



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

**Tekniska skrifter - Professional Papers**

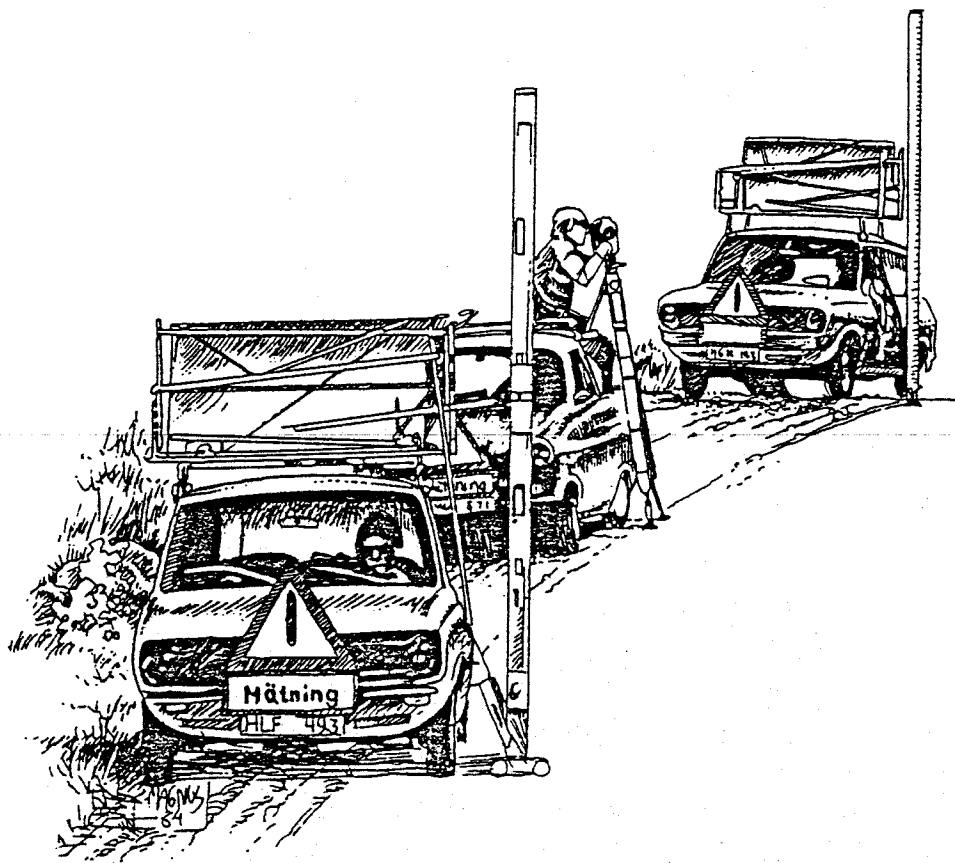
LMV-RAPPORT 1985:8

ISSN 0280-5731

# **AUTOMATISERING och MOTORISERING av AVVÄGNINGSARBETEN**

## **-nuvarande teknik och framtidsutsikter**

av Jean-Marie Becker



Gävle 1985

### Innehållsförteckning

<u>Avsnitt</u>	<u>Sid</u>
1 BAKGRUND	1
2 DEN MOTORISERADE AVVÄGNINGS- TEKNIKEN (ML)	2
2.1 Beskrivning	2
2.2 Personal och utrustning	3
2.3 Arbetsmetod	5
2.4 Insamling och lagring av fältdata	6
2.5 Fältresultat	7
3 RESULTAT OCH ERFARENHETER MED ML	9
3.1 Prestanda - Effektivitet	10
3.2 Kvalitet - Noggrannhet	12
3.3 Arbetsförhållanden	14
4 FRAMTIDSUTSIKTER	16
4.1 DML (Double Motorized Levelling) Dubbel Motoriserad Avvägning	17
4.2 AML (Automatic Motorized Levelling) Automatisk Motoriserad Avvägning	18
4.3 MTL (Motorized Trigonometric Levelling) Motoriserad Trigonometrisk Avvägning	19
4.4 MXYZ (Motorized XYZ-technique) Motoriserad XYZ-teknik	21
4.5 GPS (Global Positioning System) Satellitbaserad positionsbestäm- ning	22
5 SLUTSATS	23
8 REFERENSER	24

1985-05-13

**AUTOMATISERING OCH MOTORISERING AV AVVÄGNINGSARBETEN  
- NUVARANDE TEKNIK OCH FRAMTIDSUTSIKTER**

**Jean-Marie Becker**

I Sverige och särskilt vid lantmäteriverket pågår fortlöpande arbeten i syfte att rationalisera samt effektivisera genomförandet av de geodetiska arbetena knutna till riksnäten i plan, höjd och tyngdkraft.

I följande artikel skall jag beskriva den teknik som valdes för uppbyggandet av Sveriges nya riksnät i höjd, nämligen den "motoriserade avvägningstekniken".

Först kommer jag att belysa bakgrunden till detta val, sedan själva tekniken och därefter redovisa de resultat och erfarenheter som har framkommit efter mer än 10 års användande. Slutligen vill jag belysa framtidsutsikterna, vilka försök som pågår, vilka tekniker som testas samt de olika möjligheter dessa erbjuder.

**1 BAKGRUND**

Den nu pågående riksavvägningen (RA) föregicks av en utredning som hade till syfte att:

- kartlägga svagheter och brister i befintliga höjdnät;
- undersöka vilka åtgärder som var lämpliga för att åstadkomma ett modernt höjdnät;
- föreslå praktiska lösningar för en modernisering av Sveriges höjdnät.

För detta ändamål bildades en studiegrupp vid LMV som 1976, efter några års arbete, lämnade sin rapport "Precisions- och huvudlinjenätens förnyelse". [39]

Gruppen hade kommit till den slutsatsen att ett helt nytt modernt höjdnät var nödvändigt samt specificerade vilka krav man skulle ställa på detta nät. Vidare hade man undersökt och redovisade olika modeller för hur detta nät skulle byggas upp och med vilka metoder. [BECKER: LMV 1984:01] [11]



Motoriserad avvägning i stadsmiljö



Instrumentbil - i samband med anslutningsmätningar till en fixpunkt

1985-05-13

Den totala arbetsvolymen motsvarade ca 45 000 km dubbelavvägning och skulle helst genomföras under en 10-årsperiod med mycket begränsade ekonomiska medel.

För att hitta en lämplig teknisk lösning för detta projekt utförde gruppen försök, testmätningar samt studier av alla dåvarande avvägningstekniker - till fots (FL), med hjälp av cyklar (CL) samt med motorcyklar och bilar (ML) - dels i Sverige, dels i samarbete med andra länder t ex Danmark, Norge.

De lovande resultaten uppnådda med den motoriserade avvägningstekniken (ML), som redan 1973 presenterades i flera rapporter (BECKER: RAK D:20; PESCHEL, NITSCHÉ & SCHÖNE) [4, 22a+22b] bekräftades allt eftersom arbetet fortgick både i Sverige och utomlands. [BECKER 1977, 1978, 1979; ANDERSSON 1978; PESCHEL 1974; REMMER 1979; STEINBERG 1978; URBAN 1979]

Utvärderingen av alla kända resultat med dessa olika avvägningstekniker, både i Sverige och utomlands pekade entydigt på att den motoriserade avvägningstekniken var den fördelaktigaste för genomförandet och uppbyggandet av ett modernt höjdnät av hög klass. Med anledning därav valdes denna teknik i samband med uppbyggandet av Sveriges nya riksnät i höjd. Arbetet startade 1979 [BECKER: LMV 1984:01]. Sedan dess har arbetet fortskridit oavbrutet och redan har 37 000 km precisionsavvägning presterats med ML. [11, 12]

## 2 DEN MOTORISERADE AVVÄGNINGSTEKNIKEN (ML)

### 2.1 Beskrivning

Inledningsvis skulle jag vilja nämna några detaljer angående den s k "motoriseringen" av avvägningsarbeten. Här bör noteras att många försök (mer eller mindre lyckade) har gjorts under årens lopp för att öka produktionen med hjälp av fordon, med eller utan motorer. Den äldsta hittills kända och märk väl fungerande härstammar från Ing. M CALMETTE (Frankrike) som 1881 hade byggt in en "automatisk profilographe" på en hästdroska. Landsvägarnas längsprofil (längder och höjder) registrerades automatiskt på en pappersremsa. En mekanisk pendel registrerade ändringarna av vägens lutning samtidigt som droskans hjul mätte avståndet mellan dessa brytpunkter i höjd. Överföringen på pappersremsan var automatisk.

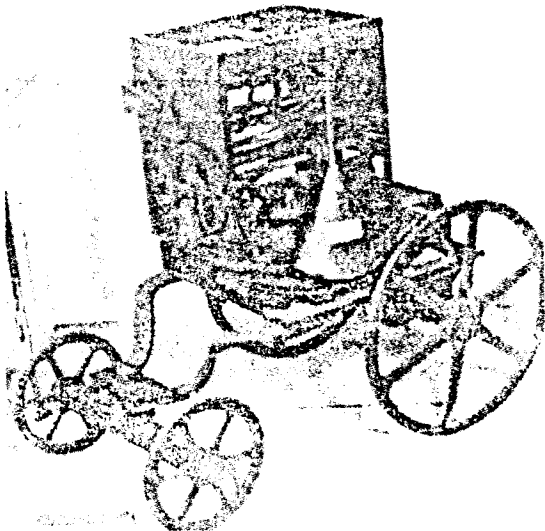


fig. 1 — Profilographe  
automatique  
Calmette de 1881  
(doc. IGN).

