigt att fördela mätningarna jämnt så att bestämningen av samtliga punkter blir av samma kvalitet.

4.2 BESTÄMNING AV ADDITIONS KONSTANT

Innan mätning skall utföras måste additionskonstanten bestämmas. I detta fall, med längdmätning mot plastreflektorer, består additionskonstanten av prismakonstanten för plastreflektorn och en eventuell instrumentkonstant för längdmätaren. Bestämningen av additionskonstanten sker normalt genom mätningar på en känd kalibreringsbas. Om man ej har tillgång till en känd bas kan man utnyttja någon av följande metoder.

I. Kalibrering relativt ett prisma med känd prisma-konstant.

Samma avstånd mäts mot ett prisma med känd prisma-konstant och mot en plastreflektor. Skillnaden i mätt längd är skillnad i prismakonstant. Denna metod tar ej hänsyn till ev instrumentfel då mätningarna som jämförs innehåller samma instrumentfel. Det är att rekommendera att ett antal mätningar på olika avstånd genomförs vid denna typ av kalibrering.

II. Kalibrering på tillfällig bas.

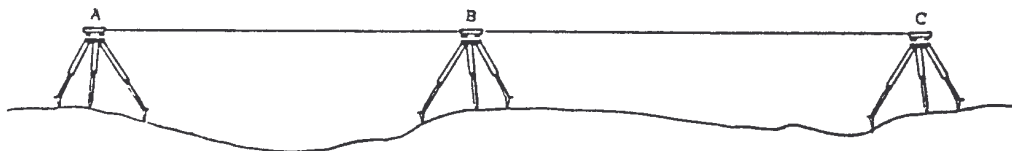
Punkterna placeras på en rät linje samt i samma nivå eller i jämn lutning, se FIGUR 4:2. Sträckorna AB och BC skall vara lika långa. Sträckorna AB, AC och CB mäts, detta resulterar i mätningarna L1-L3. Additionskonstanten, a , beräknas sedan på följande sätt:

$$a = L1 + L3 - L2$$

$$L1 = AB + a$$

$$L2 = AC + a$$

$$L3 = CB + a$$



FIGUR 4:2. Tillfällig bas för bestämning av additionskonstant.

De ovan beskrivna metoderna är till sin utformning relativt enkla, och lätta att använda. Metodernas bestämning av additionskonstanten sker utan, eller med få, överbestämningar.

En mer förfinad metod för kalibrering på tillfällig bas beskrivs av Kvarnström (1977). Denna metod är en mer avancerad variant av metod II. Den tillfälliga basen utgörs av 6 punkter. De 5 längderna mäts i alla kombinationer, se FIGUR 4:3, vilket ger ett flertal överbestämningar. Dessa utnyttjas för en utjämningsberäkning, som även möjliggör en statistisk analys av resultatet.

Sträckor att mäta: AB AC AD AE AF
 BC BD BE BF
 CD CE CF
 DE DF
 EF



FIGUR 4:3. Tillfällig bas och mätprogram för bestämning av additionskonstant.

4.3 INMÄTNING

De enda punkter som måste signaleras på traditionellt sätt vid inmätningen är eventuella anslutningspunkter till ett överordnat nät, t ex ett kommunalt stomnät.

Vid varje station mäts vertikalvinkel samt riktning och längd till samtliga markerade punkter. Vinkelmätningen sker i minst två helsatser. Detta ger goda möjligheter att eliminera fel, exv instrumentfel och inriktningsfel, vid mätningen. Vid längdmätning av sträckor med kraftiga lutningar kan korrektioner krävas för längdfel som beror på längdmätarens excentricitet.

För inpassning av nätet i höjd görs tillräckligt många mätningar, mot kända höjdpunkter, så att denna blir överbestämd. Dessa mätningar behöver ej utföras vid varje station men det bör göras minst två observationer mot varje känd höjd.

Avläsningen av vertikalvinkeln kan med fördel göras mot en mätsticka, t ex avvägningsstång, för att på detta sätt erhålla en noggrann signalhöjd. Fördelen med detta förfarande är att den höga noggrannheten i den trigonometriska höjdbestämmningen ej spolieras av dålig signalhöjdmätning. Andra metoder för signalhöjdmätning finns beskrivna i t ex Gustafsson & Johansson (1986) och Becker & Lithén (1985).

