



Lantmäteriet
Lantmäteriverket - National Land Survey
S - 801 82 GÄVLE · SWEDEN

Tekniska skrifter - Professional Papers

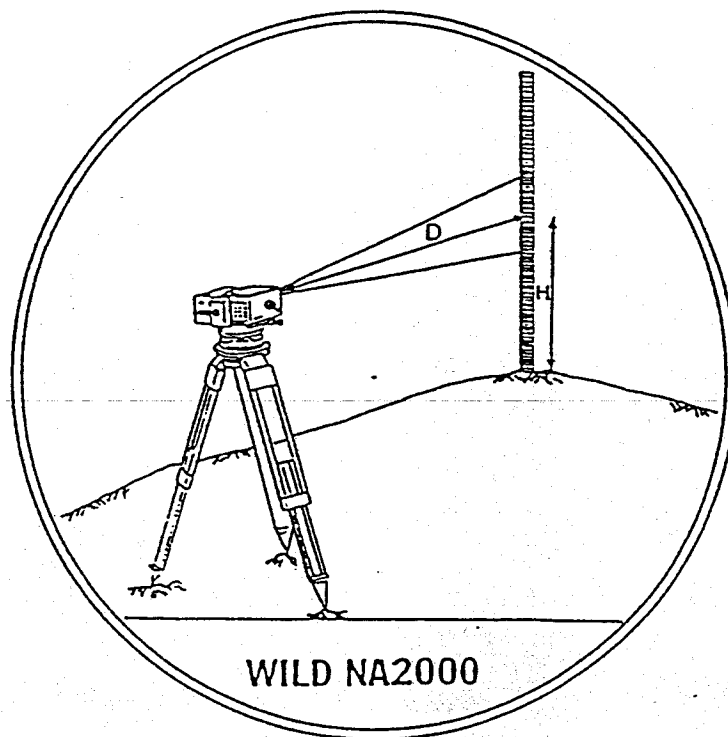
LMV-RAPPORT 1991:7

ISSN 0280-5731

UTVÄRDERING AV NA 2000

NYTT DIGITALT AVVÄGNINGSINSTRUMENT

Jean-Marie Becker
Bengt Andersson



Lantmäteriverkets senaste Tekniska skrifter i geodesi

- 1987:9 Svensson R: Precision och tillförlitlighet vid fri uppställning - en simuleringsstudie.
- 1987:11 Lidberg M & Svensson R: En studie av viktsfunktionen vid trigonometrisk höjdmätning i samband med fri uppställning.
- 1987:12 Karlsson B & Löfqvist R: Koordinatsystemsbyte i kommunala nät.
- 1987:18 Jivall A-C & Jakobsson L: Mäta med GPS - beräkningsprogram samt detaljstudie och beräkningsexempel med PoPS.
- 1988:10 Becker J-M: Tröghetspositioneringstekniken.
- 1988:12 Becker J-M, Lithén T, Nordqvist A: Erfarenheter med motoriserad trigonometrisk höjdbestämnings teknik (MTL) - jämförelser med övriga tekniker. (Engelsk version 1988:23.)
- 1988:16 Haller L-Å & Ekman M: The Fundamental Gravity Network of Sweden.
- 1988:24 Lidberg M: Frihöjd - ett datorprogram för höjdbestämnning vid fri uppställning.
- 1988:26 Ekman M: The Impact of Geodynamic Phenomena on Systems for Height and Gravity.
- 1989:4 Ekman M: Geodesins historia i Sverige - en liten översikt.
- 1990:3 Edgren M & Sundstrand G: Utredning om och förslag till stornät och koordinatsystem i Stor-Stockholm.
- 1990:8 Becker J-M: The Swedish Experience with the ISS Uliss 30 - Results from Tests and Pilot Projects.
- 1990:10 Hedling G, Jivall A-C, Jonsson B: Results and Experiences from GPS Measurements 1987-1990 - SVENAV-87, Local Control Networks and Dual-frequency Measurements.
- 1990:11 Jonsson B & Jivall A-C: Experiences from Kinematic GPS Measurements.
- 1990:13 Jivall A-C & Ollvik L: BFR-projektet "Pseudo-kinematisk/kinematisk GPS-mätning för geodetiska tillämpningar" - lägesrapport för etapp 1.
- 1991:1 Ekman M: Ellipsoider, geoider, koordinatsystem, höjdsystem och tyngdkraftssystem i Sverige.
- 1991:4 Jonsson B: Kort introduktion till GPS.
- 1991:7 Becker J-M & Andersson B: Utvärdering av NA 2000 - nytt digitalt avvägningssystem.



Titel

UTVÄRDERING AV NA2000 - NYTT DIGITALT
AVVÄGNINGSINSTRUMENT

av Jean-Marie Becker och Bengt Andersson

Huvudinnehåll

Wild NA2000 från Leica är ett digitalt avvägningssinstrument - det första i sitt slag. NA2000 mäter automatiskt höjdskillnader och avstånd mot speciella, streckodsgraderade, avvägningstångar. I denna rapport finns en kort beskrivning av detta system.

Vidare redovisas resultat av funktions- och produktionstester som utförts vid LMV, samt några förslag till förbättringar av NA2000-systemet.

LDOK

KG Mätningsteknik

Mätutrustning

J

Beställs hos

Lantmäteriverket
Blankettförrådet
801 82 GÄVLE

Allmänna Förlaget



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Historisk tillbakablick	1
1.2 Syftet med denna undersökning	2
2. BESKRIVNING AV AVVÄGNINGSSYSTEMET NA 2000	2
2.1 Avvägningssinstrumentet	2
2.2 Avvägningsstängerna	3
2.3 Mätproceduren	4
3. AV LANTMÄTERIET UTFÖRDA TESTER	4
3.1 Funktionstester	5
3.1.1 Bestämning av kollimationsfel	5
3.1.2 Inverkan av inspelning av instrumentets vattenpass	6
3.1.3 Inverkan av olika fokuseringar	6
3.1.4 Inverkan av ljusintensiteten	6
3.1.5 Inverkan av solljus mot instrumentet	7
3.1.6 Inverkan av belysningen på stången	7
3.1.7 Inverkan av bakgrund i synfältet	7
3.1.8 Inverkan av olika insyftningar på stången	7
3.1.9 Inverkan av stångens inriktning mot instrumentet	9
3.1.10 Inverkan av stångens lutning	9
3.1.11 Inverkan av stångrörelser	9
3.1.12 Inverkan av stängernas graderingsfel	9
3.1.13 Fel p g a stängernas konstruktion	9
3.1.14 Inverkan av temperaturvariationer	10
3.1.15 Inverkan av syftlängderna på noggrannheten	10
3.1.16 Inverkan av tillgängliga mätytor på stängerna	11
3.1.17 Inverkan av vibrationer	12
3.1.18 Inverkan av regn	12
3.1.19 Inverkan av bilavgaser	12
3.1.20 Inverkan av rök och värme	12
3.1.21 Test av batterier	13
3.1.22 Datalagring	13
3.2 Produktionstester	13
3.2.1 Vanlig linjeavvägning	13
3.2.2 Precisionsavvägning	14

4. SAMMANFATTNING	16
4.1 Noggrannhetsaspekter	16
4.1.1 Fördelar	16
4.1.2 Nackdelar	17
4.2 Produktionsaspekter	18
4.2.1 Fördelar	18
4.2.2 Nackdelar	18
4.3 Fältmässigheten	20
4.3.1 Fördelar	20
4.3.2 Nackdelar	20
5. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	21
LITTERATURFÖRTECKNING	22

1991-04-30

UTVÄRDERING AV WILD NA 2000
NYTT DIGITALT AVVÄGNINGSINSTRUMENT
Funktions- och produktionstester

1. INLEDNING.

1.1 Historisk tillbakablick:

Försöken att effektivisera och automatisera avvägningssprocessen har pågått under en längre tid genom både metod- och instrumentutveckling.

Framsteg rörande utrustning är ej vardagsmat och då speciellt när det gäller själva instrumenten. Därför är det särskilt intressant att här kunna presentera en nyhet: WILD NA 2000-systemet från LEICA, som är ett **automatiskt digitalt avvägningssystem** bestående av ett självhorisonterande, elektroniskt registrerande instrument samt kodade avvägningstänger. (6, 9, 10, 12)

Med detta instrument har man nästan uppnått den sk "**fulla automatiseringen**" som har eftersträfvats i alla år: dvs operatörens arbete begränsar sig till endast "**knappptryckning**" efter uppställning, horisontering och insyftning. Avläsning, registrering, beräkning, samt redovisning sker automatiskt.

