

Kontroll og kalibrering av elektro-optiske avstandsmålere

Forord

Den første versjonen av "Retningslinjer for kontroll og kalibrering av elektro-optiske avstandsmålere" ble utgitt i desember 1993, etter at den hadde vært på høring i kart- og oppmålingsmiljøet.

Bjørn Geirr Harsson (leder), Statens kartverk Geodesi og
Leif Grimstveit, Statens kartverk Geodesi
utarbeidet denne første versjonen, som bare fantes i papirformat.

Papirversjonen av standarden ble skannet og ført over på digital form i forbindelse med at alle standardene ble distribuert på CD fra året 1999. I andre standarder utgitt av SK etter 1993 er noen av termene definert litt annerledes. Alt dette gir grunnlag for en teknisk gjennomgang av standarden. Vi har også foretatt omredigeringer i denne nye versjonen av juni 2002 for å få standarden mer i overensstemmelse med Kartverkets mal for standarder. I tillegg til de to som er nevnt ovenfor, har også John Sundsby, Statens kartverk Geodesi deltatt i dette arbeidet som følge av sin funksjon som standardiseringsansvarlig i Geodesidivisjonen. Trond Espelund, Statens kartverk Land har vært med under gjennomgang av termene.

Henvendelse om standarden kan rettes til:

Statens kartverk
Geodesi
Kartverksveien 21
3511 Hønefoss

Telefon: 32 11 81 00
Telefaks: 32 11 81 01
e-post: firmapost@statkart.no

Innholdsliste:

| | |
|--|----|
| Kontroll og kalibrering av elektro-optiske avstandsmålere | 1 |
| Forord | 2 |
| Innholdsliste: | 3 |
| 0 Orientering | 4 |
| 1 Omfang | 4 |
| 2 Referanser | 4 |
| 3 Definisjoner og forkortelser | 5 |
| 4 Enklere kontroll av instrument | 10 |
| 4.1 Plikter | 10 |
| 4.2 Kontrollavstand - etablering | 10 |
| 4.3 Kontrollavstand - måling | 10 |
| 4.4 Reflektor | 10 |
| 4.5 Protokoll | 10 |
| 5 Fullstendig kalibrering | 11 |
| 5.1 Plikter | 11 |
| 5.2 Formål | 11 |
| 5.3 Systematiske korreksjoner | 11 |
| 5.4 Krav til instrumentene | 12 |
| 5.4.1 Presisjon | 12 |
| 5.4.2 Målenøyaktighet | 12 |
| 5.5 Kalibreringsmålinger | 12 |
| 5.5.1 Når må kalibrering utføres? | 12 |
| 5.5.2 Sporbarhet til internasjonal basis | 12 |
| 5.5.3 Leie av basis | 12 |
| 5.5.4 Håndtering av instrumentet | 12 |
| 5.5.5 Skrå-/horisontalavstand | 13 |
| 5.5.6 Meteorologiske observasjoner | 13 |
| 5.6 Kalibreringsberegninger | 13 |
| 6 Dokumentasjon av kontroll og kalibrering | 13 |
| 7 Konsekvenser av kalibreringen | 14 |
| Tillegg A: Kartskisse over 13 utendørs kalibreringsbasiser i Norge | 15 |
| (godkjent av Statens kartverk) | 15 |
| Tillegg B: Tabell over 13 utendørs kalibreringsbasiser i Norge | 16 |
| (godkjent av Statens kartverk) | 16 |
| Tillegg C: Noen data for en del elektro-optiske avstandsmålere | 17 |

0 Orientering

I Norge ble elektro-optiske avstandsmålere tatt i praktisk bruk for oppmålingsoppgaver fra 1960-årene. Anvendelsen av slike avstandsmålere økte helt fram til GPS-mottakere overtok hegemoniet på 1990-tallet. Selv om GPS-mottakere blir brukt til stadig nye oppgaver, må man regne med at elektro-optiske avstandsmålere fortsatt blir benyttet i framtidig oppmålingsvirksomhet. De elektro-optiske avstandsmålerne har sin spesielle styrke i områder hvor signalene fra satellitter er svake eller av ulike årsaker mangler helt. Så lenge elektro-optiske avstandsmålere er i bruk innen oppmåling og utstikking, er det behov for en standard som gir rammen for kontroll og kalibrering av dem.

1 Omfang

Disse retningslinjene beskriver kontroll og kalibrering på utendørs basis av elektro-optiske avstandsmålere som blir brukt i kart- og oppmålingssammenheng. Kalibreringsresultatene kan brukes til å korrigere målte avstander på inntil 3 km, men ikke mer enn 3 ganger kalibreringsbasisens lengde. Avstandsmålere som skal måle lengre avstander, må kontrolleres mot frekvensteller eller kalibreres på langdistansebasis.

Retningslinjene gjelder både for instrumenter som måler ved pulsmetoden og fasemetoden.

I 2001 utga ISO en standard ISO 17123-2 som dekker samme område. Den norske standarden omfatter noe mer enn ISO-standard.