4.4 BERÄKNING

Beräkningen genomförs separat i plan och höjd. Båda utjämnarna genomförs som fria utjämnningar, d v s utan tvång från överordnat nät, bl a för analys och felsökning av mätningarna. Möjligen sker, vid behov, anslutning i efterhand genom inpassning.

4.4.1 Höjdberäkning

Höjdberäkningen genomförs i två steg. Det första steget i höjdberäkningen är enkel trigonometrisk höjdskillnadsbestämning ur varje enskild mätning. De på detta sätt framräknade höjdskillnaderna utjämnas sedan med ett program för avvägning. Slutligen kan, om så önskas, inpassning av nätet i höjd ske med hjälp av de kända punkter som ingår i nätet.

4.4.2 Planberäkning

I plan beräknas nätet som ett triangelnät. I denna utjämnning ingår också stationspunkterna som obekanta. Den fria utjämnningen ger även här goda möjligheter till felsökning och noggrannhetsanalyser. Ett nät som mätts och beräknats på det sätt som här beskrivits kan förväntas vara av mycket hög kvalitet.

Om man vill passa in nätet i ett överordnat d:o, och samtidigt bibehålla denna höga kvalitet, transformerar man med Helmerttransformation utan skalförändring. Anledningen till att transformationen är utan skalförändring, vilket medför en något sämre inpassning, är att man inte vill förändra det nya nätet.

Beräkningen av nätet kräver som framgår av beskrivningen ett relativt kraftfullt beräkningssystem. Nätstorleken är dock ej större, max 25-50 punkter, än att programvaran för utjämningsberäkningarna gott och väl ryms i en persondator.

4.5 UTNYTTJANDE

Fördelen ur utnyttjandesynpunkt är att man har permanent monterade reflektorer för längdmätning på varje punkt. Detta möjliggör inmätning av stationspunkten med fri uppställning baserad på en kombination av längd- och vinkelmätning.

För att till fullo kunna utnyttja ett nät av den här typen krävs ett relativt kraftfullt datorstöd även i fält. Idag pågår ett intensivt utvecklingsarbete på fältdatorområdet, och dessa nya fältdatorers kapacitet är tillräckligt stor för mer komplicerade beräkningsprogram. Optimalt beräkningsresultat och störst flexibilitet vad gäller blandning av längd- och vinkelmätning, vid inmätning av fri uppställning, ger sträng utjämning med statistisk felsökning, Olofsson & Persson (1983).

Det finns redan idag beräkningsprogram för bestämning av plankoordinater vid fri uppställning. Ett exempel är LMV's "FRI3", Lithén (1986), som är baserat på 3-parameters koordinattransformation. Programmet detekterar grova fel genom statistisk felsökning, men kräver för sin funktion längd- och vinkelmätning, mot minst tre objekt.

Valet av uppställningsplats vid utnyttjandet skall, om man har ett förnuftigt planerat nät, främst göras med hänsyn till varifrån man enklast kan utföra sin mätuppgift. Vid inmätningen av stationspunkten är det dock viktigt att längdmätning endast sker mot reflektorer där infallsvinkeln ej överstiger 15-20 grader. Det kan därför i vissa fall vara lämpligast att mäta in stationspunkten med enbart vinkelmätning.

Förutom traditionella tillämpningar, utsättning och inmätning i plan, bör man utnyttja den höga noggrannheten i höjd för motsvarande tillämpningar i höjddled. Detta förfarande med tredimensionellt mätarbete, vid t ex utsättning, bör vara attraktivt i många sammanhang även om det kräver ytterligare beräkningshjälp i fält.