*Calmette automatic  
profilograph (1881)  
(IGN document).*

1985-05-13

Ända till 1972 användes bilar endast för transport av personal och material. Själva mätningarna skedde från backen som vid avvägning till fots (FL) eller med hjälp av cykel (CL). Tekniken var "halvmotoriserad". [6, 7, 34]

Genombrottet för den "helmotoriserade" avvägningen skedde i samband med framkomsten av Zeiss Jena precisionsavvägningsinstrument Ni002. Detta instrument, med sina dubbla symmetriska pendelpositioner, sina dubbla funktionsskruvar, vridbara okular m m, var specialkonstruerat för ML. Äntligen var det möjligt att utföra alla arbetsmoment direkt från bilarna, med undantag för anslutningar till fixpunkterna (stången på fixpunkten). Denna "helmotorisering" krävde dock vissa ändringar på bilarna samt några specialkonstruerade hjälpmedel.

Själva tekniken är väldokumenterad i ett flertal publikationer [5,6,7,8,12,18,24,27,35,36,38]. Jag skall därför här endast kortfattat beskriva de viktigaste detaljerna i denna teknik.

## 2.2 Personal och utrustning

Ett motoriserat avvägningsslåg består av fyra personer (2 mätningsingenjörer vilka arbetar skiftande som observatörer alt protokoll- och bilförare; 2 mätbiträden som stångbilsförare). Laget förfogar över 3 bilar (1 instrumentbil och 2 stångbilar).



1985-05-13

Alla 3 bilarna har följande utrustning:

- en elektronisk precisionstrippmätare (typ Digitrip);
- en elektronisk datastack (typ Micronic 445);
- varningssignaler och skyltar.

Instrumentbilen är av typ pick-up - delvis ombyggd och försedd med specialutrustning enligt följande:

- hål (1 eller 3) i flaket för "fripassage" av stativbenen vid instrumentuppställning. Ingen beröring med bilen under mätningarnas gång;
- en lyft- och sänkingsanordning för stativet och dess instrument;
- ett uppfällbart tak som skydd mot sol, regn och vind;
- ett internt radiokommunikationssystem (interphone) för samtal mellan observatör och protokollförare;
- ett specialbyggt stativ med justerbara ben samt speciella fotplattor till varje ben;
- ett grovhorisonteringshuvud;
- ett hjälpstativ, av vanlig typ för anslutningsmätningar när så behövs;
- en elektrisk lufttermometer;
- ett arbetsbord (istället för passagerarsits) för uppställning av datastack, pärmar m m;
- en pappersskrivare kopplad till datastacken för parallell och samtidig utskrift av alla data (dubblering och säkerhet).

Stångbilarna är av standardmodell med följande ändringar och utrustning:

- förardörren antingen omkonstruerad till eller har ersatts av en speciell arbetsdörr;
- en upphängningsanordning på taket som håller stången samt möjliggör dess uppställning i lodrätt ställning utan att den behöver hållas manuellt;
- en specialbyggd tung padda;
- en 3.5 meters precisionsinvarstång med dubbla centimetergraderade skalor - utan streck de första 0.50 m;
- stången har en centreringsring under bottenplattan;
- 3 vattenpass med vridbara speglar (2 på kort- och 1 på baksidan av stången);
- 2 elektroniska temperatursensorer placerade 0,50 m och 3,0 m på baksidan av invarbandet för registrering av dess  $t_0$ ;
- en 3:e avvägningsstång (endast 3,0 m) för svåra anslutningar till husfixar m m;
- vanliga paddor, pikar m m.

8

Avvägningsinstrumentet är Ni002 från Carl Zeiss Jena (DDR) [17]. Instrumentet är specialkonstruerat för motoriserad avvägning. Här kan nämnas följande:

1985-05-13

- det vridbara okularet som ger en rättvänd stångbild och möjliggör att alla syftningar kan ske från samma uppställningsplats;
- de symmetriska funktionsskruvarna för fokusering och fininställning av mikrometern;
- de symmetriska vinkelprismorna för grovinsyftning av stängerna;
- den reversibla pendeln som arbetar i 2 diametrala symmetriska ställningar och ger den s k "quasi-absoluta horisonten". Detta eliminerar kollimationsfelen och frigör oss från kravet på lika syftlängder bakåt och framåt;
- det i objektivets mitt fastsatta hårkorsset, vilket eliminerar parallaxfelen;
- den på objektivet fastmonterade mikrometerskalan samt det separatmonterade indexsträcket eliminerar det klassiska "runfelet";
- möjligheten att i okularet samtidigt se och avläsa både stängen och mikrometern samt vattenpasset.

### 2.3 Arbetsmetod

Alla arbetsmoment sker från bilarna. Därför var det nödvändigt att utveckla en arbetsprocess som delvis minskar arbetstiden och samtidigt optimerar resultatets kvalitet. För att förena dessa mål, arbetar vi på följande sätt:

- bilarnas förflyttning sker alltid i samma ordning (först instrumentbilen, sedan stångbilen);
- Ni002's vattenpass inspelas alltid med objektivet riktat mot samma stångbil (den s k "röda byxans metod");
- avläsningarna på stängerna sker alltid på följande sätt:

Distanstråd bakåtsyft	(1) vänstra skalan	Pendelläge I
Mittråd bakåtavläsning	(2) "-	"-
Distanstråd framåtsyft	(3) "-	"-
Mittråd framåtavläsning	(4) "-	"-
"- framåtavläsning	(5) högra skalan	Pendelläge II
"- bakåtavläsning	(6) "-	"-

8

Som regel byts observatören ut vid varje fixhåll och tur och retur mätningar av samma fixhåll är utförda av skilda observatörer vid skilda tidpunkter samt under skilda meteorologiska förhållanden.



1985-05-13

Detta arbetssätt minskar trötthetseffekten samt ökar prestationen och noggrannheten.

Här bör noteras att alla instrument kontrolleras veckovis i en s k jämförelsekomparering. Alla våra instrument genomgår årligen en komplett kontroll i vilken även ingår en magnetisk undersökning. Inget instrument som visar magnetisk påverkan har hittills använts på fält. Stängerna kalibreras minst 2 gånger per år (vår och höst) med vår automatiska laserinterferometerkomparator. Varje streck är kalibrerat 2 gånger. För varje stång bestäms dessutom utvidgningskoefficienten.

## 2.4 Insamling och lagring av fältdata

Datafångsten sker samtidigt vid alla tre bilar enligt ett i datastackarna (Micronic 445) förprogrammerat schema. Mängd och typ av vid stackarna insamlad information kan varieras efter behov samt anpassas till stackens arbetsfunktion - instrument- eller stångstack.

Tabell 1

Different questions Différences questions	INFORMATIONS ENREGISTRÉES AU DÉPART DE CHAQUE JOURNÉE DE MESURAGE		
	Instr. stack	Staff. stack I Mire	Staff. stack II Mire
BEGIN YES/NO	YES	YES	YES
DATA STACK NO	x	x	x
ALTERNATIVE	x	x	x
DATE	x	x	x
TYPE OF LEVELLING	x	x	x
FROM JUNCTION PT	x	x	x
TO FUNCTION PT	x	x	x
STAFF NO (1); (Mire)	x	x	x
STAFF NO (2); (Mire)	x	x	x
STAFF CONSTANT	x	x	x
GRADUATION 10 mm? YES/NO	YES	YES	YES
INSTRUMENT NO	x	-	-
ADDITION CONSTANT	x	-	-
STAFF TEMP. <sup>2</sup> NO	-	x	x
OBSERVING METHOD	x	x	x
STADIA READINGS? YES/NO	x	-	-
TOLERANCE (1-4)	x	-	-
OBSERVER YES/NO	YES	YES	YES
AIR TEMP YES/NO	YES	NO	NO
ROAD SURFACE CODE YES/NO	YES	YES	YES
WEATHER CODE YES/NO	YES	YES	YES
STAFF TEMP A-B	NO	YES	YES