2 Referanser

Følgende lover, standarder og forskrifter angår standarden "Kontroll og kalibrering av elektro-optiske avstandsmålere":

- Lov om anbringelse av signaler og merker for målearbeider (signalloven) av 9. juli 1923 nr. 1, med endringer, sist ved lov av 23. juni 1995 nr. 39.
- Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77, med endringer, sist ved lov av 24. november 2000.
- Lov om kartlegging, deling og registrering av grunneiendom (delingsloven) av 23. juni 1978 nr. 70, med endringer, sist ved lov av 1. juli 1997.
- ISO 9849, 2001: "Optics and optical instruments Geodetic and surveying instruments Vocabulary".
- ISO 17123-2, 2001: "Optics and optical instruments Field procedures for testing geodetic and surveying instruments".
Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments)
- Miljøverndepartementet, Norges Karttekniske Forbund, Norske kommuners sentralforbund og Norske oppmålingskontorers forening, 1982: "Norm for kart i målestokkene 1:250, 1:500, 1:1000, 1:2000 og kommunale oppmålingsarbeider" (Kartnormen). Foreløpig ajourført utgave, Kommunalforlaget, 92 sider.
- Statens kartverk, Norges Karttekniske Forbund, Rådet for teknisk terminologi, 1989: "Ordbok for kart og oppmåling", RTT 57, 353 sider.
- Statens kartverk, 2001: "Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodata-standard)", versjon 2.0 2001, 75 sider.
- Statens kartverk, 1999: "Grunnlagsnett", versjon 1.0 1999, 25 sider.
- Statens kartverk, 2001: "Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon, SOSI-standard",

Del 1 4", versjon 3.3.

- Statens kartverk, 1999: "Fastmerkeregistrering og fastmerkeregister", versjon 2.0 november 1999, 21 sider.
- Statens kartverk, 2001: "Koordinatbasert referansesystem", versjon 1.0 november 2001, 38 sider.

3 Definisjoner og forkortelser

Termer som er definert i dette kapitlet har angitt kilde slik, med henvisning til siste versjon:

- [G] "Geodatastandarden"
- [O] "Ordbok for kart og oppmåling", utgitt 1989
- [O*] "Ordbok for kart og oppmåling", utgitt 1989, med små avvik eller supplerende opplysninger i forhold til teksten i [O]
- [KAL] "Kontroll og kalibrering av elektro-optiske avstandsmålere" (denne standarden)

addisjonskonstant

konstant størrelse som må adderes til en avlest verdi, som et ledd i korrigering til riktig verdi [O*]

MERKNAD For elektroniske avstandsmålere kan addisjonskonstanten deles i *instrumentkonstant* og *reflektorkonstant*. Den korrigerer for samlet *nullpunktfeil* for instrument pluss reflektor.

avvik

forskjell fra sann verdi, fra det man antar er den sanne verdi, eller forskjellen mellom to målte verdier for samme størrelse [G]

MERKNAD

1. Innen standardisering defineres vanligvis avvik som mangel på oppfyllelse av spesifiserte krav [NS-ISO 8402 def. 2.10]. F.eks. vil det som ved kartkontroll blir kalt *grov feil* være avvik i NS-ISO 8402 sin ordbruk.
2. Avvik er vanlige. Som oftest er de små og skyldes de vanlige målevariasjonene. Men et lite antall av dem kan være store, og noen kan utgjøre *grove feil* som skal grovfeil-/avviksbehandles, f.eks. med nymåling, jf. Geodatastandarden avsnitt 6.7.
3. Avviket gis vanligvis med fortegn i geodesi/ landmåling slik at $\text{avvik} = \text{målt verdi} - \text{sann verdi}$.

basis

nøyaktig målt(e) avstand(er) for kontroll av målebånd eller *elektroniske avstandsmålere* [O*]

MERKNAD Også kalt *kontrollbasis* eller *kalibreringsbasis*.

bærebølge

lys eller mikrobølger som overfører ("bærer") de *modulerte bølgene* ved elektronisk avstandsmåling [O*]

elektronisk avstandsmåler

avstandsmåler som benytter elektromagnetiske bølger [KAL]

MERKNAD Begrepet omfatter *elektro-optiske avstandsmålere* og mikrobølgeinstrumenter.

elektro-optisk avstandsmåler

elektronisk avstandsmåler som bruker synlig eller infrarødt lys som *bærebølge* [O]

fasemetoden

prinsipp for avstandsmåling der fasedifferansen mellom en utgående og en inngående elektromagnetisk bølge måles [KAL]

feil

avvik som det kan korrigeres for [KAL]

MERKNAD Feil kan være *grove* eller *systematiske*. De behandles forskjellig fra *tilfeldige avvik*. Når et resultat karakteriseres som feilaktig, kan måling og/eller beregning gjentas på en slik måte at feilen unngås.

forventningsverdi

verdi som gjennomsnittet går mot for en rekke like gode bestemmelser av samme størrelse, når antall bestemmelser går mot uendelig [O*]

grov feil

feil som skyldes tabbe, svikt ved måleutstyr eller feilaktig prosedyre [KAL]

MERKNAD Grove feil er oftest større enn de *tilfeldige avvikene* i et datasett. Eksempler på tabber som medfører grove feil er: Avlesningsfeil, feilidentifisering av målemerke, forglemmelser, forvekslinger, uaktsomhet, eksentrisiteter som ikke er notert/korrigert for. Se også *avvik*.

instrumentkonstant

den delen av *addisjonskonstanten* som hører til selve måleinstrumentet [O*]

kalibrering

fastlegge skalaen på et måle- eller registreringsinstrument og angi målenheten som benyttes [O]

MERKNAD Hensikten er å kunne justere instrumentet, eller påføre måle- eller registreringsverdier *korreksjoner*. Kalibreringen foregår ofte ved sammenligning med kjente og mer nøyaktige verdier enn det som ventes å bli oppnådd med det aktuelle instrumentet.