De stora milstoppar som tidigare har markerat instrumentutvecklingen kan summeras enligt följande:

- * 1951: Ni2 från Zeiss Oberkochen, det första välfungerande sk "**självhorisonterande**" avvägningssystemet med pendel i stället för vattenpass, vilket förenklade arbetet samt ökade produktionen.
- * 1972: Ni002 från Zeiss Jena, det första självhorisonterande pendelinstrumentet med "**kvasi-absolut horisont**" (två symmetriska pendellägen) samt vridbart okular och hårkorsat placerat i objektivet. Instrumentet möjliggjorde den bekanta "**motoriseringen**" av avvägningssystemet tack vare sina tekniska egenskaper. (2)
- * 1987: RENI 002 från Zeiss Jena, det första instrumentet med "**elektronisk mikrometerangivelse**" samt "**integrerad datastack**" för registrering och beräkning av mätresultat. Detta markerade ett halvt steg i automatiseringsprocessen. (3)

Andra försök med bl a "**digitala avvägningstänger**" som automatiskt registrerar "impacten" av instrumentets laserstråle på stängerna har gjorts i Tyskland av bl a Schlemmer, Caspary och Heister. (13)

1991-04-30

Även i Sverige gjordes lovvärda insatser som resulterade i AGA:s "Geoplane", med roterande laserstråle som skulle fångas upp i en detektor som gled längs avvägningsstången.

Övriga försök som har gjorts var med "elektroniska tachymetrar", antingen med den klassiska "fot-" eller "den motoriserade" avvägnings-tekniken: "FL", och "MTL". (2, 3, 4, 7)

Sedan 1983 finns dessutom ett internationellt projekt: "R.P.L.S" (Rapid Precision Levelling System) med bl a USA, Canada och Finland som arbetar för att helt automatisera hela avvägningsprocessen. Dagens resultat är tills vidare av samma standard som de vi i Sverige (Lantmäteriet) har uppnått med Motoriserad Trigonometrisk Avvägningsteknik (MTL).

1.2 Syftet med denna undersökning.

Inom Lantmäteriet finns stor kunskap och erfarenhet av geodetiska mättekniker och då särskilt inom "höjdområdet" där man aktivt har bidragit till utvecklingen.

Lantmäteriet utför av tradition omfattande mätinsatser och behöver för dessa ändamål väl anpassade tekniker och utrustningar. I syfte att bedriva denna verksamhet så effektivt och rationellt som möjligt utför Lantmäteriet kontinuerliga studier och undersökningar av nya utrustningar och tekniker, samt ger råd och anvisningar.

Rapporten om undersökningen av LEICA WILD:s nya avvägningssystem NA 2000 är ett konkret exempel på hur detta arbete bedrivs i praktiken. I följande avsnitt kommer vi att behandla

- beskrivning av NA2000-systemet
- utförda funktionstester
- utförda produktionstester
- sammanställning och jämförelse av resultat
- slutsatser och förslag.

2. BESKRIVNING AV AVVÄGNINGSSYSTEMET NA 2000.

NA 2000 är det första digitala avvägningssystemet med nästan helt automatiserad mätprocess. I systemet ingår ett avvägningsinstrument samt särskilt anpassade stänger.

2.1 Avvägningsinstrumentet:

NA 2000 har samma mekaniska och optiska komponenter som ett klassiskt avvägningsinstrument (t ex. Wild NA 2), men skiljer sig från dessa genom att det mänskliga ögat ersätts av 256 fotodioder (för infrarött ljus). Fotodioderna fångar upp stängens streckkods-bild och omvandlar denna bild till en digital signal som sedan jämförs med en lagrad referenssignal av stängbild.

1991-04-30

P g a att öppningsvinkeln i instrumentets optik endast är 2 grader, så behandlas i detektorn ett avsnitt av endast 7,0 cm av stängens streckkod vid minimisyftlängd 1,8 m. Motsvarande avsnitt på stängen är ca 3,5 m för en syftlängd av 100 m (se fig nr. 1). NA 2000 anger också avståndet till stängen, som beräknas med hjälp av positionsändringar av fokuseringslinsen (grova avstånd).

NA 2000 kan dessutom användas som ett klassiskt avvägningssinstrument.

All avläsning kan ske elektroniskt och lagras automatiskt i en "intern" registreringsmodul (REC-modul) för bearbetning eller överföring till dator. Via kontrollpanelen kan tilläggsinformation (punktnummer, koder m m) matas in och registreras (endast numerisk inknappning). På teckenrutan (displayen) kan arbetet och resultaten lätt följas.

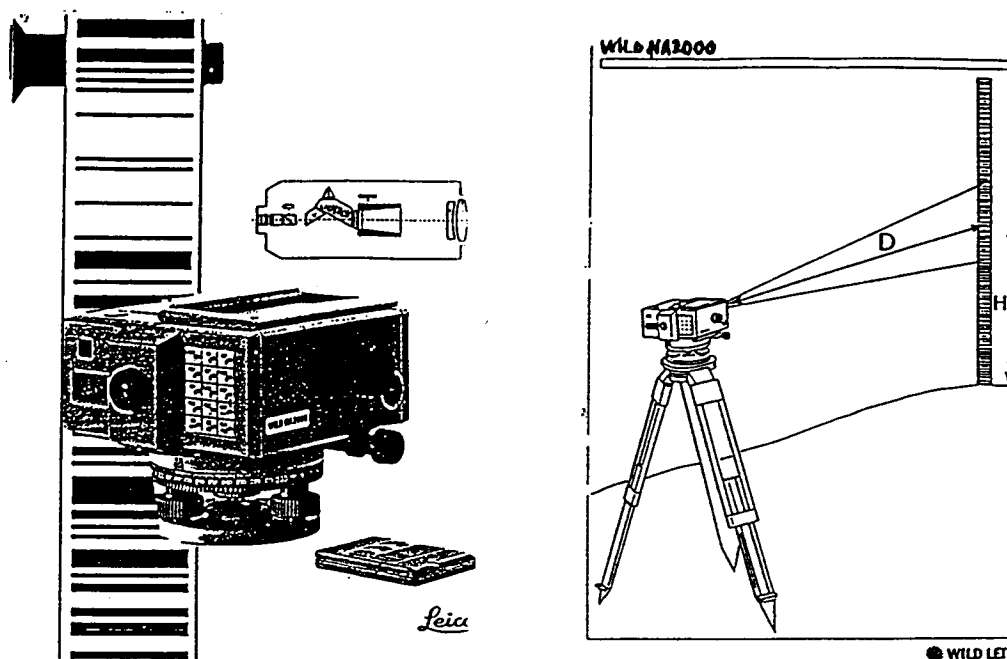


Fig. 1

2.2 Avvagningsstängerna:

Speciella avvagningsstänger har utvecklats för NA 2000. Dessa s k "standardstänger" är mycket lätta (5 kg inkl. transportväska) och består av tre 1,35 m långa element som sätts ihop efter behov till 1,35 m, 2,70 m eller 4,05 m längd. Dessa stänger har på ena sidan en speciell gradering med binära streckkoder (2000 stycken för 4,05 m alternativt svart och vit) för den digitala avläsningen, och normal gradering på andra sidan för optisk avläsning i samband med klassisk avvägning. Båda graderingarna börjar från botten av stängen.

Utvidningskoefficienten är stor, strax under 10 ppm/°C .

1991-04-30

För precisionsavvägning finns en prototyp av 3 meters invarstänger med samma typ av streckkoder. Graderingen börjar ej från "nollpunkten" utan ca 30 cm över stångfoten.

2.3 Mätproceduren är följande:

- sätt upp instrumentet samt horisontera (manuellt)
- slå på instrumentet och välj typ av arbetsprogram (manuellt)
- inrikta mot stången samt fokusera (manuellt)
- tryck på "röda knappen" varpå detektorn aktiveras (manuellt)

Därefter följer den automatiska s k "digitala" mätdelen:

- kompensatorläge och positionering av fokuseringlinsen
- grovbestämning av syfthöjd och bildskala
- finbestämning av position och kodskala på detektorn samt med hjälp av kalibreringskonstanter beräkning av den definitiva stångavläsningen och syftlängden
- bearbetning och presentation av resultaten på teckenrutan i enlighet med valt program m m.