Tabell 2

Questions Différences questions	INFORMATIONS ENREGISTRÉES EN COURS D'OPERATION DANS LES J DATA-STACKS				INFORMATION REGISTERED DURING LEVELLING OPERATIONS INTO THE J. DATA STACK				
	1ere station STARTING SET UP RV	Station intermediere NORMAL SET UP	Derniere station ENDING SET UP BM	Instr. stack	Staff. stack I	Staff. stack II	Instr. stack	Staff. stack I	Staff. stack II
Repère de départ STARTING AT BM (NO)	x	x	x	-	-	-	-	-	-
Repère d'arrivée ENDING AT BM (NO)	x	x	x	-	-	-	-	-	-
DATE	x	x	x	-	-	-	-	-	-
OBSERVER	x	x	x	-	-	-	-	-	-
Mire sur repère de départ STAFF NO; STARTING BM	x	x	x	-	-	-	-	-	-
Type de surface de route ROAD SURFACE CODE	x	-	-	-	x	x	-	-	-
Heure TIME	x	x	x	-	-	-	-	-	-
Type de météorologie WEATHER CODE	-	-	-	-	x	x	-	-	-
Températures des mires STAFF. TEMP A-B	-	-	-	-	x	x	-	-	-
Echelle coté gauche: Pos. I L.H. BACKSIGHT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STADIA HAIRS I (AR, (11 stadia)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
CENTER HAIR I (AR, (11 niv.)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
L.H. FORESIGHT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STADIA HAIR I (AV, (11 stadia)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
CENTER HAIR I (AV, (11 niv.)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Echelle coté droit: Pos. II R.H. FORESIGHT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTER HAIR II (AV, (11 niv.)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
R.H. BACKSIGHT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTER HAIR II (AR, (11 niv.)	-	-	-	x	-	-	-	-	-
WEATHER CODE: Météorologie	-	-	-	x	-	-	-	-	-
AIR TEMP: Temp. de l'air	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Dernière station inst.: OUI/NO FINAL SET UP YES/NO	-	-	-	NO	NO	NO	YES	YES	YES
Dernier repère (NO) LAST BM (NO)	-	-	-	-	-	-	x	x	x
Mire sur dernier repère STAFF NO; LAST BM	-	-	-	-	-	-	x	x	x
Surface de la route ROAD SURFACE CODE	-	-	-	-	-	-	x	-	-
Heure TIME	-	-	-	-	-	-	x	x	x

1985-05-13

Grundprincipen är att kända och okända faktorer som vid mätningarnas utförande kan påverka resultatet registreras och beaktas (t ex meteorologiska förhållanden, luft och invarband t<sup>o</sup>, vägbeskaffenhet m m).

Under hela mätningens gång sker en dialog mellan stacken och dess operatör. Stackens frågor besvaras av operatören, varefter inprogrammerade beräkningar och kontroller mot givna toleranser utförs i stacken, vilken antingen godkänner eller begär ommätning från uppställning till uppställning, från fix till fix osv. Detaljerna finns redovisade i tabellerna 1 och 2 (se sid 6). En printer kopplad till datastacken ger simultant i klartext på en pappersremsa en utskrift av allt som sker: insamling, beräkning, kontroll, inmätning m m. Dessa remsor sparas till all beräkning är avslutad inomhus. Varje kväll överförs innehållet i stackens minne till en magnetisk tape via en kassetbandspelare typ Tektronix. För varje arbetsdag och för varje avvägningsslag används ett kassetband i vilket lagets 3 stackar töms. Banden insänds veckovis till LMV i Gävle för tömning i LMVs dator PRIME. Efter tömning återsänds banden för att användas igen osv. Alla insamlade fältdata sparas för beräkning-, utvärderings- och forskningsändamål.

## 2.5 Fältresultat (se tabell 3, kopia av pappersremsa, sid 8)

Vid varje instrumentuppställning framkommer följande delresultat på displayen och pappersremsan:

- ackumulerad avståndsskillnad mellan framåt- och bakåtavstånd; (exempel a)
- differensen mellan vänstra och högra skalans höjdskillnad om denna differens överskrider given tolerans.

För varje avvägt fixhåll (exempel b)

- höjdskillnad från vänstra skalan;
- "- högra skalan;
- medeltalet;
- fixhållens totala längd i meter;
- medelsyftlängd.

8

Efter avslutade mätningar görs varje arbetsdag en sammanställning över dagens skörd - fixhåll efter fixhåll: (exempel c)

- punktnummer (från..till);
- höjdskillnaderna;
- fixhållslängd.

1985-05-13

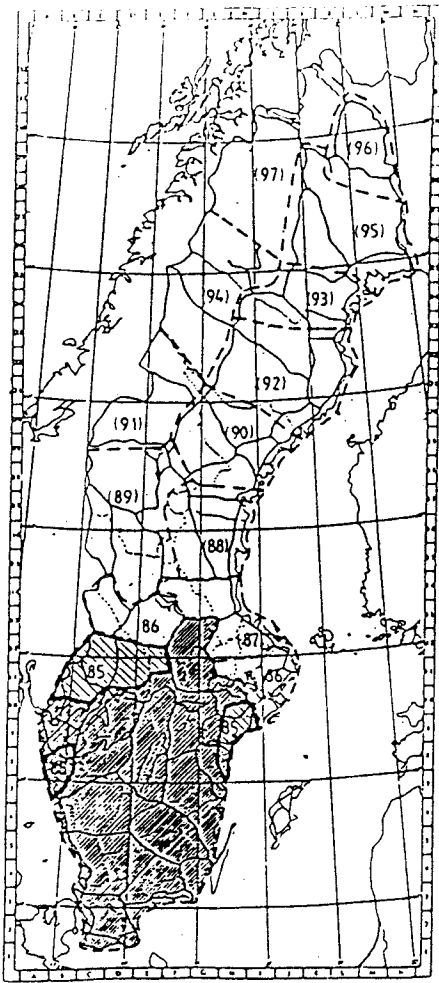
TABELL 3      Kopia av pappersremsa

<p>ST. IDENT 20175 ALTERNATIV 31 DATUM 810603 OMRADE 1 LF 062*1*1112 LT 052*2*7006 STG1 41 STG2 42 STGKT 3015.500 HEL OM STANG JA INSTNR 456491 ADD KONST 0.400 METOD 1 DISTANSTRAD JA FEL1 020.000 FEL2 000.490 FEL3 000.240 FEL4 005.000 FIPROT 111 UFSPROT 0100 PF 062*1*0109 PT 062*1*0109 DATUM 810603 OBS 430104 STGNR 41 LTP 18 VAG 5 TID 00.320 MELLAG 00.000 DISTR 00483.600 BV 00502.300 DISTR 00442.000 FV 00460.024 FH 00158.479 BH 00200.755 VADER 0 DV 1.368 } (a) OK 1 SISTA UPPST NEJ DISTR 00440.700 BV 00465.200 DISTR 00574.800 FV 00597.745 FH 00296.183 BH 00163.625 VADER 0 DV 4.494 } (a) OK 2 SISTA UPPST NEJ</p>	<p><b>E X E M P E L</b></p>	<p>OK 16 SISTA UPPST NEJ DISTR 00594.200 BV 00600.795 DISTR 00407.000 FV 00414.119 FH 00112.576 BH 00299.247 VADER 0 DV 11.490 } (a) OK 17 SISTA UPPST JA MELLAG 00.000 PT 062*1*0109 STGNR 42 LTP 18 VAG 6 TID 09.180 HDF1 751.042 HDF2 751.093 HMED 751.067 D1-2 0.051 MELL1 0.000 MELL2 0.000 LND 1201.810 SLD 35.347 NYTT FIXHALL JA NYGOT NYTT NEJ PF 062*1*0109 PT 062*1*0110 DATUM 810603 OBS 551127 STGNR 42 LTP 18 VAG 6 TID 09.250 MELLAG 00.000 DISTR 00503.600 BV 00510.829 DISTR 00487.200 FV 00494.350 FH 00192.794 BH 00209.261 VADER 0 DV 0.158 } (a) OK 1 SISTA UPPST NEJ</p>	<p>NEJ DISTR 00428.200 8. BV 00458.438 DISTR 00428.000 FV 00390.652 FH 00097.100 BH 00156.910 VADER 0 DV 8.940 } (a) OK 10 SISTA UPPST JA MELLAG 00.000 PT 062*1*6209 STGNR 41 LTP 15 VAG 3 TID 16.330 HDF1 814.578 HDF2 814.522 HMED 814.550 D1-2 0.056 MELL1 0.000 MELL2 0.000 LND 851.048 SLD 42.552 NYTT FIXHALL NEJ</p>	<p>HM 3123615 FL 1249380 HM -3124005 FL 1248404 HM -1984935 FL 1389760 HM 16354275 } (c) FL 1389652 HM -16353505 FL 1377000 HM -3743785 FL 810196 HM 3538270 FL 1594600 HM 8145500 FL 851048</p>
---	---	--	--	--





SLUT

1985-05-13

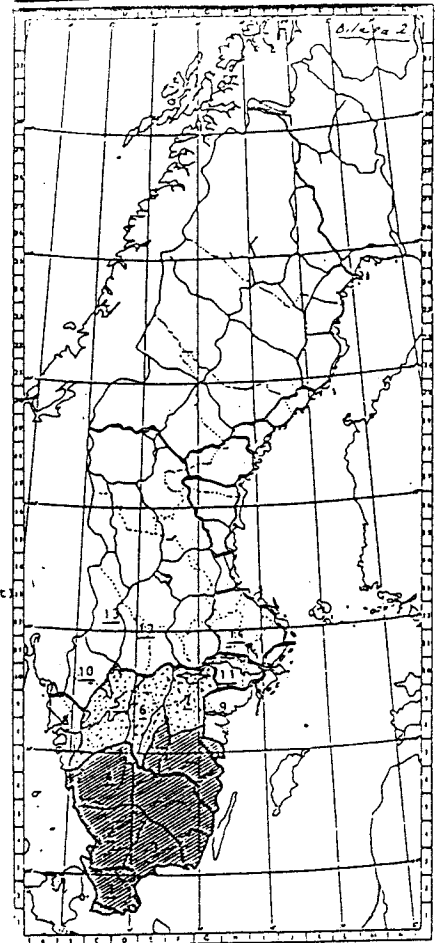
Figur 1



Den Nya Riks-  
avvägningen  
Tidplan för  
mättningsarb.