5 LITTERATURFÖRTECKNING

- Becker, J-M. (1985) Nya metoder för precisionshöjdbestämmning - framtidsutsikter.
Lithén, T. Svensk Lantmäteri-tidskrift 1985:6 sid 297-298.
- van den Berg, J. (1978) Provfält för byggnadsmätningar.
Lindberg, Å. Gävle, SIB-meddelande M78:23,
Olsson, R. 1980.
- Brook, I. (1976) Mättnings- och beräkningsteknik, utrustning.
Faktabok, kapitel 2, sid 37-39.
Gävle, LMV, 1976.
- Brook, I. (1980) Kontroll och kalibrering av I/R instrument.
Gävle, LMV, 1980.
- Done, P. (1980) The Use of Acrylic Reflectors
Methley, B,D,F. with Electro-Optical Distance Measuring Equipment.
Survey Review XXV No 195, 1980, sid 215-222.
- Galvenius, G. (1982) Aspects on a Standard of Testing Accuracy of EDM-Instruments.
Geodetiska Institutionen, KTH, Stockholm 1982.
- Gustafsson, A. (1986) Vägghmarkerat stomnät i Alingsås.
Johansson, K,G. Gävle, LMV-rapport 1986:19.
- Hellman, B. (1985) Vägghmarkerade stomnät - sammanställning av erfarenheter.
Källström, B. Gävle, LMV-rapport 1985:6.
Oldenmark, T.
Persson, C,G.
Virking, J.
- Kennie, T,J,M. (1983) Some Tests of Retro-Reflective Materials for Electro-Optical Measurements.
Survey Review XXVII No 208, 1983, sid 51-61.
- Kvarnström, L. (1977) Kontroll av elektro-optiska längdmättningsinstrument.
Okularet, aktuellt från Svenska Wild 1977, sid 7-8.

- Lithén, T. (1986) En ny metod för beräkning och kontroll av fri instrumentuppställning.
Gävle, LMV-rapport 1986:15.
- Olofsson, T. (1983) Kontroll av grova fel vid fri uppställning.
Persson, C,G. Svensk Lantmäteri-tidskrift 1983:5, sid 302-308.
- Persson, C,G. (1985a) Vägghmarkerade stomnät - sammanställning av erfarenheter.
Svensk Lantmäteri-tidskrift 1985:6, sid 315-320.
- Persson, C,G. (1985b) SUKK - ett programsystem för grafisk presentation av precision och tillförlitlighet i geodetiska nät.
Svensk Lantmäteri-tidskrift 1985:6, sid 329-335.
- Persson, C,G. (1986) Modern stommätning.
Gävle, LMV-rapport 1986:18.

6 BILAGOR

- 2:1 Sammanställning av räckviddsundersökning
- 2:2 Sammanställning av resultat från basmätningar
- 2:3 Sammanställning av resultat från mätningar med sned infallsvinkel
- 3:1 Beräkningsresultat från höjdtjämningsprogrammet M9
- 3:2 Beräkningsresultat från planutjämningsprogrammet M1

SAMMANSTÄLLNING AV RÄCKVIDDSUNDERSÖKNING

Instrument	Reflektor	Minavstånd	Maxavstånd
Geo-12A	1	5 m	160 m
Geo-12A	7	5 m	310 m
Geo-220	1	5 m	180 m
Geo-220	7	5 m	300 m
Geo-440	1	5 m	130 m
Geo-440	7	5 m	250 m
Kern DM503 *	7	5 m	45 m
Kern DM503 **	1	45 m	100 m
Kern DM503 **	7	45 m	130 m
Topcon GTS3	1	5 m	100 m
Topcon GTS3	7	5 m	230 m
Sokkisha SET4	1	5 m	75 m
Sokkisha SET4	7	5 m	120 m
Wild Di4	1	5 m	50 m
Wild Di4	7	5 m	140 m
Wild Di5	1	5 m	250 m
Wild Di5	7	5 m	400 m