kalibreringsbasis

MERKNAD Se basis.

kontrollbasis

MERKNAD Se basis.

korreksjon

størrelse med samme tallverdi og benevnelse som tilsvarende *feil* eller *avvik*, men med motsatt fortegn [KAL]

modulert bølge

bølge som oppstår når en *bærebølge* påføres et signal [KAL]

multiplikasjonskonstant

konstant faktor som en avlest verdi må multipliseres med, som et ledd i korrigering til riktig verdi [KAL]

målestokk-korreksjon

multiplikasjonskonstanten minus 1, for en måleutrustning som er ment å skulle gi målestokkriktige avlesninger [O]

MERKNAD Målestokk-korreksjonen for en *elektro-optisk avstandsmåler* regnes ofte i *ppm*. Den uttrykker hva som mangler på at målingene er målestokkriktige når de med meteorologiske formler er korrigert til instrumentets referanseatmosfære, dvs. dets oppgitte normaltrykk og normaltemperatur. Se tillegg C. Luftfuktighetens virkning har i denne sammenhengen ingen betydning.

nullpunktfeil

feil som skyldes at referansepunkt for et instrument og/eller reflektor ikke ligger der det forventes [KAL]

MERKNAD Tilsvarende *korreksjon* kalles nullpunkt-korreksjon eller *addisjonskonstant*.

nøyaktighet

graden av en målt eller beregnet verdis nærhet til sin sanne verdi [O*]

MERKNAD Se også *presisjon*.

ppm

parts per million [KAL]

MERKNAD Uttrykker en ubenevnt størrelse målt i enhet 10^{-6} , f.eks. mm pr. km.

presisjon

graden av en observasjons nærhet til sin *forventningsverdi* [O*]

MERKNAD Se også *nøyaktighet* og *repeterbarhet*.

prismekonstant

MERKNAD Se *reflektorkonstant*.

pulsmetoden

prinsipp for avstandsmåling der avstanden beregnes av tiden som et lysglimt (en puls) bruker for å tilbakelegge strekningen fra instrument til reflektor og tilbake [O*]

reflektorkonstant

den delen av *addisjonskonstanten* som hører til reflektoren [KAL]

MERKNAD Reflektoren kan være et speil, prisme eller annet reflekterende materiale.

repeterbarhet

uttrykk for variasjon i måleverdi for et instrument når identiske måleprosedyrer utføres under konstante betingelser [O*]

MERKNAD Se også *presisjon*.

signifikant forskjell

statistisk betegnelse for en forskjell som er så stor at den med en nærmere angitt sannsynlighet ikke kan ha oppstått ved tilfeldigheter [KAL]

standardavvik

kvadratroten av *variansen*, som er forventningsverdien av $(X - \bar{x})^2$ når X er en tilfeldig variabel og \bar{x} er dens *forventningsverdi* [KAL]

MERKNAD Standardavviket regnes uten fortegn og erstatter tidligere brukt term middelfeil.

syklisk feil

feil som varierer som en sinusfunksjon med periode lik den halve modulerte bølgelengde for instrumentet [O*]

MERKNAD Denne feilen er dels av elektrisk og dels av optisk art. Den oppstår vesentlig

fordi sender- og mottakerdelen av instrumentet er bygd sammen. Syklisk feil kalles også første ordens kortperiodisk feil.

systematisk feil

feil som har sin opprinnelse i utilstrekkelig matematisk beskrivelse av den fysiske virkelighet [O]

tilfeldig avvik

spredning i et måleresultat av en slik natur at det ikke er mulig før utførelsen av målingene å fikse den verken med hensyn til fortegn eller størrelse [KAL]

MERKNAD Tidligere kalt tilfeldig feil.

varians

MERKNAD Se *standardavvik*.

4 Enklere kontroll av instrument

4.1 Plikter

Den som utfører offentlige oppmålingsarbeid, plikter å forsikre seg om at måleinstrument (herunder avstandsmåler og reflektorer) fungerer tilfredsstillende i forhold til de nøyaktighetskrav som gjelder for vedkommende måleoppdrag. Måleren plikter å overvåke stabiliteten av instrumentene og dokumentere at så er gjort.

4.2 Kontrollavstand - etablering

Kommuner, oppmålingsfirmaer og andre brukere av elektro-optiske avstandsmålere bør opprette en enklere kontrollbasis, dvs. en lett tilgjengelig kontrollavstand, eller flere, for å passe på stabiliteten for slike avstandsmålere. Disse kontrollavstandene må gå mellom faste, veldefinerte punkter og være bestemt f.eks. ved måling med et instrument som nettopp er kalibrert. Kontrollavstandene innmåles ved minst tre uavhengige måleserier. Etableringsverdi settes lik middelverdien av samtlige aksepterte målinger for en avstand, etter at målingene er korrigert for meteorologi. Kontrollen er lettest å utføre dersom avstandene går mellom søyler med påmonterte festeskruer, men bolter i fjell er også gode.

Hvis et instrument er i jevnlig bruk, måles kontrollavstanden(e) minst en gang pr. kvartal, eller før og etter måleprosjekter. Dette gjøres for å kontrollere om instrumentet trenger kalibrering på godkjent basis. Korte kontrollavstander (40-60 m) vil være best egnet til å avsløre endringer i addisjonskonstanten, mens lange avstander (600-700 m eller mer) kontrollerer målestokken best.