-  Mätningar utförda t o m 1984
-  1985
-  1986
-  Preliminärt 1987-1997

Figur 2



BERÄKNINGSPLAN.  
Färdiga höjder tillgängliga.

Leveransdatum (preliminärt)

1	1984 04	OK
2	1984 12	**
3	1984 12	**
4	1984 12	**
5	1985 07	
6	1985 07	
7	1985 07	
8	1985 12	
9	1985 12	
10	1986 04	
11	1986 12	
12	1986 12	
13	1986 12	
14	1987 12	

### 3 RESULTAT OCH ERFARENHETER MED ML

Vår erfarenhet med ML bygger på, sedan 1974 i Sverige, över 37 000 km precisionsavvägning samt några tusen kilometer 2:a ordningens avvägning. [12,35]

Figur 1 och 2 visar dagens läge beträffande utförda mätningar och beräkningar av det nya riksnätet i höjd.

8

För att bättre illustrera ML's resultat skall jag i kommande avsnitt jämföra uppnådda resultat med denna teknik med de från övriga avvägningstekniker: till fots (FL) eller med hjälp av cyklar (CL) [34]. I jämförelsen kommer följande kriterier att belysas:

1985-05-13

- prestanda - effektivitet;
- kvalitet - noggrannhet.
- arbetsförhållanden.

### 3.1 Prestanda - Effektivitet

Prestanda av en teknik för avvägning kan uttryckas på flera sätt:

- dels genom produktion per timme, per arbetsdag, per fältsäsong eller år;
- dels genom styckepriset: totala kostnaden för nyproduktion av 1 km avvägning i fält eller globalt (inkl inomhusarbeten).

TABELL 4

AVVÄGNINGSSTATISTIK FÖR ÅREN 1982-1983-1984

LAG	KM	KM	KM	EFF	ANT	ANT	UPPST/	RA	PL	LMV	ÖVR	MED	MED	KM	ANT	KM	EFF.TIM ARB. DAG
	TOTALT	KONTR	BEST	TIM	FIXH	UPPST	EFF TIM	FIX	FIX	FIX	FIX	SYFT LÄNGD	FIXH LÄNGD	EFF TIM	ARB DAGAR	ARB DAGAR	
1	2900.8	0.0	18.7	1331.7	3027	36032	27.1	2524	139	32	335	40.3	958.3	2.18	227	12.78	(12.86) 5t 52 m
2	3836.3	225.7	57.7	1797.5	4066	52367	29.1	3500	190	210	119	36.6	943.5	2.13	323	11.88	(12.75) 5t 34 m
3	3929.8	16.7	12.1	1781.8	4202	49746	27.9	3433	321	202	133	39.5	935.2	2.21	319	12.32	(12.41) 5t 35 m
4	4179.5	45.5	40.3	1888.2	4512	52919	28.0	3661	315	182	147	39.5	926.3	2.21	335	12.48	(12.73) 5t 38 m
5	2939.1	180.5	0.0	1284.4	3068	38562	30.0	2494	374	93	94	38.1	958.0	2.29	232	12.67	(13.45) 5t 32 m
6	267.7	0.0	0.0	151.9	289	3547	23.3	254	30	11	1	37.7	926.3	1.76	27	9.91	- 5t 38 m
	18053.2	468.4	128.8	8235.4	19164	233173	27.6	15866	1369	730	829	38.6	941.3	2.13	1463	12.34	(12.75) 5t 38 m

18650.4

Tabell 5

PRODUCTION STATISTICS FOR PERIOD 1976-1984 WITH MOTORIZED LEVELLING

YEAR	NUMBERS OF PARTY	FIELD WORK DAYS	TOTAL PRODUCTION IN KM			DAILY PRODUCTION KM			RELEVELLING %
			ACCEPTED	REVELLED	TOTAL	ACCEPTED	REVELLED	TOTAL	
1976-1981	1-5	2 023	18 374	1 186	19 560	9,1	0,6	9,7	6,0
1982-1984*	4-6	1 520	17 420	759	18 179	11,5	0,5	12,0	4,2
Total	-	3 362	33 900	1 945	35 845	10,1	0,6	10,7	5,2

\*) Measurement with 3,5 m invarstaff.

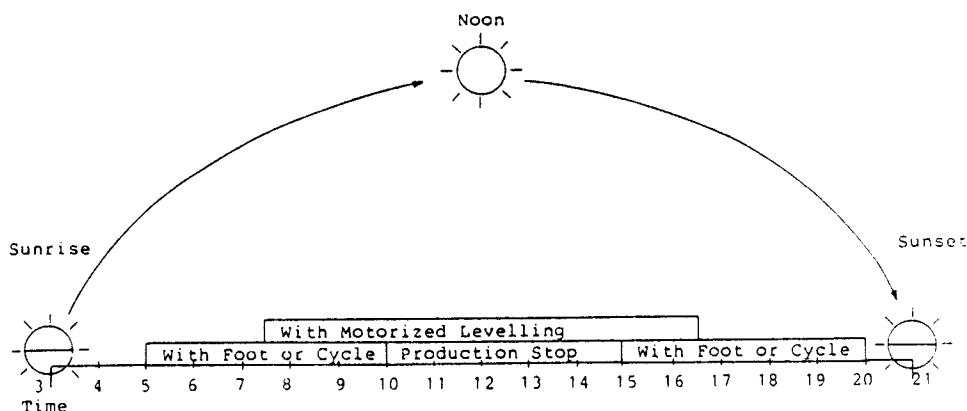
1985-05-13

Av tabell 4 och 5 framgår att

- genomsnittlig timproduktion är ca 2,2 km (kan uppgå till 3,5 km om terrängen är plan);
- genomsnittlig dagsproduktion under de senaste 3 åren har varit 12,0 km då 3,5 m invarstänger har använts;
- tidsåtgången per komplett uppställning inklusive förflyttning är ca 2 min;
- effektiv tidsåtgång under en normal 8 tim arbetsdag för mätning är 5,5 tim;
- genomsnittlig syftlängd per uppställning är ca 38 meter för en max. tillåten syftlängd av 50 m.

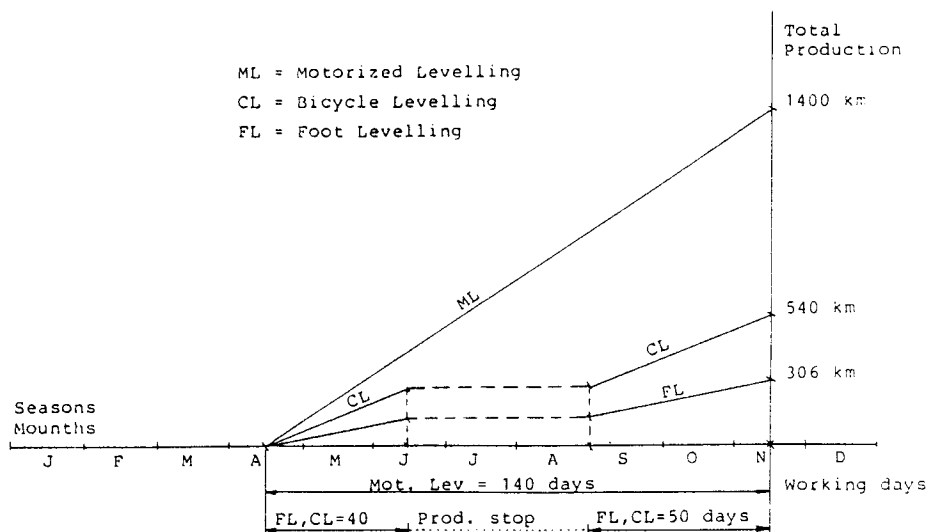
Figur 3

DAYLY PRODUCTION POSSIBILITIES WITH DIFFERENT LEVELLING TECHNIQUES



Figur 4

PRODUCTION POSSIBILITIES DURING FIELD SEASON WITH DIFFERENT LEVELLING TECHNIQUES.



1985-05-13

I figur 3 och 4 redovisas avvägningssmöjligheterna under en dag och under en hel fältsäsong med olika tekniker. Här framgår klart att det finns stora skillnader då det gäller precisionsavvägning, nämligen

- med ML kan det produceras under ca 140 dagar med normala arbetstider, dvs kl 08.00-17.00;
- med övriga tekniker, FL och CL, uppstår begränsningar pga refraktion och flimmer, vilket dels

stoppar all mätning under ca 40 dagar under sommaren och dels nödvändiggör att mätningar utförs på morgon- och kvällstid (före kl 10.00 och efter kl 15.00), vilket ökar den totala arbetstiden.