* = med koaxialprisma
 ** = utan koaxialprisma

SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN BASMÄTNINGAR

Instrument	Reflektor	N mm	MF N mm	S ppm	MF S ppm	A mm	MF A mm	φ rad	MF φ rad
Geo-12A	Aga	-3.6	7.6	9.3	233.0	5.7	1.0	3.39	0.22
Geo-12A	1	0.5	3.0	40.4	98.7	1.4	0.5	2.39	0.34
Geo-12A	7	-0.7	3.0	9.9	94.3	1.3	0.4	3.36	0.40
Geo-220	Aga	-0.8	0.3	4.4	3.9	1.2	0.3	-0.44	0.19
Geo-220	1	1.3	0.3	8.7	3.5	1.2	0.3	-0.47	0.18
Geo-220	7	1.5	0.4	2.9	4.7	1.0	0.3	-0.46	0.29
Geo-440	Aga	-5.9	0.5	24.9	6.3	0.6	0.4	0.81	0.65
Geo-440	1	-4.4	0.6	80.7	10.3	1.7	0.5	0.28	0.29
Geo-440	7	-2.3	0.4	22.2	5.2	0.9	0.4	0.44	0.37
Sokkisha Set4	Aga	-3.7	0.4	21.0	4.4	1.4	0.3	1.54	0.22
Sokkisha Set4	7	-4.1	0.5	112.9	9.1	2.0	0.4	1.62	0.22
Topcon ET1	Topcon	-0.4	0.4	17.3	4.6	0.5	0.3	-0.76	0.62
Topcon ET1	7	7.4	0.4	-13.8	4.8	0.5	0.3	-0.53	0.66
Topcon GTS3	Topcon(*)	2.5	0.4	1.5	5.3	1.2	0.3	2.20	0.29
Topcon GTS3	1	2.8	0.5	-8.6	10.5	1.3	0.3	1.32	0.22
Topcon GTS3	7	6.7	0.3	-17.5	4.2	1.0	0.3	0.87	0.29
Wild Di4	Aga	1.3	0.9	-31.8	13.4	3.2	0.7	3.24	0.19
Wild Di4	7	7.4	0.2	-59.7	3.5	1.6	0.2	3.68	0.10

I nollpunktskorrektionen för mätningar mot plastreflektorer ingår prismakonstanten. Den, för vissa kombinationer, stora skalfaktorn kan till stor del förklaras av att mätningar i utkanten av räckviddsområdet ingår i beräkningen.

N = Nollpunktskorrektion (instrumentdel+prismadel)

S = Skalfaktor

A = Amplitud

φ = Faskonstant

MF = Medelfel

(*) 4 mätserier i en beräkning (övriga beräkningar baseras på 1 mätserie)

SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN MÄTNINGAR MED SNED INFALLSVINKEL

Instrument	Reflektor	Avstånd (m)	Infallsvinkel/Längd avvikelser ($^{\circ}$ /mm)					
Geo-220	1	40	10/0	20/0	25/-1	30/-3	40/-5	
Geo-220	1	100	10/0	20/0	25/-1	30/-2	40/-7	
Geo-220	7	40	10/1	15/-1	20/3	30/9	40/10	
Geo-220	7	100	10/0	20/-1	25/4	30/3		
Geo-440	1	40	10/0	20/-2	30/-1	35/-3	40/-7	
Geo-440	1	100	10/0	20/-3	30/-7			
Geo-440	7	40	10/-1	20/0	30/1	35/2	40/3	
Geo-440	7	100	10/2	20/0	30/1	35/0	45/6	
Topcon GTS3	1	40	10/0	20/-1	30/-2	35/-2		
Topcon GTS3	1	100	10/1	15/1	20/0	25/0		
Topcon GTS3	7	40	10/0	20/3	25/6	30/6		
Topcon GTS3	7	100	10/0	15/0	20/2	30/4	40/6	
Wild Di4	7	40	10/1	15/3	20/4	30/6		

BERÄKNINGSRESULTAT FRÅN HÖJDUTJÄMNINGEN MED
PROGRAMMET M9

LANTMÄTERIVERKET 801 12 GÄVLE		M9.2 1987-08-07		1
TESTNÄT MÄRTSBO				
TÅG NUMMER	1			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	0.413	0.1
2		10.618		
TÅG NUMMER	2			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	-1.420	-0.1
3		8.785		
TÅG NUMMER	3			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	-2.633	-0.4
4		7.572		
TÅG NUMMER	4			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	-3.091	-0.1
5		7.114		
TÅG NUMMER	5			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	-1.015	0.1
6		9.190		
TÅG NUMMER	6			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
1		10.205	-2.198	0.4
7		8.007		
TÅG NUMMER	7			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
2		10.618	1.045	-0.2
20		11.663		
TÅG NUMMER	8			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
3		8.785	2.878	-0.9
20		11.663		
TÅG NUMMER	9			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
4		7.572	4.091	0.3
20		11.663		
TÅG NUMMER	10			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
5		7.114	4.549	0.1
20		11.663		
TÅG NUMMER	11			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
6		9.190	2.473	-0.2
20		11.663		
TÅG NUMMER	12			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
7		8.007	3.656	0.6
20		11.663		
TÅG NUMMER	13			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
2		10.618	0.843	0.9
30		11.461		
TÅG NUMMER	14			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
3		8.785	2.676	1.1
30		11.461		
TÅG NUMMER	15			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
4		7.572	3.889	-1.6
30		11.461		
TÅG NUMMER	16			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
5		7.114	4.347	0.1
30		11.461		
TÅG NUMMER	17			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
6		9.190	2.271	0.8
30		11.461		
TÅG NUMMER	18			
PKT NR		HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
7		8.007	3.454	-0.4
30		11.461		