4.3 Kontrollavstand - måling

Man trenger altså ikke å kjenne de sanne verdiene av slike kontrollavstander. Poenget er at målingene med instrumentet, korrigert for meteorologi, hver gang skal gi samme resultat, dvs. verdien ved etableringen \pm akseptert presisjon, kfr. underkapittel 5.4.1.

Hvis målingene i gjennomsnitt viser verdier som ligger utenfor etableringsverdi \pm akseptert presisjon, bør instrumentet kontrolleres igjen senere. Blir målingene fortsatt ikke akseptert, bør instrumentet justeres eller repareres, og deretter kalibreres etter retningslinjene gitt i underkapittel 5.5.

4.4 Reflektor

Dersom en avstandsmåler skal brukes i felten sammen med andre reflektorer enn dem som ble brukt under kalibreringen, må forskjellen i nullpunktfeil være bestemt ved målinger, selv om den er oppgitt av fabrikanten. Reflektorene som skal sammenliknes, settes etter tur opp i samme punkt, helst ved tvangssentrering, og det måles gjentatte ganger fra samme instrumentoppstilling til hver av dem. Forskjellen i nullpunktfeil bestemmes som middelverdien av forskjellene i avlest avstand. Avstanden det måles over, bør være 40-60 m.

4.5 Protokoll

Det må føres egen protokoll for hvert instrument, hvor eventuelle endringer i målt avstand kan registreres. Se kapittel 6.

5 Fullstendig kalibrering

5.1 Plikter

Den som utfører offentlige oppmålingsarbeid, plikter å forsikre seg om at måleinstrument (herunder avstandsmåler og reflektorer) fungerer tilfredsstillende i forhold til de nøyaktighetskrav som gjelder for vedkommende måleoppdrag. Måleren plikter å overvåke stabiliteten av instrumentene og dokumentere at så er gjort.

5.2 Formål

Avstander målt med en elektro-optisk avstandsmåler har feil av systematisk karakter, i tillegg til de tilfeldige måleavvikene. Ved kalibrering bestemmes systematiske feil som er knyttet til selve instrumentet pluss reflektoren. Slik avsløres det om instrumentet har alvorlige mangler som bør rettes på, og det blir mulig å korrigere avstander som senere måles, til verdier som ligger nærmere de riktige. Formålet med kalibreringen er altså å kontrollere instrumentet og dets målenøyaktighet, samt forbedre måleresultatene for å oppfylle de krav som stilles.

5.3 Systematiske korreksjoner

Å kalibrere en avstandsmåler med reflektor er å bestemme dens verdier for tre typer systematiske korreksjoner:

Addisjonskonstant. Antas uavhengig av avstanden.

Målestokk-korreksjon. Antas uavhengig av temperaturen.

Korreksjon for syklisk feil (første ordens kortperiodiske feil). Amplituden antas uavhengig av avstanden.

Feil av disse tre typene kan bestemmes hver for seg, men disse retningslinjene beskriver et opplegg der alle undersøkes samlet ved analyse av et sett målinger gjort på en basis der avstandene er kjente. Se underkapittel 5.5. Avstander som måles med instrumentet, må påføres korreksjoner basert på kalibreringsresultatet.

Instrumenter som måler ved pulsmetoden, har ikke syklisk feil, men kan ha periodiske feil på grunn av interpolasjon innen avstandsintervaller som svarer til taktfrekvensen.

Bestemmelsen av et instruments korreksjon for syklisk feil blir ikke nødvendigvis like god på enhver basis. Grunnen er at det settet av enkeltavstander som måles ved kalibreringen, kan passe mer eller mindre godt sammen med instrumentets modulerte bølgelengde.

5.4 Krav til instrumentene

5.4.1 Presisjon

Presisjonen for en elektro-optisk avstandsmåler blir fra fabrikanten gjerne gitt på formen: $a \text{ mm} + b \text{ ppm}$. Se de to spaltene lengst til høyre i tillegg C. Dette oppfattes slik at den instrumentavhengige delen av standardavviket for en enkelt måling (repeterbarheten) består av en konstantdel: $a \text{ mm}$, og en avstandsavhengig del: $b \text{ mm pr. km}$.

Fabrikantens oppgitte presisjon for et instrument er å oppfatte som "akseptert presisjon", jfr. underkapittel 4.3.

5.4.2 Målenøyaktighet

Målenøyaktigheten avhenger ikke bare av instrumentets og reflektorens kvalitet, men også av observatøren, måleprosedyren og andre ytre betingelser. Den kommer til uttrykk ved standardavviket for en enkelt måling under kalibreringen. I dokumentasjonen av en kalibreringsberegning skal det beregnede standardavviket for en angitt avstand (gjernes 1 km) oppgis. Denne verdien skal være bedre enn kravet som stilles til instrumentet ved aktuelle måleoppgaver.

5.5 Kalibreringsmålinger

5.5.1 Når må kalibrering utføres?

En elektro-optisk avstandsmåler skal kalibreres når det er gjort inngrep i instrumentet, dvs. justeringer og reparasjoner. Dersom enklere kontroll av instrumentet (se kapittel 4) viser signifikante avvik fra etableringsverdien(e), jfr. underkapittel 4.2, skal man også utføre kalibrering.

5.5.2 Sporbarhet til internasjonal basis

Målingene skal utføres på en kalibreringsbasis som er godkjent av Statens kartverk. Se tillegg A og B. Disse basisene har kjente avstander som er bestemt i forhold til Nummela-basisen i Finland.