Hela den automatiska processen tar endast 3-4 sekunder, beroende på rådande belysnings- och siktförhållanden.

Den digitala utvärderingen av stångens streckkodbild i jämförelse med den referensbild som finns lagrad i instrumentet sker enligt "korrelationsmetoden" samt med två parametrar: "höjd" och "skala". För en mera detaljerad redogörelse för hur den digitala processen fortgår hänvisas till Wild:s publikationer, H.Ingensand (9, 10).

Ett antal inbyggda mätprogram finns tillgängliga för menystyrning av arbeten som t.ex:

- **Measure Only:** för punktvis avvägning (avstånd o höjd)
- **Start Levelling:** för start av linjeavvägning
- **Continue Levelling:** fortsätter linjeavvägning med simultan beräkning av mellanpunkters höjder (höjdanslutning till startpunkten)
- **Check & Adjust:** för kontroll och justering av instrumentets kollimationsfel
- **Data Erase:** Rensar REC-modulen
- **SET:** för inställning av instrumentparameter

3. AV LANTMÄTERIVERKET UTFÖRDA TESTER. (1, 8, 11)

Under hösten 1990 utförde Lantmäteriverkets Geodetiska Utvecklings- och Produktionsenheter ett antal funktions- och produktionstester i syfte att:

- bekanta sig med detta nya instrument
- pröva det vid "vanlig" avvägning och precisionsavvägning
- bedöma dess möjligheter, fördelar och nackdelar
- lämna rekommendationer

1991-04-30

Testerna utfördes under en treveckors period, senhösten 1990 i Gävle och Hofors på olika testfält representativa för de arbets- och höjdförhållanden som förekommer i Sverige i samband med avvägningssarbeten. Utrustningen provades dels med "fot-" och dels med "bilavvägningstekniken". Referenshöjder hade bestämts med Ni002 från Zeiss Jena genom repeterade precisionsavvägningar.

3.1 FUNKTIONSTESTER.

Dessa tester utfördes under en vecka i Gävle på en kort testbana vid Alderholmen. Sammanlagt har tre NA 2000 testats (nr 85790, 85384 och 85636), varav alltid två stycken samtidigt med olika operatörer under samma förutsättningar. Referenshöjder har avvägts varje dag med hjälp av Ni002 från Carl Zeiss Jena.

Sammanlagt har 22 tester utförts enligt följande:

3.1.1 Bestämning av kollimationsfel:

Upprepade bestämningar har gjorts med alla instrument enligt Wilds anvisningar.

Syftet var att kontrollera repeterbarheten (precision), noggrannheten och stabiliteten i tiden (representativitet) av denna "Check & Adjust"-funktion. Ett mät- och beräkningsprogram för bestämning av kollimationsfelet finns inbyggt i instrumentet, vilket ej tar hänsyn till inverkan av jordrundningen och refraktionen ($\text{korr.} = 0,0000673 \times S^2 \text{ mm}$ med S =syftlängd i m).

I handboken rekommenderas avstånden 15 och 30 m. Vid dessa blir felet i den beräknade vinkeln p g a jordrundningen 0,57" och vid avstånden 20 och 40 m blir felet 0,85". Detta motsvarar fel av 0,13 resp. 0,20 mm på syftlängder av 50 m. Då instrumentet redovisar resultat (avläsningar) på 0,1 mm när är jordrundningfelets inverkan inte helt oväsentlig.

Vi konstaterade snabba variationer under mycket korta tidsintervaller, särskilt vid start, då instrumentet kommer inifrån eller från bilen och temperaturskillnaderna var stora. Variationerna under dagens lopp eller från dag till dag är mindre.

Vid upprepade bestämningar av kollimationsfelet under en halvtimme var spridningen 3,4" och medelfelet i en mätning 1,13". Under hela försöksperioden har ett 20-tal dubbla bestämningar gjorts omedelbart efter varandra. Skillnaderna varierar mellan 0 och 3,5" med ett undantag om 7"! Vid icke tempererat instrument blev skillnaden 10,1" på endast 5 minuter!

Kommentar: Den bestämning av kollimationsfelet som görs i början av dagen och som sedan automatiskt korrigerar alla mätningar är "ej representativ samt förfalskar dagens mätningar". De påvisade snabba ändringarna kan betyda höjdfel på upp till 0,2 mm om bakåt- och framåtsyftningarna varierar med 10 m. Detta är ej tillfredsställande.

1991-04-30

Slutsats: Antingen åtgärdas instrumenten (större stabilitet) eller så måste man bestämma kollimationsfelet vid flera tillfällen under dagen och applicera viktade korrekationer i efterhand vid beräkningen. Fel p g a jordrundningen måste beaktas.

3.1.2 Inverkan av inspelning av instrumentets vattenpass.

Tester utfördes med 5 olika inspelningar av NA 2000:s dosvattenpass. Lutning av instrumentet skedde så att blåsan försköts utanför mittringen och tangerade höljets kant. Följande inställningar gjordes:

- o- korrekt mitt i ringen
- a- till höger om mittringen
- b- till vänster om mittringen
- c- framför mittringen
- d- bakom mittringen

Mätningarna visar relativt sett större fel i avläsningarna när instrumentets vattenpass är fel inspelat i mättningsriktningen, dvs när instrumentet lutar framåt eller bakåt. Felets storlek varierar mellan 0,3 och 0,5 mm för syftlängder upp till 100 m. Fel inspelning i sidled ger fel av halva storleken.

3.1.3 Inverkan av olika fokuseringar:

Samma höjdskillnader bestämdes med olika fokuseringsgrader mot stängerna: först skarp inställning, sedan mindre och mindre skarp, slutligen skarp igen. Detta experiment har utförts med varierande syftlängder: 50 och 75 m. Stängerna stod permanent uppställda med hjälp av stödben under hela försöket. Syftet var att undersöka hur viktig denna inställning är och vilken inverkan den har på noggrannheten.

Följande tabell nr 1 redovisar resultaten:

Avstånd (syftlängder):	50 m	75 m
Instr:85790 Max. fel:	0,85 mm	1,25 mm
Instr:85636 Max. fel:	1,20 mm	1,55 mm

3.1.4 Inverkan av ljusintensiteten.

Mätningarna fick avbrytas mot kvällen då ljusintensiteten ej var tillräcklig för NA 2000 att skilja streckkodens svarta och vita fält från varandra. Detta uppkom - under hösten - tidsmässigt ca 1/2 timme innan den optiska avläsningen med NA 2000 enligt klassisk avvägning blev omöjlig.

Denna begränsning är icke obetydlig och kan medföra produktionsförluster särskilt på vår och höst, eller i mycket skogiga områden.

1991-04-30

3.1.5 Inverkan av solljus mot instrumentet

Vid låg sol och när instrumentet är riktat mot solen så var det omöjligt att mäta, det fanns en "död vinkel" av ca 15 grader på båda sidor av riktningen mot solen. Med hjälp av ett solskydd kunde denna döda vinkel reduceras, dock ej helt elimineras. Mätningarna försvårades när solstrålningen mot instrumentets objektiv var intensiv. I Sverige är denna situation med låg sol över horisonten mycket vanlig på våren och hösten vilket kommer att medföra betydande störningar vid användande av NA 2000.

3.1.6 Inverkan av belysningen på stängen

Olika belysningsgrader eller zoner på stängen kan försvåra mätningen, särskilt om kontrasterna är mycket stora som nämnts tidigare. Svag belysning försvårar också. **Jämn belysning** på hela stängen ger det bästa resultatet.

Anmärkning:

I samband med fältförsöken vid både vanlig avvägning och precisionsavvägning förekom situationer där mätningen helt enkelt var omöjlig på grund av trädens skuggzoner på stängerna. Detta fenomen uppträdde dagligen där avvägningsslinjerna följde landsvägar som hade skog på sidan och när trädens skuggor bildade streckade zoner på stängerna. Detta mönster av skiftande mörka zoner klarade NA 2000 ej av, man tvingades att "överskugga hela stångbilderna" för att utföra mätningarna. Detta begränsade produktionskapaciteten mycket.

3.1.7 Inverkan av bakgrund i synfältet.

I samband med syftningar där stängen avbildas mot ljus bakgrund (som till exempel himmel) förekom mätningssproblem (Error 51), NA 2000 vägrar att mäta. Samma fenomen konstaterades ideligen vid produktionstesten.