TESTNÄT MÄRTSBO

2

TÅG NUMMER	PKT NR	HÖJD	DIFF.	FÖRBÄTTRING
		M	M	MM
19	2	10.618	1.046	-0.5
	40	11.665		
20	3	8.785	2.880	-0.3
	40	11.665		
21	4	7.572	4.093	1.0
	40	11.665		
22	5	7.114	4.551	-0.3
	40	11.665		
23	6	9.190	2.474	-0.5
	40	11.665		
24	7	8.007	3.657	0.2
	40	11.665		

TÅG NR SLUTNINGSFEL MAXIMALFEL ENLIGT TFA

1	0.0001	0.0044
2	-0.0001	0.0048
3	-0.0004	0.0039
4	-0.0001	0.0042
5	0.0001	0.0046
6	0.0004	0.0041
7	-0.0002	0.0045
8	-0.0009	0.0050
9	0.0003	0.0040
10	0.0001	0.0041
11	-0.0002	0.0045
12	0.0006	0.0040
13	0.0009	0.0045
14	0.0011	0.0049
15	-0.0016	0.0039
16	0.0001	0.0041
17	0.0008	0.0045
18	-0.0004	0.0041
19	-0.0005	0.0044
20	-0.0003	0.0049
21	0.0010	0.0039
22	-0.0003	0.0041
23	-0.0005	0.0046
24	0.0002	0.0041

GRUNDMEDEFEL MM/KM 2.7
 MAXIMALFEL ENLIGT TFA BILAGA 2.2 A MÄTKLASS 2,ORDNING 2

GIVNA HÖJDER

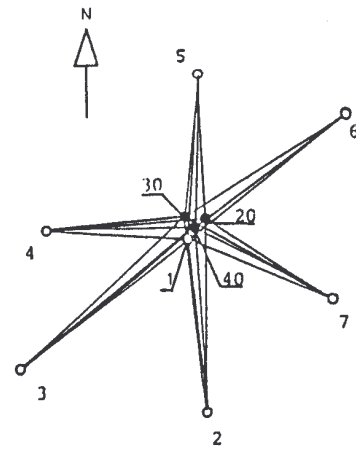
PUNKT NR	DEF.HÖJD	ANMÄRKNING
1	10.205	

NYBESTÄMDA PUNKTER

PUNKT NR	DEF.HÖJD	ANMÄRKNING
2	10.618	
3	8.785	
4	7.572	
5	7.114	
6	9.190	
7	8.007	
20	11.663	
30	11.461	
40	11.665	

ANTAL NYBESTÄMDA PUNKTER 9

STATION NR	20		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
4	70.017	-0.001	
STATION NR	20		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
5	73.694	-0.001	
STATION NR	20		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
6	89.936	-0.001	
STATION NR	20		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
7	72.279	0.000	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
2	89.726	-0.001	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
3	106.304	0.000	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
4	66.236	0.001	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
5	73.167	0.001	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
6	92.466	0.001	
STATION NR	30		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
7	75.998	-0.001	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
2	87.061	0.000	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
3	105.189	-0.000	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
4	66.997	0.000	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
5	75.696	-0.000	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
6	93.431	0.001	
STATION NR	40		
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING (METER)	
7	74.115	-0.000	