5.5.3 Leie av basis

Avtale om leie av en basis gjøres med den som driver basisen. Se tillegg B. Målingene gjøres normalt av den (eller en av dem) som skal bruke instrumentet i felten. Omfanget av målingene går fram av instruks og/eller måleskjema som blir utdelt fra utleier av basisen.

5.5.4 Håndtering av instrumentet

Instruksjonsboken for instrumentet gir anvisninger om hvordan instrumentet skal håndteres under målingene, og disse må følges. Avstandsmåleren må eventuelt

varmes opp før målearbeidet begynner. Både avstandsmåler og reflektor må beskyttes mot sterkt solskinn. For avstander mindre enn 50 m må det vurderes å bruke blender. Se instruksjonsboken.

5.5.5 Skrå-/horisontalavstand

Mange avstandsmålere kan redusere målingene til horisontalplanet, men dette skal ikke gjøres med målingene på basisene. Instrumentets omregning av skråavstand til horisontalavstand og høydeforskjell kan eventuelt kontrolleres ved ekstra målinger mellom punkt med kjente avstander og høydeforskjeller.

5.5.6 Meteorologiske observasjoner

Under målingene bør det i størst mulig grad brukes samme prosedyre som under produksjonsmåling. Måleprosedyrene må likevel, dersom dette er nødvendig, tilpasses det beregningsprogram som skal brukes. De korreksjoner som er stilt inn på avstandsmåleren, skal noteres. Temperatur og trykk bør avleses og noteres for samtlige målte avstander. Dette gjøres på representative steder for målestrålen, dvs. over samme terreng som avstanden måles over. Meteorologiske observasjoner gjøres fortrinnsvis i skygge og i strømmende luft.

De meteorologiske instrumentene må være kalibrerte, ellers kan målestokk-korreksjonen som beregnes etterpå, bli misvisende.

Automatisk meteorologisk korreksjon kan kontrolleres ved å måle noen avstander med og uten korreksjon. Avstandsdifferansene på grunn av meteorologisk korreksjon kontrolleres beregningsmessig etter følgende "tommelfingerregel": 1° C eller 3 mm Hg tilsvarer ca. 1 ppm. Økende temperatur vil gi minkende avlest avstand på instrumentet, mens økende lufttrykk vil gi økende avlest avstand.

5.6 Kalibreringsberegninger

Målinger gjort på en kalibreringsbasis brukes til å beregne **addisjonskonstant, målestokk-korreksjon** og eventuelt korreksjon for **syklisk feil** for instrumentet pluss reflektoren som er brukt. De verdiene man har fra før for disse tre korreksjonene, beholdes, med mindre de ut fra kalibreringsmålingene påvises å være signifikant feilaktige. Eventuelle signifikante forskjeller fra de gamle korreksjonene påvises ved statistisk testing og slik at korrelasjon mellom beregnede verdier for korreksjonene ikke påvirker utfallet, for eksempel kombinatorisk F-test. Anvendt signifikansnivå skal være 95 %.

De som leier ut basisen, kan vanligvis ta seg av kalibreringsberegningen, ved utjevning av målingene med elektronisk regnemaskin. Utskrift fra beregningen sendes til eieren.

6 Dokumentasjon av kontroll og kalibrering

Det lages en beskrivelse av den/de enklere kontrollbasen(e) som er beskrevet i kapittel 4 (merking, beliggenhet, lengde(r), etc.), vedlagt dokumentasjon av hvordan avstanden(e) mellom punktene er bestemt.

For hvert instrument (avstandsmåler og reflektor) lages en kontrollprotokoll. Denne skal inneholde:

- arkivreferanse.
- instrumentets nr.
- attestasjon fra leverandøren om at levert instrument er kalibrert og når dette skjedde,

- bilagt data for instrumentets parametre (systematiske korreksjoner).
- dato for gjennomførte enklere kontroller mot enklere kontrollbasis (se kapittel 4), observasjons- og resultatdata og hvem som har utført kontrollene.
- dato for gjennomførte kalibreringer av instrumentet etter at det er tatt i bruk, med resultater av kalibreringene (se underkapittel 5.6).
- attestasjonssignatur for innføringen i protokollen.

Dokumentasjonene arkiveres i henhold til eierens arkivsystem og -rutiner.