3.1.8 Inverkan av olika insyftningar på stängen.

Då NA 2000 behöver ett fält (viss mätyta) av stångens streckkoder ville vi se hur viktig inriktningen mot stängen är: dels för att kunna utföra en mätning, dels hur noggrannheten påverkas av detta. Denna test utfördes i två delar: först kontroll av horisontal- och sedan av vertikalinriktning.

Vi konstaterade att instrumentets "fönster" som i vertikalled upptar 2 grader är ytterst smalt i horisontalled. Mätning kan endast ske då hårkorset är inriktat på stängen, man får i sidled ej gå utanför stångens skala. Med syftlängder av 50 och 100 m och insyftningar på högra, vänstra samt mittersta delen av skalan kunde inga skillnader konstateras i resultaten.

Anmärkning: För ett av instrumenten fanns dock en viss förskjutning i sidled av 1/4 stångbredd.

1991-04-30

Det "vertikala" fönstret har som bekant en öppningsvinkel av 2 grader. Våra undersökningar visade att det också går att utföra mätningar med syftningar både över och under stängernas streckkoder, dvs även när hårkorsets horisontalplan ligger utanför stängen (upp till 2 dm), dock i dess vertikalplan. (se fig 2)

Detta experiment har utförts både med standard- och invarstänger. Vid försöken användes 100 m långa baser med höjdskillnader av 2,52 m för invarstänger och 3,64 m för standardstänger. Varje serie omfattar 10 mätningar av en höjdskillnad och för varje serie har medelvärdet beräknats.

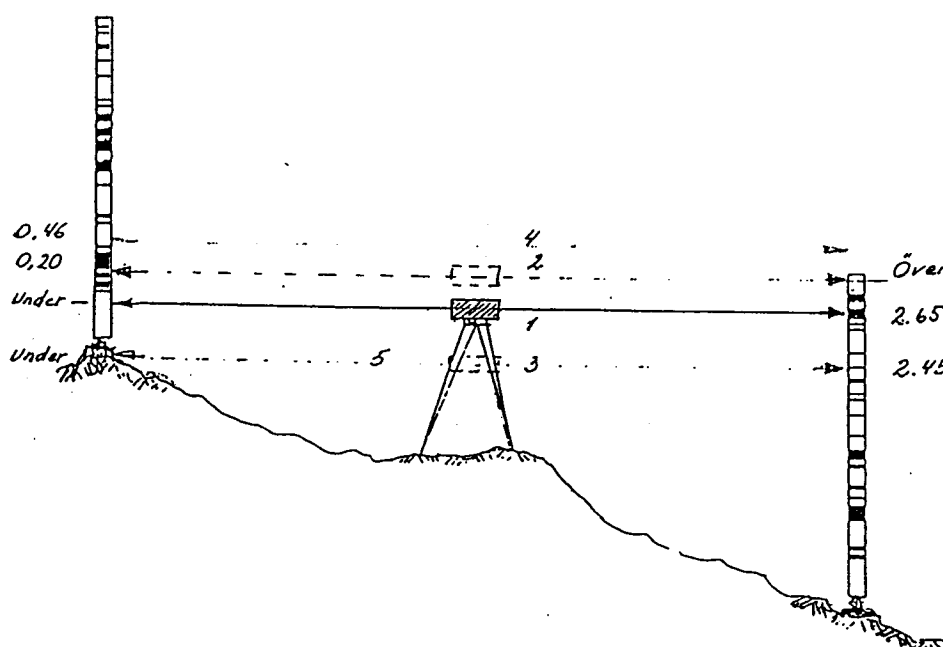


Fig 2

Tabell nr 2 nedan redovisar differenserna mellan dessa medelvärden och den kända, rätta höjdskillnaden. Inom parantes anges standardavvikelsen för en mätning.

Trådkorsets inriktning		Fel i höjdskillnaden	
Bakåt	Framåt	Standardstänger	Invarstänger
2,65 m	under nedre strecket	-	-0,18 mm (0,2)
över högsta strecket	0,20 m	-	-0,24 (0,3)
2,45 m	under nedre strecket	-	0,45 (0,6)
över stängens topp	0,46 m	0,45 mm (0,2)	-
3,68 m	under stängens botten	0,89 (0,3)	-

1991-04-30

Vi konstaterar först att standardavvikelsen är liten vilket tyder på god intern precision (repetierbarhet) och sedan att höjdskillnaden är fel upp till 1 mm per uppställning vilket tyder på dålig noggrannhet.

Slutsats: Dessa försök visar att man lätt kan luras att tro att mätningarna är bra när instrumentet fungerar utan problem (ingen errorvarning) och särskilt när standardavvikelsen är liten. Detta kommer att medföra problem när avvägningen skall ske i kuperad terräng och mätlaget vill minimera antalet uppställningar, detta trots lika avstånd i syftningar bakåt och framåt.

Med klassiska avvägningsinstrument kan dessa problem och fel ej uppstå, mätningen är helt enkelt omöjlig att genomföra.

3.1.9 Inverkan av stångens inriktning mot instrumentet.

Mätningar har gjorts med stången vriden i sidled åt höger och vänster tills ingen mätning var möjlig. Vi konstaterar att stången kan vridas upp till nästan 80 grader sidledes på båda sidor innan NA 2000 vägrar att mäta. Detta kräver dock att stången står lodrätt. Avläsningarna påverkades ej så länge som instrumentet mätte.

3.1.10 Inverkan av stångens lutning.

Denna test har utförts genom att ge stångens vattenpass en felaktig inspelning på samma sätt som instrumentets vattenpass i ett föregående test. Resultaten visar att när stångens lutning är så stor att blåsan berör dosans ytterkant så får man en avläsning som är ca 0,2 mm för stor. Vid mindre lutning märks ingen skillnad från det rätta värdet.

3.1.11 Inverkan av stångrörelser.

Vid detta försök rördes stången kraftigt i alla riktningar mer eller mindre snabbt, dock så att dess blåsa rörde sig inom vattenpassets ytterkant. Inga fel kunde konstateras på resultaten. Det enda märkbara var att instrumentet behövde mer tid för att lösa sin uppgift.

3.1.12 Inverkan av stängernas graderingsfel.

NA 2000 använder sig till skillnad från klassiska avvägningsinstrument av en mätyta på stången vars storlek är beroende av syftlängden. På grund av att den digitala processen utnyttjar alla graderingar inom mätytan så blir inverkan av enskilda graderingsfel väsentligt förminskade ju längre syftlängderna är. Vid korta avstånd (under 10 m) är felens inverkan störst.

3.1.13 Fel på stängernas konstruktion.

Standardstängerna består av tre separata element (sektioner) som sammanfogas. Vid kontroll av hur bra dessa kunde sättas ihop observerade vi passningsfel upp till 0,5 mm.

Dessa fel behandlas på samma sätt som övriga graderingsfel i beräkningsprocessen om de finns inom mätytan (fönstret). Om mätytan är helt i det andra eller tredje elementet så blir höjdväljningen helt belastad med dessa passningsfel.

1991-04-30

Man kan anta att elementens passningsfel kommer att stiga p g a slitage och ålder. Vid mätningar i kuperad terräng och med korta syftlängder är detta en felkälla som man bör ta hänsyn till.

3.1.14 Inverkan av temperaturvariationer.

Vi vill här uppmärksamma effekten av temperaturändringar speciellt på standardstängerna. Dessa har en utvidningskoefficient strax under 10 ppm per grad Celsius, vilket är rätt mycket.

Följande tabell nr 3 visar de höjdfel som uppkommer för olika höjdskillnader när rådande temperaturer varierar 10, 20, 30 grader.

Höjdskillnader: i meter	Höjdfel p g a temperaturskillnader av:			
	0 grader:	10 grader:	20 grader:	30 grader:
1 m	0 mm	0,1 mm	0,2 mm	0,3 mm
10 m	0	1,0	2,0	3,0
100 m	0	10,0	20,0	30,0

Mätningar utförs här i Sverige med rådande yttre temperaturer som ligger mellan: - 10 och + 30 grader. Under en dag kan variationer upp till 15 - 20 grader uppstå. Normalt är stångkalibreringar utförda vid 20 grader. Höjdskillnader kring 10 m är mycket vanliga vid de dagliga avvägningsarbetena. Fel p g a temperaturvariationer kan lätt uppnå en eller flera mm om inga korrektioner görs. För detta ändamål krävs dock att stängernas temperatur uppmäts och registreras.