BERÄKNINGSRESULTAT FRÅN PLANUTJÄMNINGEN MED PROGRAMMET M1

LANTMÄTERIVERKET
801 12 GÄVLE

M1.2
1987-07-02

1

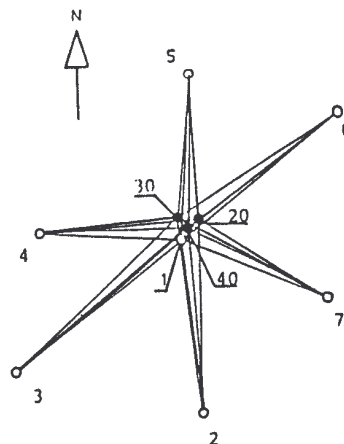
SIB's TESTNÄT

**KOORDINATFÖRTECKNING
NYBESTÄMDA PUNKTER**

NR	X	Y
2	366.997	993.131
3	573.731	903.731
4	443.598	907.592
5	527.523	969.846
6	519.229	1038.891
7	428.402	1044.342
20	454.158	976.808
30	454.422	972.937
40	451.945	974.067

**KOORDINATFÖRTECKNING
GIVNA PUNKTER**

NR	X	Y	
1	450.722	973.875	
99	1450.722	973.875	(Fiktiv)



**REGIONALA MEDEFEL
(METER)**

PUNKT NR	MX	MY	MR	A	B	FI
2	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	85.83
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	147.00
4	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	194.61
5	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	96.78
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	147.40
7	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	18.94
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	106.69
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	96.45
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	101.35

GRUNDEDEFEL= 0.329
 ANTAL GIVNA PUNKTER= 2
 ANTAL NYFPUNKTER= 9
 ANTAL RIKTNINGSSERIER= 4
 ANTAL LÄNGDSERIER= 24
 ANTAL ÖVERBESTÄMNINGAR= 27

**LOKALA MEDEFEL
(METER)**

PUNKT NR	MX	MY	MR	TFA	A	B	FI
2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	186.28
3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	46.52
4	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	91.33
5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	196.08
6	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	49.04
7	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	121.38
20	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	107.92
30	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	91.09
40	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	100.54

TFA-MAXIMALT TILLÅTET VÄRDE PÅ MR ENLIGT TFA,
 BILAGA 2.1B, SID 2, ORDNING 3

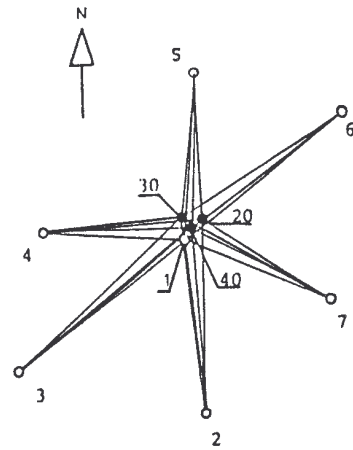
RIKTNINGSREGISTER

STATION NR 1			
PUNKT NR	RIKTNING	FÖRBÄTTRING	
		(GON)	
99	0.00000	0.00001	(Fiktiv)
2	185.60829	0.00000	
3	247.03977	0.00018	
4	293.18378	0.00009	
5	396.66360	-0.00029	
6	48.33559	0.00020	
7	119.52829	-0.00020	

STATION NR 20			
PUNKT NR	RIKTNING	FÖRBÄTTRING	
		(GON)	
2	188.21417	0.00002	
3	246.95417	0.00032	
4	290.36124	0.00009	
5	393.97692	-0.00004	
6	48.50406	-0.00010	
7	123.19586	-0.00029	

STATION NR 30			
PUNKT NR	RIKTNING	FÖRBÄTTRING	
		(GON)	
2	185.54828	-0.00033	
3	245.13226	-0.00015	
4	289.55002	-0.00019	
5	397.30974	0.00023	
6	50.55773	-0.00008	
7	122.24633	0.00052	

STATION NR 40			
PUNKT NR	RIKTNING	FÖRBÄTTRING	
		(GON)	
2	185.94549	0.00036	
3	246.62694	-0.00030	
4	292.04738	0.00004	
5	396.44861	0.00008	
6	48.81462	-0.00011	
7	120.57987	-0.00007	



LÄNGDREGISTER

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
2	85.911	-0.000	

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
3	104.153	0.000	

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
4	66.665	-0.000	

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
5	76.907	-0.000	

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
6	94.447	-0.001	

STATION NR 1			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
7	73.918	0.001	

STATION NR 20			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
2	88.677	0.001	

STATION NR 20			
PUNKT NR	LÄNGD	FÖRBÄTTRING	
		(METER)	
3	108.669	-0.000	