Följderna av detta är minst två:

- Produktionskapaciteten per år med ML ökas i förhållande till CL ca 2.5x och till FL ca 4x (under förutsättning att man räknar den totala tiden som personalen måste avlönas);
- kostnaderna för ML är således minst 30 % lägre än för CL och 50 % lägre än för FL för precisionsavvägning.

Kostnadsbilden blir ännu fördelaktigare för ML om man tar hänsyn till de besparingar som åstadkommes inomhus genom den fullständiga automatiseringen och datoriseringen av arbetskedjan från fält (datastack) till färdig produkt (höjddatabank).

### 3.2 Kvalitet - Noggrannhet

För att bestämma resultatets kvalitet (noggrannhet) är det nödvändigt att påminna om de villkor (mättolerans, föreskrifter) och de förhållanden som gäller vid dessa mätningar.

I Sverige skall alla mätningar utföras som dubbelavvägningar. Högsta tillåtna avvikelse mellan tur- och returavvägning av ett fixhåll är  $\leq 2 \sqrt{L}$  mm/km (L = längd i km). Endast en begränsning till finns - maximal syftlängd 50 meter.

För övrigt utförs mätningarna non-stop från vår till höst, från morgon till kväll, under de mest skiftande väderleks-, väg- och topografiska förhållanden samt med personal med mycket skiftande utbildning och erfarenhet.

1985-05-13

I tabell 5 ser man att den genomsnittliga procent-satsen för omavvägning med ML endast uppgår till 5,2 % för hela 10-årsperioden, vilket är mycket bra i jämförelse med FL och CL (6-7 %) trots begränsad mätperiod (utvalda mättider).

Det bästa kriteriet för att bedöma kvalitet av en avvägning är att analysera resultatens medelfel per kilometer. Detta medelfel kan beräknas antingen ur skillnaderna (d) mellan tur- och returavvägningar av de olika fixhållen eller också från slutningsfelen ( $\Psi$ ) i slingorna.

Tabell 6

PRECISION DES MESURES: ERREURS MOYENNES KILOMETRIQUES  
POUR 1 KM DE NIVELLEMENT DOUBLE  
STANDARD ERROR PER KM  
(FORWARD AND REVERSE LEVELLING)

PAYS ANNEE	TOLERANCE MAXIMALE MM/KM	Nr. de MAILLES	Nr. de TRAVEES	Nr. de KILO- METRES	Erreurs moyennes kilométriques (niv.double) en provenance de:	
					$m_d^*$ discordances allers-retours des travées	$m_\Psi^{**}$ fermetures des mailles
COUNTRY YEAR	SIGHT LENGTH PERMITTED DIFF	NO OF CIRCUIT	NO. OF SECTIONS/ LINES	DISTANCE IN km	STANDARD ERROR PER km	
					$m_d^*$ from diffe- rence forward-reverse	$m_\Psi^{**}$ from CIRCUIT closures
Sweden 1979	27L mm (max 50 m)	15	1732	1663	$\pm 0,50$ mm/km	$\pm 0,81$ mm/km
USA 1980	27L mm	3	1	160	$\pm 0,60$ mm/km	-
Denmark 1978	27L mm (max 40 m)	1	112	46	$\pm 0,44$ mm/km	$\pm 0,47$ mm/km
DDR 1974/77	27L mm (max 40 m)			5000	$\pm 0,38$ mm/km	$\pm 0,97$ mm/km
Holland 1978	2,57L mm (max 50 m)	28	633	540	$\pm 0,58$ mm/km	$\pm 0,92$ mm/km

$$* m_d = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{dd}{l} \right]}$$

$$** m_\Psi = \pm \sqrt{\frac{1}{m} \left[ \frac{\Psi\Psi}{L} \right]}$$

where l = distance in km  
n = number of section  
d = differences forward-reverse mm

where m = number of circuits  
L = length of circuit in km  
 $\Psi$  = circuit closures in mm

n = antal fixhåll, slingor  
d = T-R  
 $\Psi$  = slutningsfel  
l = fixhållslängd  
L = slingans längd

Båda beräkningssätten ger ett medelfel per km som är lägre än  $\pm 1$  mm/km, vilket väl överensstämmer med de internationella kraven på precisionsavvägning. Analyser utförda av REMMER [28] och SJÖBERG [32] visar att medelvärdet av tur- och returavvägningar ej är behäftade med systematiska fel. Här kan påminnas om att medelfelet för Sveriges 2:a precisionsavvägning (FL) är  $\pm 1,63$  mm/km, vilket är dåligt och tyder på dolda fel (förmodligen systematiska fel).



1985-05-13

Man bör samtidigt nämna några av de viktigaste faktorerna som ligger till grund för den höga noggrannheten som ML möjliggör:

- högt tempo (hastighet) av mätningar = minskar alla tidsbundna fel (sättningar m m);
- förhöjda syftlinjer (2,20 i stället för 1,45 med FL, CL) - minskar och eliminerar största delen av refraktions- och flimmereffekterna [se Kukkamäki's tabeller];
- stängernas perfekta stabilitet under hela arbetstiden tack vare speciella paddor och den mekaniska upphängningen i lod;
- förbättrade vertikalitet tack vare de 3 vattenpassen (kontroll och säkerhet);
- förbättrad stabilitet för instrumentet tack vare speciella fotplattor och pga att observatören ej behöver stå eller springa runt instrumentet = minskade sättningseffekter;
- symmetriska sikt-syftförhållanden mellan framåt- och bakåtläsningar (över samma mark-, väggyta) = identiska refraktionseffekter bakåt-framåt;
- minskade fel på grund av trötthet genom att observatör byts vid varje fixhåll;
- kontinuerliga kontroller av alla mätningresultat i datastackarna m m.

Noggrannheten är beroende av utrustning samt arbetsätt, vilka under årens lopp fortlöpande förbättras.

### 3.3 Arbetsförhållanden

Användningen av ML har nämnvärt förbättrat arbetsvillkoren på fältet. Alla arbeten sker praktiskt taget från bilarna och den fysiska delen inom avvägningen har blivit väsentligt lättare.

- inga längre marscher bärande tung och otymplig utrustning;
- ingen manuell hållning av stängerna i lod tack vare den mekaniska upphängningen;
- arbete i sittande ställning för alla utom observatören;
- bra arbetsplats och goda arbetsmöjligheter för protokollföraren;
- förprogrammerade datastackar som hjälp i arbetet - beräkning, kontroll;
- skydd mot regn, sol, vind;
- flexibilitet i arbetet, lätt att byta arbetsplats;
- mindre stress.

Vikten, volymen och mängden av utrustning samt dess tillbehör spelar nu ingen roll.

1985-05-13

En annan viktig faktor är att säkerheten för personalen har ökat väsentligt. Övriga vägtrafikanter uppmärksammar bättre våra bilar, som har ljus- och varnings-signaler, och respekterar dem. (Detta var ej fallet då man gick eller cyklade längs vägarna.)

Om man sammanfattar resultatet av lantmäteriets långa erfarenhet av olika avvägningstekniker kan man påstå att den sk motoriserade avvägningen för närvarande är den mest rationella för utförandet av större precisionsavvägningsprojekt (typ riksnät) av hög kvalitet. Detta faktum ligger också till grund för att så många länder har valt den svenska modellen av ML för uppbyggandet och moderniseringen av sina höjdnät. Här kan nämnas: Norge, Danmark, Frankrike, Holland, USA, Canada, England. Tabell 7 visar uppnådda resultat i dessa länder. [1,12,18,24,27,34,35,36,37,38]

Tabell 7

JÄMFÖRELSE AV UPPNÅDDA PRODUKTIONSRISULTAT I OLIKA LÄNDER MED OLIKA AVVÄGNINGSTEKNIKER (1983)

FA = Avv till fots CA = Avv med cyklar MA = Avv med bilar R = Regn V = Vind F = Filmer + Refraktion  
D = Datastackar M = Mekaniska problem T = Trafik S = Järnväg (Låg)

Länder	Teknik	Mat- tolerans VC mm/km	Personal antal	Stånguppställning			Detarjustering			Arbetstider		Produktion		Anmärkningar Uppehåll på grund av
				Paddor	Pikar	Annat	Manuellt Böcker	Rattneskin med papper	utan	Normala	Utvalda	km/dag	Omgivning	
Sverige	FA	0.2	3-4	x			x			x		4-6	5	RVFS
	FA	u.2	4	x	x		x			x		3-4	7	RVFS
	CA	4	3	x			x			x		6	6-7	RVFT
	CA	2	3 (4)	x			x			x		5	7	RVFMTS
	MA	4	4	x						x		11-12	2	MS
Sverige	MA (4 avl)	2	4	x					x			10-11	4-5	HTS
	1)											12	4	(med 3,5m)
Danmark	FA	2	3	x	x		x			x		3	5-7	RVFT
	MA (4 avl)	2-3	4	x				D		x		8-9	4-5	HT
	MA (8 avl)	2	4	x				x		x		8	2	HT
Holland	FA	3	4	x			x				x	3	7-10	RVFT
	MA (4 avl)	3	4	x			D	(x)		x		10	5-8	HT
Finland	FA	u.1	5-7		x		x		x		x	5-6	?	RVFS
	Dressiner	u.1	5-7		x	x		x	x		x	6	?	RVFMS
	CA	u.1	5-7		x			x	x		x	7-8	?	RVFMS
DDR	FA	u.1	4	x	x		x				x	3-5	?	RVFT
	MA (4 avl)	u.1	4	x						x		6-8	4-5	RVFMT
USA 2)	MA	3	4-6	x	x				D	x	x	ca 8	ca 15	RVFMT
	MA	3	5	x					D	x	x	10-11	ca 6	HT
BDR	FA	2	5 (6)	x	x		x		D	x	x	2-3	5-7	RVFM
	MA	3	4	x				x	x		x	8-10	6.10	RVFM
Frankrike	FA	3-4	4-5	x			x				x	6-8	5-7	RVFS
	MA	3-4	4	x					D	x	x	11-12	3-4	HTS
Norge	FA	2	5-6	x	x		x			x	x	2-3	5	RVFT
	MA	2	5	x					D			8-10	6.5	HT
Zambia	MA	3	5-7	x					x		x	6-8	10	MTR

1) Efter det att vi började med 3,5 meters stänger i stället för 3 meters (1982/83)

2) I USA avvägs alla fixhåll endast i en riktning med strängare kontroll vid varje uppställning (dubbelavvägning endast vid felsökning)

Slutligen bör påpekas att denna teknik fortfarande kan förbättras, den är ej statisk, och i nästa kapitel skall jag nämna några möjligheter.