7 Konsekvenser av kalibreringen

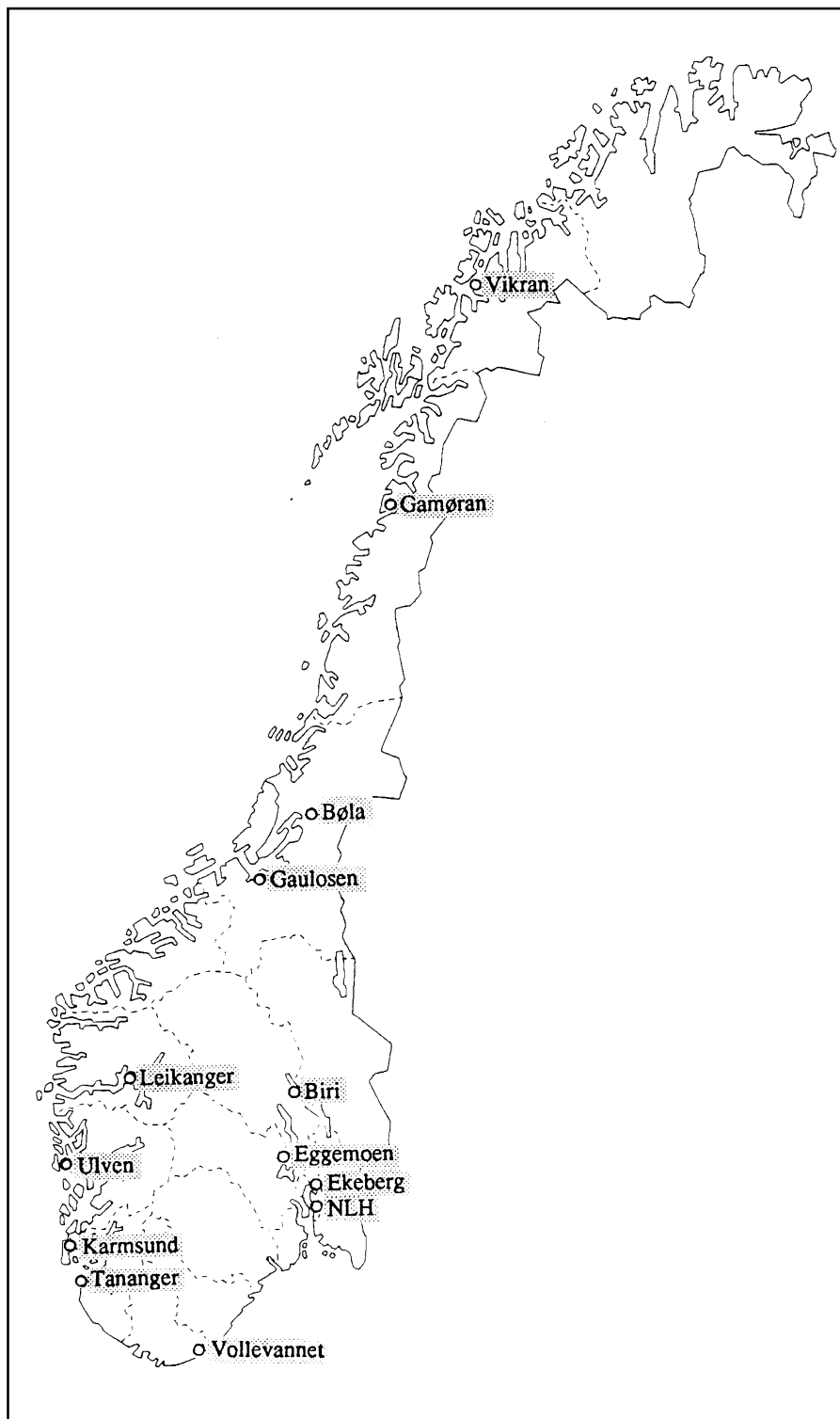
Av kalibreringsutskriften framgår standardavviket på en 1 km lang avstand målt med instrumentet. Dessuten angis hvilke systematiske instrumentkorreksjoner som er statistisk signifikante. Korreksjonene må påføres målingene, om man vil utnytte instrumentet best mulig. Nøyaktigheten, uttrykt ved standardavviket for en enkelt måling korrigert for instrumentfeil, kan være for dårlig for en aktuell måleoppgave. Da må man vurdere om instrumentet bør sendes til verkstedoverhaling og deretter kalibreres på nytt, eller om man må velge et bedre instrument.

Dersom standardavviket for en måling korrigert for instrumentfeil er godt nok for oppgavene hvor instrumentet skal brukes, vil instrumentkorreksjonene være tilstrekkelig godt bestemt. Men korreksjonene kan likevel være så store at det er mest praktisk å få justert instrumentet på verksted, for å unngå brysomme korreksjonsberegninger.

Forklaringen på eventuelt dårlig bestemte instrumentkorreksjoner kan f.eks. være ugunstig vær under kalibreringsmålingene, eller at basisen er dårlig egnet for bestemmelse av den sykliske feilen. For oppgaver med spesielt høye krav til målenøyaktigheten kan det bli aktuelt å finne andre metoder for kalibrering, f.eks. frekvensmåling og skinnemåling.

Tillegg A: Kartskisse over 13 utendørs kalibreringsbasiser i Norge

(godkjent av Statens kartverk)



Tillegg B: Tabell over 13 utendørs kalibreringsbasiser i Norge (godkjent av Statens kartverk)