3.1.15 Inverkan av syftlängderna på noggrannheten:

Alla mätningar är utförda med optimal fokuseringsskärpa. Avvägningen har skett med användning av konstanta syftlängder vid varje försök: 30, 40, 50, 75 och 100 m. Syftlängderna bakåt och framåt var lika långa så att eventuella kollimationsfel skulle elimineras. Följande tabell nr 4 redovisar resultaten när värdena har omräknats till medelfel för 1 km avvägning.

Syftlängder	Instr:85790	Instr:85636	Instr:85384	Medelvärde
30 m	0,3 mm	-	0,5 mm	0,4 mm
40 m	1,0 mm	-	0,8 mm	0,9 mm
50 m	1,4 mm	1,0 mm	0,9 mm	1,1 mm
75 m	1,2 mm	1,6 mm	0,9 mm	1,2 mm
100 m	4,0 mm	3,5 mm	8,6 mm	5,3 mm

Vi konstaterar ett klart samband mellan noggrannheten och syftlängderna. Figur 3 klargör medelfelet beroende av syftlängderna.

1991-04-30

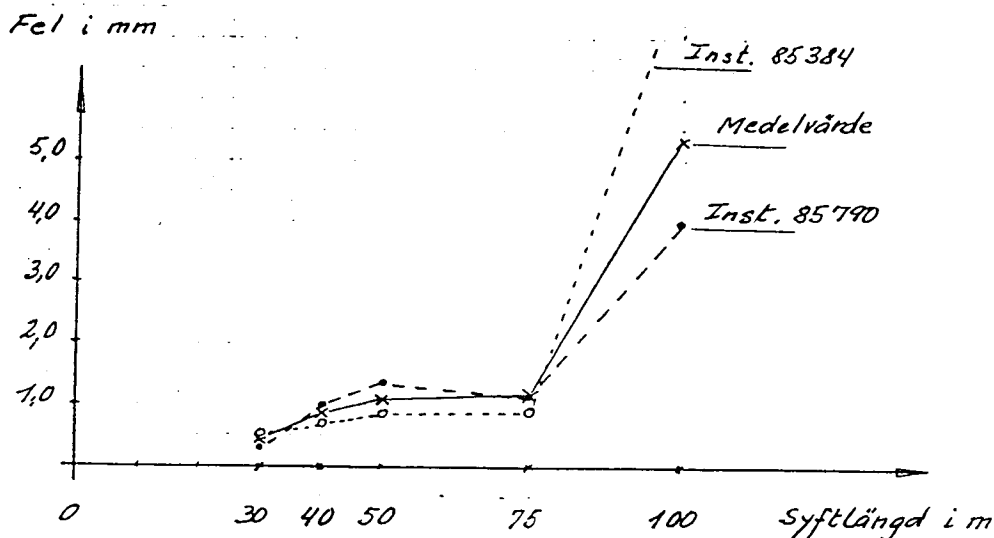


Fig 3

3.1.16 Inverkan av tillgängliga mätytor på stängerna

Enligt Wild's rekommendationer skall minst 70% av den totala mätytan (2 graders fönster) vara tillgänglig för att utföra sk "goda" mätningar. I de följande försöken har vi undersökt hur detta stämmer överens med verkligheten och hur olika avskärmningar påverkar resultaten.

I alla dessa försök föll fönstrets mätyta helt på stängens streckkodade fält. Försöksbasen var 80 m, syftlängderna 40 m och mätytan på stängerna 1,44 m (100%) varav 1,00 m motsvarar 70%. Serier med 10 bestämningar av höjdskillnaden gjordes för varje typ av avskärmning. (se fig 4)

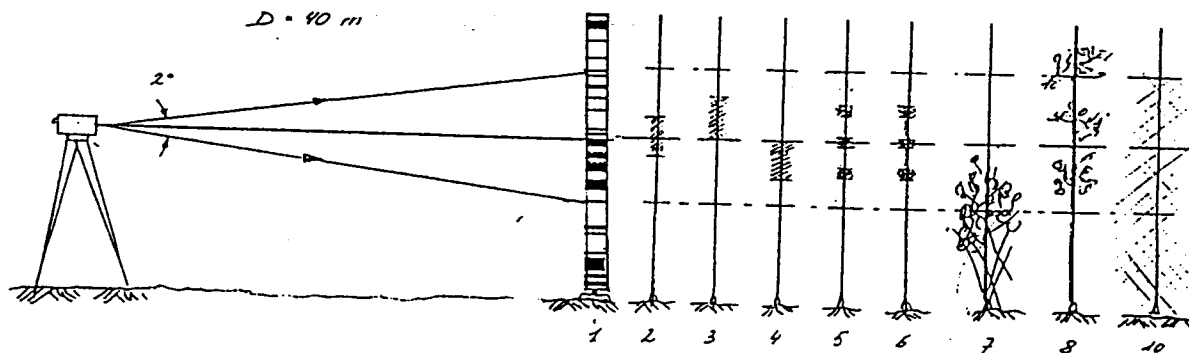


Fig 4

1991-04-30

Följande tabell nr 5 redovisar resultaten: dels medelvärdenas höjdskillnader i jämförelse med de från Ni002 Zeiss Jena, samt standardavvikelser för enskilda höjddifferenser.

Inverkan av olika avskärningar på stängerna

Typ av avskärning (%)	Instrument 85790		Instrument 85384		I - II
	Stand.avv. i en avl.	Avv. från rätt värde	Stand.avv. i en avl.	Avv. från rätt värde	
	I		II		
1. ingen (0%)	0.05 mm	+0.09 mm	0.07 mm	0.07 mm	+0.02 mm
2. 30% i mitten av fältet	0.07	+0.17	0.05	-0.11	+0.28
3. 30% direkt över horisonten	0.06	+0.21	0.07	-0.08	+0.29
4. 30% direkt under horis.	0.11	+0.28	0.11	+0.16	+0.12
5. 15% ö. och 15% u. horis.	0.05	+0.15	0.09	-0.07	+0.22
6. 30% som ovan + 15% vertikal	0.07	+0.19	0.08	-0.12	+0.31
7. c:a 30% genom buskage och löv	0.11	+0.06	0.47*	+0.16	-0.10
8. c:a 35% genom löv	0.17	+0.25	0.19	+0.27	-0.02
9. c:a 30% genom rörliga löv		+0.1		+0.2	-0.1
10. genom nätstaket <galler>	0.07	+0.19	0.10	+0.26	-0.97
11. genom galler och häck (utan löv)	0.07	+0.07	0.10	-0.14	+0.21

Vi konstaterar att en avskärning av 30% ej nämnvärt påverkar resultatet. Standardavvikelsen för en avläsning är ca 0,1 mm utom i ett fall (0,47 mm) där vi misstänker ett grovt fel. För det ena instrumentet (nr 85790) verkar det dock som om inverkan systematiskt får samma tecken.

3.1.17 Inverkan av vibrationer.

Dessa har vi åstadkommit genom små slag mot stativbenen. Här konstaterar vi för en serie avvägningar med 10 mätningar och 40 m syftlängder standardavvikelser mellan 0,8 och 1,2 mm samt stora höjdfel. Alla mätta höjdskillnader är signifikant för stora.

3.1.18 Inverkan av regn

Vid svagt och tunt regn kunde mätningarna utföras utan hinder, men den minskade ljusintensiteten och skärpan av stängens bild medförde att NA 2000 behövde mera tid för att lösa sin uppgift.

3.1.19 Inverkan av bilavgaser

Med hjälp av en bil parkerad framför (1 m) en av stängerna studerades inverkan av avgaserna. Försöket gjordes med 30 m syftlängder. Inget särskilt kunde iakttas.

3.1.20 Inverkan av rök och värme.

Med hjälp av en brasa i närheten av syftlinjen åstadkom vi först rök och sedan kraftig värmeutstrålning. Mätningresultaten verkar inte nämnvärt påverkade utom att vid för mycket rök eller värmedallring kunde ingen mätning ske. Standardavvikelsen är i storleksordningen 2 mm per km. Tidsåtgången per mätning ökade markant.

1991-04-30

3.1.21 Test av batterier.

Vi kunde konstatera att batteriets kapacitet är god och med marginal räckte för ett fullt dagsverke.

3.1.22 Datalagring

REC-modulens lagringskapacitet var tillfredsställande. Facket för registreringsmodulen sitter skyddat under instrumentet. Fel insättning av modulen är fullt möjlig, dessutom lossnar den ideligen, vilket ställer till besvär.

Att tangentbordet endast är numeriskt upplevdes som en nackdel särskilt i samband med lagring av behövlig sidoinformation.