1985-05-13

#### 4 FRAMTIDSUTSIKTER

Höjdnäten består, till skillnad från plannäten, av en betydligt större mängd punkter pga deras större täthet. I många länder finns ett skriande behov av höjduppgifter av god kvalitet. De myndigheter (NGS, LMV ..) som ansvarar för uppbyggnaden och ajourhållningen av de nationella näten har dock mycket begränsade resurser för att tillgodose efterfrågan på nät- och punkttäthet. Detta är ett allmänt problem, som i sin tur har medfört en febril aktivitet jorden runt för att hitta lösningar för att antingen effektivisera nuvarande metoder eller hitta nya rationellare höjdbestämningsstekniker.

I föregående avsnitt såg vi ett exempel på hur man under 1970-talet väsentligt förbättrade avvägningresultaten med hjälp av den motoriserade avvägningstekniken.

I följande avsnitt skall jag redogöra för dagsläget med övriga tekniker och projekt - både i Sverige och utomlands. Innan dess bör dock noteras att, pga de höga utvecklingskostnaderna, ett allt större internationellt samarbete sker mellan myndigheter och institutioner.

Således bildades 1983, vid IUGG/IAG kongressen i Hamburg, en internationell arbetsgrupp under ledning av IAG och NGS (National Geodetic Survey - USA) med uppgift att ta fram "den mest rationella höjdbestämningsstekniken". Projektet, till vilket fem länder är anslutna och för vilket Sverige har anmält intresse, har döpts till R.P.L.S Rapid Precise Levelling System). Hittills har endast en inventering av möjliga lösningar skett.

Vid NAVD Symposiet 1985 [40] i Washington, och särskilt under session II "New Levelling Techniques" presenterades en mängd rapporter - delvis från RPLS och delvis från övriga projekt. Försöken, med syfte att minska produktionskostnaderna, kan sammanfattningsvis ske på följande sätt:

- dels genom ökad effektivitet (med hjälp av förbättrad utrustning, t ex helautomatisering och genom att minska arbetsmomenten t ex enkel- i stället för dubbelavvägning);
- dels genom att reducera arbetskraften, vilken är en dyraste komponenten;

1985-05-13

Figur 5



— The problem is really quite simple. All we have to do is to reduce working hours and increase production.

- dels genom att utföra flera typer av mätningar samtidigt (t ex plan- och höjdbestämmningar).

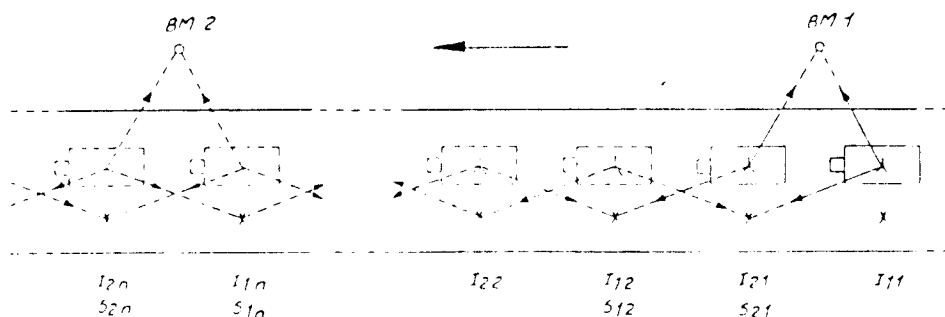
Bland de förslag och lösningar (nyare höjdbestämningsmetoder) som presenterades vill jag nämna följande:

- DML (dubbel motoriserad avvägning);
- AML (automatisk motoriserad avvägning);
- MTL-DMTL (motoriserad trigonometrisk avvägning - flera varianter = enkel - dubbel);
- MXYZ (motoriserad XYZ-teknik);
- GPS (satellitbaserad positionsbestämning).

#### 4.1 DML (Double Motorized Levelling) [12]

Med denna teknik utförs 2 separata enkla avvägningar av samma fixhåll samtidigt och i samma riktning (se figur 6).

Figur 6



För att åstadkomma detta använder man sig av 2 likadana kombinerade instrument- + stångbilar. Biltypen som används motsvarar instrumentbilen vid ML och är utrustad med samma instrument Ni002, dock kompletterad med en avvägningstång monterad alldeles bredvid instrumentet.

Mätningarna utförs så att den ena bilens instrument syftar mot den andra bilens stång och tvärtom. Anslutningen till fixpunkterna sker från båda bilarna. Med detta förfaringssätt åstadkommes 2 enkla, separata avvägningar samtidigt mellan fixpunkterna BM1 och BM2 - en avvägning med varje instrument. Metoden spar transporttid och bör ge en 15 %-ig produktionsökning.

1985-05-13

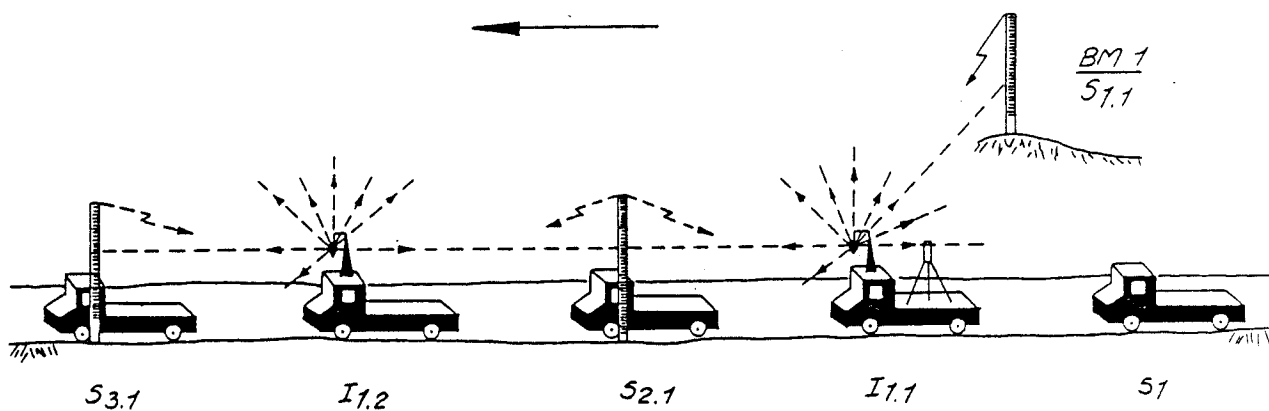
#### 4.2 AML (Automatic Motorized Levelling) [13]

Här använder man sig av

- dels ett horisontellt roterande laserinstrument som är kardanupphängt på bilens tak, dvs självhorisontterande;
- dels av självregistrerande avvagningsstänger med detektorer varje millimeter.

Figur 7

#### AUTOMATIC MOTORIZED LEVELLING (A.M.L)



3 STAFF-CAR (WITH SENSORS)  
1 INSTRUMENT CAR (LASER INSTR.)

Laserstrålens impact på stängerna registreras automatiskt och överförs till Instrumentbilen, där höjdskillnaden kontinuerligt beräknas och lagras.

Tekniken medför att mätningar kan utföras utan observatör.

1985-05-13

Minst 3 stångbilar bör användas samtidigt. Produktionen bör bli 1.5 à 2 gånger större än vid nuvarande ML.