| Navn | Type | Ant. pkt. | Punkt- betegnelser | Punktmarkering | Faste punkter | Bestemt (målt) | | | Beregnet av | Kontroll- målt | Drives av |
|-------------|----------------------------------|-----------|--------------------|---|--------------------|-------------------|---------|------------------------|------------------|----------------|--|
| | | | | | | når | av | med instrument | | | |
| Ekeberg | Linje (1130 m) | 6 | A,1-4,B | A,B: Betongsøyler på fjell m/Kern fundamentplater og Wild festeskruer. 1-4: Underjordiske bolter. | A, B | Aug. 1976 | NGO/NLH | Tellurometer MA 100 | NLH v/Langerak | 1979 2000 | Plan- og bygningsetaten, Oslo |
| Ulven | Linje (1066m) | 7 | A,1-5,B | A,B: Betongsøyler på fjell m/Wild festeskruer. 1-5: Hullbolter. | Alle | Mai 1979 | NGO | Tellurometer MA 100 | NGO v/Engen | 1985 | Statens kartverk Hordaland |
| Bøla | Linje (1050 m) | 7 | A,1-5,B | Betongsøyler på fjell m/Wild festeskruer. | Alle | Sept. 1980 | NGO/NLH | Kern Mekometer ME 3000 | NLH v/Formo | 1990 2001 | Statens kartverk Nord-Trøndelag |
| Biri | Linje (1510 m) + stråle (3069 m) | 8 | A,1-5,B,C | A,3,4,5.C: Betongsøyler på fjell m/Kern fundamentplater 1,2,B: Betongsøyler i løsmasse m/Kern fundamentplater. | A, 3, 4, 5, C | April 1981 | NGO | Kern Mekometer ME 3000 | NGO v/Engen | 1988 1998 | Hedmark og Oppland karttekniske forening |
| Tananger | Linje (855 m) | 7 | 1-7 | Betongsøyler på fjell m/Kern fundamentplater. | Alle | Aug. 1982 | NGO | Kern Mekometer ME 3000 | NGO v/Grimstveit | 1994 | Statens kartverk Rogaland |
| Gamøran | Linje (916 m) +nett (2935 m) | 7 | A,1-4,B,C | Betongsøyler på fjell m/Kern fundamentplater. | Alle | Nov. 1982 | NGO | Kern Mekometer ME 3000 | NGO v/Grimstveit | 1996 | Nordland karttekniske forening |
| Leikanger | Nett (2483 m) | 7 | 1-7 | Betongsøyler på fjell m/Kern fundamentplater. | Alle | Sept. - okt. 1983 | NGO | Kern Mekometer ME 3000 | NGO v/Grimstveit | 1987 1998 | Statens kartverk Sogn og Fjordane |
| Gaulosen | Linje (1609 m) | 6 | 1-6 | Betongsøyler med plate for Kern eller Wild. | Alle unntatt nr. 4 | Okt. 1983 | NGO/NTH | Kern Mekometer ME 3000 | NTH v/Torkildsen | 1990 1994 | Statens kartverk Sør-Trøndelag |
| Eggemoen | Linje (969m) | 7 | A1-A7 | Granittsøyler i morene med Kern fundamentplater. | Alle | Okt. 1984 | NGO | Kern Mekometer ME 3000 | NGO v/Grimstveit | | Statens kartverk, Geodesi |
| Vikran | Linje (992 m) + stråler (2992 m) | 8 | 1-8 | Betongsøyler på fjell med Kern fundamentplater. | Alle | Aug. 1986 | SK | Kern Mekometer ME 3000 | SK v/Grimstveit | 1996/97 | Troms karttekniske forening |
| NLH | Linje (1260 m) | 6 | 1-6 | Betongsøyler på fjell med plater med hull for Wild-skruer. | Alle | Okt. 1987 | SK | Kern Mekometer ME 3000 | SK v/Grimstveit | 2000 | NLH Institutt for kartfag |
| Vollevannet | Nett (1166 m) | 6 | 1-6 | Betongsøyler med Kern fundamentplater. | Alle (?) | Mai 1988 | SK | Kern Mekometer ME 3000 | SK v/Grimstveit | 2000 | Statens kartverk Vest-Agder |
| Karmsund | Nett (1901 m) | 6 | 1-6 | Betongsøyler med Wild skruer. | Alle | Mai 1990 | SK | Kern Mekometer ME 3000 | SK v/Grimstveit | 1994 | Karmøy kommune |

Skien oppmålingsvesen driver Ris basis, som har fem kjente avstander fra samme oppstillingspunkt og er godt egnet til enklere kontroll. Bestemt av NGO. Ellers i landet fins det flere innen- og utendørs basiser, bestemt av andre enn NGO/SK, som kan være praktiske til enklere kontroll.

Tillegg C: Noen data for en del elektro-optiske avstandsmålere

| Fabrikk | Modell | Bærebølge- lengde (m) | Halv modulert bølgelengde (m) | Normal- temperatur (C) | Normal- trykk (mm Hg) | Oppgitt presisjon a mm + b mm/km | |
|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| | | | | | | a | b |
| AGA | Geodimeter | | 5 | | | | |
| | 6A | | 5 | | | | |
| | 6B | | 5 | | | | |
| | 6BL | | 5 | | | | |
| | 8 | | 10 | | | | |
| | 10 | | 10 | | | | |
| | 12 | | 10 | 20 | 760 | | |
| | 12A | | 10 | | | | |
| | 14 | | 10 | | | | |
| | 14A | | 10 | 20 | 760 | | |
| | 100 | | 10 | | | | |
| | 112 | | 10 | | | | |
| | 114 | 0.88 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 115 | | 10 | | | | |
| | 120 | | 10 | | | | |
| | 140 | | 10 | | | | |
| | 142T | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 216 | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 220 | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 410 | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 420 | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 440 | 0.91 | 10 | 20 | 760 | | |
| | 600 | | 5 | | | | |
| | 700 | | 5 | | | | |
| 710 | | 5 | | | | | |
| 6000 | 0.89 | 10 | 20 | 760 | | | |
| JENOPTIK | Recota | 0.860 | 10 | 15 | 740 | | |
| | Reta 3A | 0.860 | 10 | 15 | 741 | 4 | 2 |
| | 20A | 0.860 | 10 | 15 | 741 | 4 | 2 |
| KERN (Leica Aarau) | DM102 | | 10 | | | | |
| | DM104 | 0.865 | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM150 | | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM500 | | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM501 | | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM502 | | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM504 | 0.865 | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM550 | 0.865 | 10 | 12 | 760 | | |
| | DM1000 | | 10 | | | | |
| DM2000 | | 10 | | | | | |
| NIKON | DTM-851/831/821 | 0.820 | 2 | 20 | 760 | 2 | 2 |
| | NPL-821 | 0.870 | (puls) | 20 | 760 | 3 | 3 |
| | DTM-551/531/521 | 0.820 | 2 | 20 | 760 | 2 | 2 |
| | DTM-350/330 | 0.820 | 7.5 | 20 | 760 | 3 | 2 |
| | NPL-350 | 0.870 | (puls) | 20 | 760 | 5 | 3 |
| | C-100 | 0.820 | 10 | 20 | 760 | 5 | 5 |
| SERCEL Se WILD | | | | | | | |