3.2 PRODUKTIONSTESTER.

Efter inledande funktionstester utfördes ett antal produktionstester både för vanlig avvägning och precisionsavvägning på våra testbaser i Gävle (Mårtsbo) och Hofors. Utrustningen har prövats både med "fot- och bilavvägningstekniken" under fältmässiga arbetsförhållanden.

3.2.1 Vanlig linjeavvägning.

Denna test har utförts enligt den klassiska "fotavvägningssmodellen" dvs med en observatör och två stångbärare. Endast standardstänger (4,05 m) och konventionella Wild-paddor har använts för ändamålet. Vid varje uppställning har endast en avläsning bakåt och framåt skett enligt klassisk modell dvs: B-F, B-F, B...osv. Avläsningarna skedde automatiskt och lagrades i REC-modulen. Sammanlagt har 9 fixhåll dubbelmätts, vilket motsvarar en avvägd längd av ca 15 km.

Följande tabell nr 6 redovisar mät- och beräkningsresultaten, dels skillnaderna mellan tur- och returmätningarna för varje fixhåll, dels från råvärden, dels efter olika korrektioner för graderingsfel, jordkrökningsfel och temperaturfel, samt jämförelsen med Ni002-resultat.

1991-04-30

Resultat från vanlig linjeavvägning till fots (med standardstänger)

Fix-håll i meter	Avstånd i meter	Medel-syft-längd (Max)	Höjddiff. i meter	Diff. tur-r. okorr.	Korrekationer i mm				Diff. tur-r. Korr.	NA2000 - Ni002	
					Skala	Jord-krökn.	Temp.	Totalt		Okorr.	Korr.
1	784 m	56 m (94)	9,6 m	-1,3 mm	-0,05 +0,18	+0,52 -0,23	-1,21 +1,21	-0,74 mm +1,16	-0,8 mm	+2,6 mm	+1,7 mm
2	799	50 (71)	9,6	+1,4	-0,17 +0,09	+0,04 -0,02	-1,21 +1,21	-1,34 +1,28	+1,4	+1,5	+0,2
3	727	52 (93)	-4,7	+5,3	+0,41 -0,19	-0,78 -0,10	+0,59 -0,54	+0,22 -0,70	+4,8	+1,9	+1,4
4	735	49 (66)	-4,7	+0,5	+0,09 -0,10	-0,10 0	+0,59 -0,59	+0,58 -0,69	+0,4	-0,6	0
5	1005	53 (91)	2,9	+4,7	-0,02 +0,25	+0,14 +0,05	-0,36 -0,36	-0,24 +0,06	+4,6	+1,9	+1,8
6	1028	47 (63)	2,9	+1,2	+0,01 -0,26	-0,05 +0,02	-0,36 +0,36	-0,40 +0,08	+0,9	-1,5	-1,7
7	824	43 (61)	7,0	+3,4	-0,01 +0,08	-0,11 +0,10	-1,31 +1,21	-1,43 +1,49	+3,5	+4,8	+3,4
8	575	36 (69)	-26,5	+2,8	+0,44 -0,57	+0,08 -0,14	+4,99 -4,99	+5,51 -5,70	+2,6	-4,2	+1,4
9	927	36 (71)	+34,0	-0,7	-0,40 +0,14	+0,19 -0,18	-6,40 +6,40	-6,61 +6,36	-0,9	+4,2	-2,4
S:a	7,4 km			+17,3					+16,5		+5,8
Antal uppställningar				81							
Medelsyftlängd				46 m							
Medeltalets medelfel				±1,65 mm	±1,53 mm						

Av resultaten framgår klart vikten av att råa mätvärden korrigeras för temperatur och jordkrökningens inverkan. Dessa fel är betydande när avvägning utförs i kuperad terräng respektive med olika syftlängder bakåt och framåt.

3.2.2 Precisionsavvägning

Dessa tester har gjorts på LMVs testslinga vid Mårtsbo. Vid dessa tester har man använt sig av den motoriserade avvägningstekniken. Med några enkla ingrepp kunde invarstängerna och instrumentet utnyttjas med befintlig utrustning och bilar. Det ena instrumentet hade försetts med ett s k vridbart okular, av den typ som används på teodoliter.

1991-04-30

Vid varje uppställning har vi gjort 4 avläsningar enligt klassisk modell dvs: B,F - F,B. Sammanlagt har ca 20 km avvägts dock endast i relativt plan terräng, största höjdskillnad var 6,53 m.

Tabell nr 7 redovisar resultaten av mätning och beräkning på samma sätt som tidigare vid linjeavvägning med standardstänger.

Resultat från motoriserad precisionsavvägning (med invarstänger)

Fix-håll i meter	Avstånd i meter	Syft-längd i meter	Höjddiff. i meter	Diff. tur-r. okorr.	Korrekationer i mm				Diff. tur-r. Korr.	NA2000 - Ni002 Korr.
					Skala	Jord-krökn.	Temp.	Totalt		
1	1183 m	44 m	+4.40 m	-3.20 mm	-0.01	+0.20	-0.06	+0.13 mm	-3.07 mm	+0.48 mm
					+0.04	-0.12	+0.08	0.00		
2	1183	43	+4.40	+1.00	+0.03	+0.11	-0.05	-0.09	+0.82	+1.97
					-0.03	-0.30	+0.05	-0.28		
3	1183	44	+4.40	-2.20	0.00	+0.07	-0.05	+0.02	-2.19	+0.88
					-0.11	+0.04	+0.06	-0.01		
4	1002	50	-0.29	-1.10	-0.01	-0.05	+0.01	-0.06	-1.10	+0.79
					+0.05	+0.03	-0.01	+0.07		
5	1002	50	-0.29	-1.85	-0.14	0.00	0.00	-0.14	-1.97	+2.12
					+0.18	-0.15	0.00	+0.02		
6	1002	50	-0.29	+0.75	-0.02	+0.09	0.00	+0.07	+0.62	+0.10
					-0.13	-0.06	0.00	-0.20		
7	570	40	-0.27	-1.05	+0.13	0.00	0.00	+0.13	-0.75	-0.34
					+0.19	-0.01	-0.01	+0.17		
8	570	40	-0.27	-0.10	+0.02	-0.04	+0.06	+0.04	-0.11	-0.29
					0.00	-0.03	0.00	-0.03		
9	570	40	-0.27	-0.15	-0.04	+0.01	0.00	-0.03	-0.21	-0.31
					-0.01	-0.02	0.00	-0.03		
10	1370	49	-4.90	+3.30	-0.07	-0.01	+0.07	-0.01	+3.08	-0.66
					-0.14	0.00	-0.07	-0.21		
11	1370	49	-4.90	+1.80	+0.02	-0.04	+0.06	+0.04	+1.84	-0.17
					+0.11	-0.06	-0.05	0.00		
12	1370	50	-4.90	+0.75	+0.13	+0.08	+0.05	+0.26	+1.09	-1.35
					+0.15	-0.02	-0.05	+0.08		
13	933	46	+2.05	-0.95	+0.04	+0.02	-0.03	+0.03	-0.94	+0.13
					-0.03	-0.04	+0.03	-0.04		
14	933	46	+2.05	+0.40	-0.08	-0.03	-0.02	-0.13	+0.35	+1.57
					+0.08	-0.02	+0.02	+0.08		
15	933	46	+2.05	+0.50	+0.03	+0.03	-0.02	+0.04	+0.60	+1.30
					+0.02	+0.02	+0.02	+0.06		
16	1424	51	-2.91	+2.00	-0.04	-0.01	+0.04	-0.01	+2.10	-1.44
					+0.08	+0.03	-0.04	+0.07		
17	1035	47	+3.22	+0.83	-0.09	0.00	-0.04	-0.13	+0.57	+1.89
					-0.11	-0.03	+0.05	-0.10		
18	608	34	+6.53	-1.12	-0.10	+0.07	+0.08	+0.05	-1.06	-1.45
					+0.03	+0.05	-0.07	+0.01		
S:a 18.4 km				-0.84					-0.33	+5.22

Antal uppställningar 390 st
 Medelsyftlängd 47 m
 Totala mättiden 1015 min
 Tid per uppställning 2,6 min
 Medeltalets medelfel (korrigerat) ±0.7 mm

S = 0.67 mm

Vi konstaterar att vi har mycket god noggrannhet, medeltalets medelfel är låg, ca 0,7 mm för dubbelavvägd sträcka, dock är alla korrekationer applicerade.