#### 4.3 MTL (Motorized Trigonometric Levelling)

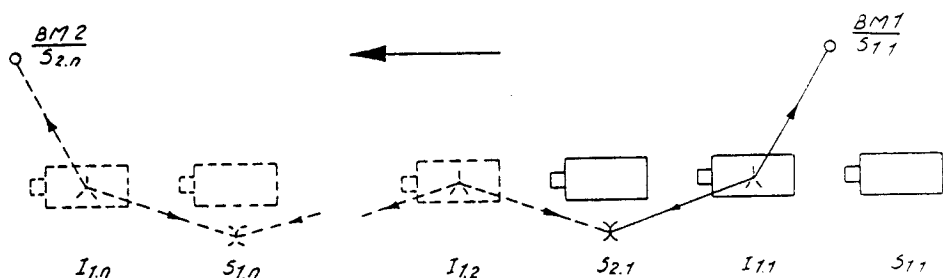
Trigonometrisk höjdbestämning är en välkänd teknik i polygontågssammanhang. Redan på 70-talet gjordes försök av LMV (dåvarande RAK) med denna teknik i norra Sverige för höjdbestämning, dels med helikopter, dels med biltransport. [BECKER 1978, internrapport]. Försöksresultaten i öppen- och kuperad terräng visade sig framgångsrika (god noggrannhet  $\leq \pm 10$  mm och god ekonomi) och ledde senare till praktisk användning = höjdtågsmätningar i samband med rikstrianguleringen. Resultaten längs lands- och skogsvägar kunde däremot ej konkurrera med dåvarande avvägning med hjälp av cyklar.

Sedan några år tillbaka har en ny generation av elektroniska precisionstakymetrar (totalstationer) med automatisk dataregistrering kommit på marknaden. Dessa instrument gör att den trigonometriska höjdmätningstekniken återigen kan konkurrera med den klassiska avvägningstekniken och då speciellt i kuperad terräng.

Flera länder presenterade resultaten av sina tekniska lösningar med TL och MTL. I praktiken finns det tre varianter.

##### 4.31 MTL med 1 instrument + 2 reflektorstänger

Figur 8



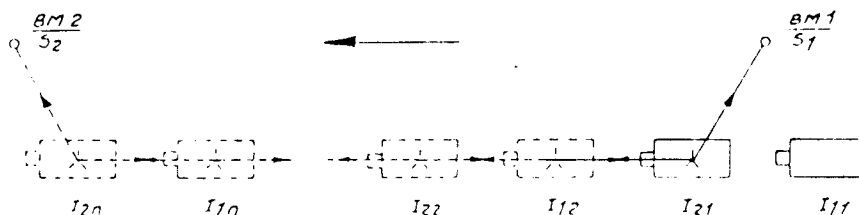
8

I denna variant använder man sig av 1 totalstation och 2 stänger vardera med 2 reflektorer mot vilka man mäter längder och vertikalvinklar.

1985-05-13

#### 4.32 MTL med 2 instrument

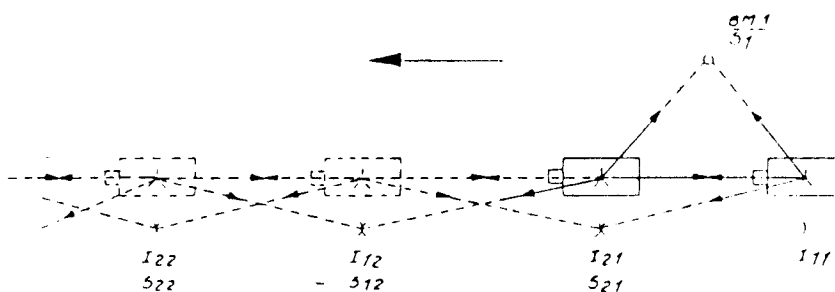
Figur 9



Här använder man sig endast av totaltstationer (minst 2) som har kompletterats med varsin reflektor och påmonterad signaltavla och man utför simultana reciprokala vertikalkvinkelmätningar och längder.

#### 4.33 DMTL

Figur 10



Den tredje varianten är en kombination av de båda föregående, där varje instrumentbil dessutom är försedd med en reflektorstång. I detta fall utförs 4 enkla höjdtågsmätningar samtidigt mellan två fixar.

Både USA (WHALEN) [37], CANADA (SCHRANOWSKI) [14] och FRANKRIKE (KASSER) [20] presenterade lovande resultat. De hade åstadkommit mycket hög noggrannhet under fältmässiga produktionsmätningar (medelfel omkring  $\pm 1$  mm/km) med olika metoder och instrument (Wild T2000 - Kern E2). I dessa sammanhang hade man begränsat

1985-05-13

syftlängderna till max 250 meter.

Dessutom framgick att man hade hög effektivitet och låga kostnader - t o m lägre än vid ML.

Test med fria syftlängder (upp till 1 600 meter) gav resultat som var av storleken  $\pm 3-4$  mm/km. Liknande testmätningar med dessa varianter av MTL är redan på gång vid LMV och kommer att fortsätta hösten 1985. [12]

#### 4.4 WXYZ (Motorized XYZ-technique)

För närvarande är riksnäten i höjd och plan helt skilda från varandra både när det gäller deras utformning och punktmarkeringar. Mätningarna utförs vid helt skilda tillfällen och dessutom oftast av olika organisationsenheter inom samma myndighet. Det behövs dock både plan- och höjduppgifter i samband med beräkning och redovisning av båda nättyperna. Den digitala kartframställningstekniken är ett annat exempel, där både plan- (X,Y) och höjduppgifter (Z) sammankopplas.

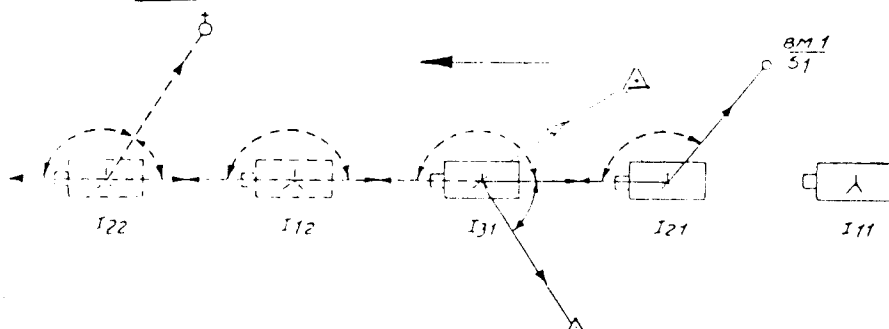
I föregående avsnitt (4.32) har jag beskrivit hur den trigonometriska höjdmätningen (MTL) sker med hjälp av totalstationer placerade på bilar. Att i detta sammanhang även bestämma punkternas planlägen verkar fullt realistiskt. Detta är också syftet med en del av försöksmätningarna som Sverige (LMV) utför under 1985 års fältsäsong. [10,12,42]

För detta ändamål behövs 3 likadana instrumentbilar utrustade med varsin totalstation (AGA 142, Kern E2) placerad mitt i bilen på ett nytt stativ med centralpelare. Varje instrument är försedd med ett centralt fastmonterat reflektorsystem: prisma + syfttavla (plan- och höjdsignal). Vertikalvinkel-mätning sker som reciprokala samtida syftningar.

För anslutning till fixarna används en specialkonstruerad reflektorstång (med minst 2 reflektorer) försedd i sin bas med en speciell centreringsanordning för exakt uppställning både på dubbar (höjdpunkter) och markeringar (plan-, polygonpunkter).

Mätningarna kommer att utföras i följande ordning

Figur 11





1985-05-13

Instrument I1 vid utgångsfixen: Stång S1 på fixen BM1

1. Höjdskillnad I2.1 - S1.1 (fixen BM1)
2. Horizontallängd I2.1 - S1.1 (fixen BM1)
3. Horizontalvinkel S1.1 - I2.1 - I3.1

Instrumentbilen I1 förflyttar sig från uppställning 1 till 2.

4. Höjdskillnad I2.1 - I3.1
5. Horizontallängd I2.1 - I3.1
6. Horizontalvinklar I2.1 - I3.1 - I1.2
7. "- I3.1 - Triangelpunkt
8. Längd I3.1 - "-

Instrumentbilen I2 flyttar från I2.1 till I2.2

9. Höjdskillnad I3.1 - I1.2
10. Horizontalvinkel I3.1 - I1.2 - I2.2

11.----- osv

Anslutningen till plannätet (riktningar och längder) sker så ofta som möjligt till de befintliga plan-, triangel- och polygonpunkterna (t ex kyrkor, vattentorn, telemaster m m) som finns i närheten av höjdtåget. Dessa inmätningar sker direkt från bilarna med den s k "fria uppställningsmetoden". Frekvensen och metodiken för dessa plananslutningar är beroende av den noggrannhet som eftersträvas. I nödfall måste anslutningen till det överordnade plannätet ske på klassiskt sätt direkt från punkter i tåget med hjälp av torn, master m m.

#### 4.5 GPS (Global Positioning System)

Vid världens första GPS Symposium 1985 i Washington [15, 41] framkom de senaste uppgifterna om denna tekniska möjligheter för koordinatbestämning (plan och höjd). Uppnådd noggrannhet är mycket hög och ligger inom några centimeter både i X, Y och Z. Metoden är särskilt fördelaktig på längre avstånd (nägra mil) och i svår eller kuperad terräng (fjäll- och skogsområden). Begränsningen är:

- höga anskaffningskostnader (över 120 000 US\$/enhet och det behövs minst 2, helst 3 för att kunna arbeta effektivt);
- begränsad användningstid (ca 2,5 tim per dygn) i Sverige, vilket möjliggör endast en nypunktbestämning per dygn;

1985-05-13

- mycket höga produktionskostnader per nypunkt;
- GPS fordrar dessutom primärnät (plan och höjd) av hög kvalitet för anslutning och inpassning;

Om några år kommer med all sannolikhet en del av dessa begränsningar att vara borta (pris ca 50 000 US\$, 8-10 timmar användningstid, tidsåtgången per punkt mindre än 1 timme) och GPS tekniken kommer att konkurrera hårt med övriga tekniker - dock svårligen inom storskaliga områden (då avståndet mellan punkterna är liten  $\leq 1$  à 2 km).