Omregningsfaktor fra mm Hg (=Torr) til hektopascal hPa (=millibar) : 1.33322

| Fabrikk | Modell | Bærebølge- lengde (m) | Halv modulert bølgelengde (m) | Normal- temperatur (C) | Normal- trykk (mm Hg) | Oppgitt presisjon | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----|
| | | | | | | a mm + b mm/km | a b |
| SOKKISHA | RED1A | | 10 | | | | |
| | SET 2 | 0.860 | 10 | 15 | 760 | 3 | 2 |
| | SET 3 | 0.860 | 10 | 15 | 760 | 5 | 3 |
| | SET 4 | 0.860 | 10 | 15 | 760 | 5 | 3 |
| | SDM 5A | | 10 | | | | |
| TRIMBLE | 5601 | 0.850 | | 20 | 760 | 2 | 2 |
| | 5602 | 0.850 | | 20 | 760 | 2 | 2 |
| | 5603 | 0.850 | | 20 | 760 | 2 | 2 |
| | 5605 | 0.850 | | 20 | 760 | 3 | 3 |
| | 5601DR200+ | | (puls) | | | 3 | 3 |
| | 5602DR200+ | | (puls) | | | 3 | 3 |
| | 5603DR200+ | | (puls) | | | 3 | 3 |
| | 5605DR200+ | | (puls) | | | 3 | 3 |
| WILD (Leica Heerbrugg) | DISTOMAT DI3 | | 20 | 12 | 760 | 5 | |
| | DI3S | | 20 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | D14 | 0.885 | 30.77 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | DI4L | 0.885 | 30.77 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | DI5 | 0.845? | 30.77 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | DI5S | 0.845 | 30.77 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | DI10 | 0.875 | 10 | 12 | 760 | 10 | |
| | DI20 | 0.835 | 30.33 | 12 | 760 | 3 | 1 |
| | DI1000 | 0.865 | 20 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | DI1001 | 0.850 | 3.0 | | | 5 | 5 |
| | DI1600 | 0.850 | 3.0 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | DI2000 | 0.850 | 10.10 | 12 | 760 | 1 | 1 |
| | DI2002 | 0.850 | 3.0 | 12 | 760 | 1 | 1 |
| | DI3000 | 0.865 | (puls) | 12 | 760 | 3-5 | 1 |
| | DI3000S | | | | | 3 | 1 |
| | DIOR3002 | 0.865 | (puls) | 12 | 760 | 5 | 1 |
| | DIOR3002S | | | | | 3-5 | 1 |
| | Tachymat | | | | | | |
| | TC1 | 0.885 | 30.77 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | TC1L | 0.850 | 30.77 | 12 | 760 | 5 | 5 |
| | TC500 | | | | | 5 | 5 |
| | TC1000 | | | | | | |
| | (1,4 1,5 2,2 5,2 5,4) | 0.850 | 10.10 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | (3,2 4,4 6,4) | 0.850 | 3.0 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | TC1010 | | | | | 3 | 2 |
| | TC1600 | | | | | | |
| | (1,4 1,5 2,2 5,2 5,4) | 0.850 | 10.10 | 12 | 760 | 3 | 2 |
| | (3,2 4,4 6,4) | 0.860 | 3.0 | 12 | 760 | 2 | 2 |
| | TC1610 | | | | | 2 | 2 |
| | TC2000 | 0.845 | 30.77 | 12 | 760 | 2 | 2 |
| | TC2002 | 0.850 | | | | 1 | 1 |
| | CI410 | | 10 | | | 5 | 5 |
| CI1450 | | 10 | | | 5 | 5 | |
| ZEISS | Eldi1 | | 10 | | | | |
| | 1* | | 10 | | | | |
| | 2 | | 10 | | | | |
| | 3 | | 10 | | | | |
| | 3* | | 10 | | | | |
| | | | | | | | |

| Fabrikk | Modell | Bærebølge- lengde (m) | Halv modulert bølgelengde (m) | Normal- temperatur (C) | Normal- trykk (mm Hg) | Oppgitt presisjon a mm + b mm/km | |
|---------|-------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| | | | | | | a | b |
| ZEISS | Eldi 4 | 0.860 | 10 | 20 | 708 | 5 | 3 |
| | 10 | 0.900 | (puls) | 20 | 704 | 5 | 2 |
| | Elta E | | | | | | |
| | 2 | 0.860 | 10 | 20 | 708 | 2 | 2 |
| | 2S | | 10 | | | | |
| | 3 | 0.860 | 10 | 20 | 708 | 3 | 3 |
| | 4 | 0.860 | 10 | 20 | 708 | 3 | 3 |
| | 6 | 0.860 | 10 | 20 | 708 | 5 | 3 |
| | 20 | | 10 | | | | |
| | Rec Elta 2 | | 10 | 20 | 708 | 2 | 2 |
| | Reg Elta 14 | | 10 | | | | |
| | SM4 | | 10 | | | | |
| | SM4* | | 10 | | | | |
| | SM11 | | | | | | |
| SM41* | | | | | | | |