1991-04-30

En analys över hur antalet observationer påverkar resultaten gjordes för alla precisionsmätningar där vi hade 2 avläsningar Bakåt och Framåt. Följande tabell nr 8 visar att medeltalens medelfel ej påverkas nämnvärt, resultaten är likvärdiga, således kan man dra slutsatsen att en avläsning bakåt och framåt är tillräckligt.

Inverkan av antalet observationer

Typ av resultat	ΔH okorr.	ΔH korrigerat		
Typ av mätning	BFFB	BF	FB	BFFB
Antal mätningar	: 18	18	18	18
Summa differenser	: 1,75 mm	0,71 mm	2,82 mm	1,75 mm
Summerad längd	: 18338 m	18338 m	18338 m	18338 m
Medeltalets medelfel:	$\pm 0,72$ mm	$\pm 0,73$ mm	$\pm 0,74$ mm	$\pm 0,70$ mm
Mätningens medelfel:	$\pm 1,02$ mm	$\pm 1,03$ mm	$\pm 1,05$ mm	$\pm 1,00$ mm
Tidsåtgång	: 1014 min			
Antal uppställningar:	390			
Tid per uppställning:	2,6 min			
Medelsyftlängd	47 m			

4. SAMMANFATTNING

I följande avsnitt kommer vi att presentera de fördelar och nackdelar som NA 2000 visade i samband med våra omfattande tester och i jämförelse med övriga instrument. (1, 3, 4, 8, 11)

Dessa jämförelser kommer att ske under tre skilda aspekter; noggrannhet, produktion samt fältmässighet.

4.1 NOGGRANNHETSASPEKTER

4.1.1 Följande fördelar kunde konstateras:

- * mindre beroende av observatörens "öga" p g a NA 2000:s digitala avläsningssystem som ej kräver skarpa insyftningar och inställningar av hårkorset på något streck på stängen, vilket är avgörande för noggrannheten med alla klassiska instrument.
- * inga felavläsningar p g a att dessa sker automatiskt
- * inga skrivfel tack vare automatisk registrering
- * mindre inflytande av enskilda graderingsfel då instrumentet behandlar ett stort antal streckkoder samtidigt och fördelar = utjämnar enskilda fel. Detta gäller särskilt ju större syftlängderna är. Större graderingsfel kan även bortfiltreras vid själva beräkningen.

1991-04-30

- * mindre inflytande av den negativa vertikala refraktionseffekten särskilt vid låga syftningar över horisonten. Flimmer och refraction minskar ju högre upp över marken man syftar, dvs i övre delen av mätfönstret. NA 2000, kan genom att behandla en hel mätyta, "smeta ut" refraktions- och flimmereffekten och därigenom minska dess inflytande. Här bör dock noteras att i många sammanhang där dessa fel ej skulle inverka vid klassisk avvägning så införs med NA 2000 en mindre negativ effekt p g a mätytans "smittade" nedre del.
- * mindre beroende av att stängen står stilla. NA 2000 kan registrera kontinuerligt utan svårighet.
- * NA 2000 ger god noggrannhet också för långa syftningar upp till 75 m, vilket är svårt med övriga instrument särskilt när det mänskliga ögat skall klara av precisa insyftningar av ett enda streck. (se fig 3)
- * Vid "rätt" förfarande för kollimationsfelsbestämning och behandling därefter av rådata så skulle NA 2000s noggrannhet kunna öka.

4.1.2 Följande faktorer har en negativ effekt på noggrannheten:

- * Utvidgningen av standardstängerna p g a temperaturvariationer är mycket stor; 10 ppm per grad och meter höjdskillnad. I kuperad terräng där höjdskillnader varierar kraftigt medför utelämnande av denna korrektion stora, helt oacceptabla, fel. Vid den klassiska kontrollen av mätresultaten som rekommenderar jämförelse mellan tur- och returmätning upptäcks detta fel aldrig då mätförhållandena är lika. Mätresultaten stämmer överens men avviker från det "sanna värdet". Om mätningar sker vid olika årstider; vår, sommar, höst eller vinter, så finns det stor risk att man får verkliga problem. Detta kan illustreras med två exempel; vid linjeavvägning mellan två kända riks-nätsfixar i kuperad terräng kommer NA 2000:s resultat ej att "passa in" och man kommer att misstänka det överordnade nätet, vid sättningsmätningar av byggnader, vägar etc med NA 2000, kommer sådana effekter att uppträda i mätresultaten, dessa motsvarar dock helt enkelt "temperaturvariationseffekter" och inget annat.

Om temperaturdifferensen mellan fram- och återavvägning är stor blir det problem att hålla mättoleransen och följaktligen görs "onödiga" omavvägningar.

- * Den tillgängliga mätytan på stängerna har en stor betydelse för noggrannheten. Den bör vara ca 70% av "mätfönstret" för att ej försämra noggrannheten. Placeringen samt fördelningen av mätytan på stängen är också av betydelse, om största delen finns längst ner på stängen så påverkas resultaten av refractionen.
- * Insyftningar "över" och/eller "under" streckkoden ger felaktiga resultat upp till 1 mm per uppställning trots god repeterbarhet. Detta kan vara särskilt farligt vid avvägning i kuperad terräng.

1991-04-30

- * Skarvningen av sektionerna inför fel som i vissa fall kan "smetas" ut (mätyta över flera sektioner), men i övriga fall (mätyta endast på andra eller tredje sektion) förfalskas resultaten genom insmygande "trappsteg".

Stängerna bör kalibreras och mätvärdena korrigeras.

- * Avläsningar borde anges på 0,01 mm, tiondelen är ej tillfredsställande för precisionsmätningar.
- * Instabiliteten i kollimationsfelet och nuvarande bestämnings- och användningssätt av dess korrektionsvärde försämrar noggrannheten i onödan. Jordkrökningskorrektion saknas.

4.2 PRODUKTIONSASPEKTER

Härmed menar vi den produktion som är möjlig att prestera antingen dagligen eller under en säsong samt under skiftande mätförhållanden.

4.2.1 Instrumentets produktionskapacitet ökar mycket p g a följande:

- * Enkelhet, snabbhet och automatik: endast uppställning, inriktning och sedan knapptryckning.
- * Endast en insyftning framåt och bakåt, således inga dubbelt graderade stänger.
- * Inga avläsningar på distanstrådar för bestämning av syftlängder.
- * Ingen protokollföring; automatisk lagring i REC-modulen
- * Inga manuella beräkningar
- * Mindre efterarbete inomhus.

4.2.2 Däremot finns också en del faktorer som stör eller begränsar produktionsmöjligheterna som till exempel:

- * Genom att instrumentet behöver en mätyta av ca 70% på stängen, för att bibehålla hög noggrannhet, så är den maximala mätbara höjdskillnaden per uppställning väsentligt begränsad. Vid syftlängd av 50 m och tre meters invarstänger där graderingen börjar vid 0,3 m så är förlusten ca 25% (70 cm av 270). Denna förlust ökar med syftavstånden och motsvarar över 50% vid 100 meters syftlängder. Med användande av standardstänger är dessa bortfall i produktion mindre (17 resp 34%) men dock kännbara i jämförelse med avvägning som utförs med klassiska instrument (fig 5). Detta är mycket produktionsbegränsande särskilt i kuperad terräng.