## 5 SLUTSATS

Efter denna rundvandring bland olika tekniker för höjdbestämmning kan vi dra följande slutsatser:

- a) För omfattande avvägningsprojekt, där det behövs mycket hög noggrannhet ( $\leq 1$  mm/km), typ riksnät av 1:a ordningen eller regionala nät, är ML den sk "Motoriserade avvägningstekniken" mest rationell och tillförlitlig för närvarande.
- b) För större projekt, där noggrannheten är mindre, (mellan  $\pm 1-3$  mm/km), ger den nya MTL-tekniken (motoriserad trigonometrisk höjdbestämmning) mycket goda resultat, som dessutom är mer rationell än ML.
- c) Både ML och MTL resultaten kommer att förbättras genom t ex större automatisering (AML).
- d) Allt tyder på att de tekniker som ger simultana tredimensionella resultat (plan och höjd) - typ GPS och MXYZ - kommer att ha stora framgångar.

Både MTL och MXYZ har stora användningsområden både i Sverige och särskilt utomlands. Som exempel kan nämnas att

- större delen av pågående arbeten med uppbyggnaden av Sveriges Nya Höjdnät återstår;
- önskemål om förtätning av både plan- och höjdnäten längs alla landsvägar blir allt kraftigare.

Enligt vår mening är det viktigt att Sverige (LMV, KTH ..) hänger med och fortsätter sina utvecklingsinsatser inom det geodetiska fältet.

8

Stora möjligheter till rationaliseringsvinster finns inom räckhåll.

1985-05-13

REFERENSER

- [1] **ANDERSEN,** Ole Bedsted (1978) Rapport om bilnivellement i Danmark-Resultater
- [2] **ANGUS-LEPPAN-P.V.** Refraction by Reflection: Testresults - NAVD-Symp 85 - Washington
- [3] **BAHNERT,** G (1981) Einige Erfahrungen mit trigonometrischen Nivellementsnetzen - Vermessungsteknik, Heft 4 (s 126-128)
- [4] **BECKER,** J-M (1973) Den Motoriserade Avvägningen. RAK D20 - Stockholm
- [5] **BECKER,** J-M (1977) Experiences using Motorized Levelling Techniques in SWEDEN. FIG Stockholm 1977 - Commission 5
- [6] **BECKER,** J-M (1978) Nuvarande tekniska mätmetoder som används vid avvägning - Framtidsutsikter. VIII Kongress NKG Oslo maj 1978
- [7] **BECKER,** J-M (1979) Heutige Messverfahren beim Nivellement - Erfahrungen mit dem Motorisierten Nivellement in Schweden. Veröff.D. Geod. Inst. d.Rheinisch-Westfälischen Tech. Hochschule Aachen, Nr. 26
- [8] **BECKER,** J-M (1980) Le Nivellement motorisé en Suède - Techniques et Résultats à ce Jour. North American Datum Symposium - Ottawa 1980
- [9] **BECKER,** J-M (1981) Begründung der Wahl des Motorisierten Nivellements für die Modernisierung des Schwedisches Präzisionshöhenetzes - Symposium für motorisiertes Präzisionsnivellement - Wiesbaden 1981
- [10] **BECKER,** J-M (1984) Förslag till polygontågsmätningar med hjälp av ny teknik. PM 1984-03-21 - LMV
- [11] **BECKER,** J-M (1984) Uppbyggandet av Sveriges Nya Riksnät i Höjd - LMV-Rapport 1984:01, ISSN 0280-5731
- [12] **BECKER,** J-M (1985) The Swedish Experience with Motorized Levelling - New Techniques and Tests. NAVD-symposium 1985 - Washington
- 8 [13] **CHRZANOWSKI, A & JANSSEN, D** (1972). Use of Laser in Precise Levelling - The Canadian Surveyor. Vol 26, No 4.
- [14] **CHRZANOWSKI, A & GREENING, T & KORNACH, W & SECORD, T & VAMOSI, S** (1985) Applications and limitations of Precise Trigonometric Height Traversing - NAVD Symposium 1985 - Washington



1985-05-13

- [15] **COLOMBO,** O.L. (1985) Levelling with the help of Space Techniques - NAVD Symposium 85 - Washington
- [16] **DEUMLICH,** F. (1983) Beitrag Zum Präzisionsnivellement - XVII - Sofia 1983
- [17] **HÜTHER,** G (1977) The Ni002 Automatic Geodetic Level of VEB Carl Zeiss Jena - FIG Special Issue 1977
- [18] **KASSER,** Michel (1981) Nivellement motorisé du Boulevard Périphérique de Paris - IGN./France
- [19] **KASSER,** M. (1984) Une méthode d'avenir, le Nivellement de Précision Motorisé (NIPREMO) - IGN No 2: pp 45-46
- [20] **KASSER,** M. (1985) Recent Advances in High Precision Trigonometric Motorized Levelling (NIPREMO) in IGN-France - NAVD Symposium 85 - Washington
- [21] **LITHÉN,** Thomas (1985) Angående försök med motoriserad trigonometrisk höjdmätning (MTL) och motoriserad kombinationsmätning (MXYZ) - LMV internrapport
- [22a] **NITZSCHE,** S & **SCHÖNE** (1970) Erfahrungen mit dem motorisierten nivellement - T U Dresden
- [22b] **NITZSCHE,** S & **PESCHEL** (1973) Modernste Technologie der Präzisionshöhenmessungen zur Erforschung rezenter Erdkrustanbewegungen - T U Dresden
- [23] **PERSSON,** C-G (1985) Några enkla metoder för noggrannhetsanalys av avvägningsnät - LMV-Rapport 1985:02
- [24] **PESCHEL,** H (1974) Das motorisierte Präzisionsnivellement leistungsfähigstes Verfahren genauer Höhenmessungen Verm. Techn. Heft 2
- [25] **PETERSON,** I (1982) Om invarstänger och deras komparation - Gävle 1982
- [26] **POETZSCHKE,** H (1980) - Motorised Levelling at the NGS - NOAA/NGS 26
- [27] **PREISS,** W.J & **HEAD,** R.E (1983) Motorised Levelling: The Ordnance Survey Experience - Conference of Commonwealth Surveyors 1983
- [28] **REMMER,** Ole (1979) The Variance, Distribution and Protection Against Gross Errors in the Swedish Automated Levelling Report to the NLS - Gävle April 3-4, 1979
- [29] **RUEGER,** J.M & **BRUNNER** (1981) Practical results of EDM - height traversing. The Australian Surveyor. Vol 30, No 6, pp 363-372



1985-05-13

- [30] **RUEGER,** J.M (1982) EDM height traversing versus Geodetic Levelling - The Canadian Surveyor. Vol 36 No 1, pp 69-88
- [31] **SCHLEMMER,** H (1985) Advanced Technology for a New Precise Levelling Rod - NAVD Symposium 85 - Washington
- [32] **SJÖBERG,** L, An analys of systematic and random errors in the Swedish Motorized Levelling Techniques (1979). Lantmäteriet. Sweden 1981:2
- [33] **STEINBERG,** J.(1978) Anwendung moderner Verfahren bei der Auswertung von Präzisionsnivelements Verm. Tech. Heft 7
- [34] **TAKALO,** M (1978) Measuring Method for the Third Levelling of Finland Rep. 78:3 of the Finn. Geod. Inst. Helsinki
- [35] **WIDMARK,** J & **BECKER,** J-M. The Motorized Levelling Technique - The Swedish Experience. LMV-Rapport 1984:15, ISSN 0280-5731
- [36] **WHALEN,** C.T. A United States test of the Swedish motorized levelling system. E/CONF. 75/L.47 United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific-Bangkok - 17-18 January 1983
- [37] **WHALEN,** C. T (1985) Trigonometric Motorized Levelling at the National Geodetic Survey - NAVD Symposium 1985 - Washington
- [38] **URBAN,** A & **BECKER,** J-M (1979) Gemotoiseerde nauwkeurigheds-waterpassing Geodesia, April - Holland
- [39] **PRECISIONS- OCH HUVUDLINJEAVVÄGNINGENS FÖRNYELSE.**  
Rapport av Projektgruppen för Riksavvägningen vid LMV - 1976
- [40] **NAVD SYMPOSIUM 1985 (1985)**  
Third international symposium on the North American Vertical Datum. Washington, April 21-26
- [41] **POSITIONING WITH GPS-1985**  
First International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System. Washington, April 15-19
- [42] **AUTOMATISIERET INNSAMLING OG BEARBEIDING AV FELTDATA VED OPPMÅLING OG VEGKARTLEGGNING**  
8 NVF = Nordisk Vegteknisk Forbund - Utvalg 62 - Rapport nr 26, 1984