1991-04-30

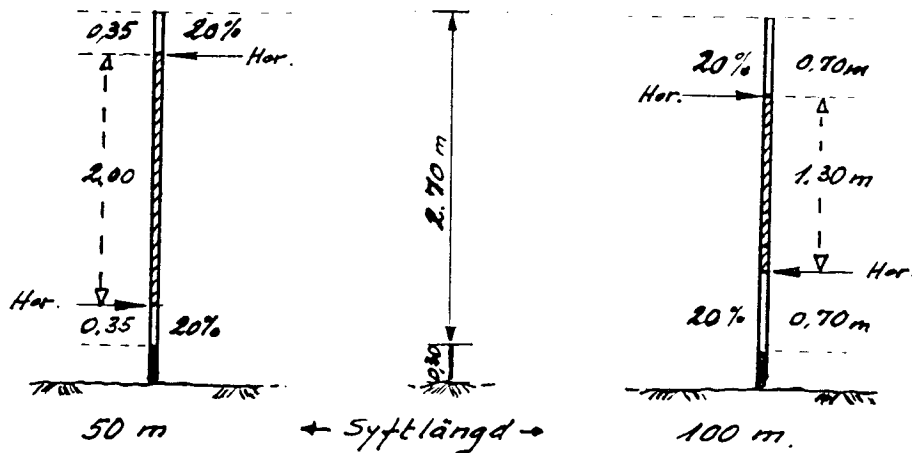


Fig 5

- * **Behovet av ca 70% mätyta** är besvärande i allmänhet och särskilt när avvägningen sker i bevuxen terräng (högt gräs) eller i samband med anslutningsmätningar till fixpunkter. Sikterna måste röjas om så är möjligt eller annan uppställningsplats hittas. Detta är tidskrävande och begränsar produktionen, i vissa fall (i städerna eller inom industriområden) kan detta t o m omöjliggöra mätningen.
- * **Motljus** (t ex solljus) in i instrumentet: **den dödvinkel** av ca 15 grader som finns är **mycket** besvärande och minskar avsevärt produktionen. Vid anslutning till fixpunkter uppstår problem som oftast är svårlösta då syftmöjligheterna är minimala.
- * **Belysningen av stängen** med skiftande skuggade och ljusa zoner, bristande kontraster mellan svarta och vita streckkoder, eller himmeln som bakgrund, krånglar till mätprocessen samt kräver extra omsorg och insatser vilka alltid ökar tidsåtgången och minskar produktionen.
- * Vid **för låg ljusintensitet** är mätningen omöjlig, vilket kan innebära en kännbar produktionsförlust; ca 2 km per dag för 1 tim mindre mättid. Under vinterhalvåret samt övriga dagar som är mycket mulna märks detta mest.
- * **Arbetsfördelningen** mellan olika personer ingående i ett NA 2000 arbetslag medför att observatören samtidigt är "protokollförare". Detta är en fördel vid avvägning till fots. Dock med den motoriserade avvägningstekniken är detta en **försämring** p g a att man ej kan minska antalet personer i laget men överbelastar observatören med de uppgifter som normalt sköts av protokollföraren. Man förstör helt enkelt den goda balansen i arbetsfördelningen mellan lagets olika medlemmarna.

1991-04-30

- * Sammanfattningsvis kan sägas att fördelarna som är störst vid fotavvägning äts upp mer än väl av alla störande och begränsande produktionsfaktorer. Tidsåtgången per uppställning vid motoriserad avvägning i relativt plan terräng är större än vid användande av Ni002 från Zeiss Jena (2,6 min i stället för 2,0). Dessutom konstaterar vi allmänt en ökning (mellan 5 och 20%) av antalet uppställningar.

4.3 FÄLTMÄSSIGHETEN

Här redogörs för de faktorer som antingen förbättrar eller försämrar avvägningsarbetet när man använder sig av NA 2000 systemet.

4.3.1 Det positiva med NA 2000 är följande

- * Instrumentet och stängerna är mycket lätta: sammanlagt ca 7 kg, vilket upplevs som mycket positivt särskilt vid avvägning till fots.
- * Det är lätt att arbeta med instrumentet
- * Funktionsskruvarna är ergonomiskt bra placerade, lätt åtkomliga
- * REC-modulen har bra lagringskapacitet, minst ett dagsverke
- * Batteriernas kapacitet är tillfredsställande
- * En positiv överraskning är att stängerna kan användas i både "upp" och "ner" ställning, instrumentet hanterar detta elegant. Detta kan ha sina fördelar särskilt inom byggsektorn.
- * Den inbyggda programvaran ger en större flexibilitet för att utföra olika arbetsmoment, man följer dessutom bättre sina arbeten.
- * Man behöver mindre personal vid precisionsavvägning till fots

4.3.2 De faktorer som försämrar arbetet är

- * Behovet av den 70% mätytan som är besvärande
- * Bekymmer angående motljus, ljusförhållanden mm
- * Det numeriska tangentbordet är föråldrat och ett handikapp
- * Den röda startknappens placering är felaktig och besvärande särskilt vintertid när man arbetar med handskar.
- * För bilavvägning saknas ett vridbart okular med rättvänd bild, som på NI002 från Zeiss Jena.

Också vid bedömningen av fältmässigheten upplevs NA 2000 som mycket positiv, dock finns en del brister som tyvärr förmörkar denna bild.

1991-04-30

5. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR

NA 2000:s framkomst markerar en viktig etapp i automatiseringen av avvägningssprocessen. Instrumentet är det första helt digitala och visar vilka möjligheter och begränsningar denna tekniska lösning har.

Automatiken i avläsning, registrering och beräkning, den höga noggrannheten samt att den är lättarbetad är de mest positiva sidorna av NA 2000.

Störningar och begränsningar p g a behovet av en mätyta i stället för en syftlinje samt inverkan av temperaturvariationer och ljusförhållanden upplevs som handikapp och är mycket besvärande.

Vi tycker dock att NA 2000 är ett intressant försök att automatisera avvägningssprocessen och som dessutom kan och borde förbättras med hjälp av följande åtgärder:

- * konstruera ett solskydd för objektivet kanske med filter
- * flytta "startknappen" centralt så att tryckningar är riktade mot rotationsaxeln och ej påverkar inriktningen
- * byt från numeriskt till ett alfanumeriskt tangentbord
- * flytta datautgången till den icke rörliga underdelen av instrumentet
- * inför en varningssignal (rött fält som i kameror) för att undvika mätningar med otillräcklig mätyta.
- * förbättra fastsättningen av REC-modulen
- * möjliggör avläsning och redovisning på 0,01 mm
- * inför ett vridbart okular (rättvänd bild)
- * förbättra passningen mellan stångsektionerna
- * tag bort streckkoden på nedre delen av stängerna (ca 0,3 m)
- * tillför temperaturgivare på stängerna
- * ge anvisningar för stångkalibreringar
- * inför nya rutiner för kollimationsfelsbestämning (tidpunkter) samt för korrigerering
- * ge klara anvisningar om hur man skall förfara för att undvika felaktiga mätresultat.

Största delen av dessa förslag kan åtgärdas omedelbart, en del kräver kanske större ändringar, dock borde detta var enkelt för en av världens största instrumentmakare.

Vi väntar förhoppningsfullt till nästa nyhet inom höjdbestämningsgebit, kanske ett resultat av det långa utvecklingsprojekt RPLS (Rapid Precise Levelling System) där LEICA WILD deltar.

1991-04-30

LITTERATURFÖRTECKNING

1. ANDERSSON B & BECKER JM (1990): Test av avvägningsinstrument WILD NA 2000, LMV-Information (1990-11-22)
2. BECKER JM (1985): The Swedish experience with Motorized Levelling, New techniques and tests, NAVD-Symposium, Rockville (USA)
3. BECKER JM (1990): Comparisons between different height determination techniques, Workshop on Precise Vertical Positioning, Hannover 1990, (FRG)
4. BECKER JM & LITHEN T & NORDQUIST A (1988): Experience of Motorized Trigonometric Levelling (MTL) - a comparison with other techniques, LMV-Rapport 1988:23
5. BECKERS H & KUPP W (1990): Erste Erfahrungen mit dem digitalen Nivelliergerät Wild NA 2000 beim Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz, Nachr. VermNerw. Rheinland-Pfalz, S. 151-163
6. DELECROIX V, MOCQUET C, QUESNEL JP & SCHMITT J (1990): Tests sur le niveau numerique WILD NA 2000, CERN - Groupe de Géodésie
7. ERIKSSON PO, BECKER JM, LITHEN T & NORDQUIST A (1990): Experiences with trigonometric levelling in Sweden, XI-NKG 1990: Copenhagen
8. ERIKSSON PO & NORDQUIST A (1991): Results of tests with the NA 2000 in Sweden, NKG working-meeting in Gävle
9. INGENSAND H (1990): The Wild NA 2000, the first digital level in the world, AVN 6, June 1990, pp 201-210
10. INGENSAND H & SCHNEIDER F (1990): First experiences with the new digital level WILD NA 2000, XIX FIG 502.2, Helsinki, Finland
11. PETERSON I (1991): Examination of levelling staffs with the code scales for use with the levelling instrument WILD NA 2000, NKG working-meeting, Gävle
12. SCHAUERTE W (1990): Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit des Digitalnivelliers WILD NA 2000, Bonn, Verm. u Raum, Heft 1.
13. CASPARY W & HEISTER H: Ein automatisiertes Nivelliersystem in : X Internationaler Kurs fur Ing. Vermssung, Beitrag A1, Dummler Verlag Bonn, 1988