

Lasern - den nya måttstocken

Noggrannheter och tillämpligheter av reflektorlösa längdmätningar vid anläggningsbyggen

Johan Larsson

EXAMENSARBETE

Lasern - den nya måttstocken

Noggrannheter och tillämpligheter av reflektorlösa längdmätningar vid anläggningsbyggen

Johan Larsson

Sammanfattning

Denna rapport tar upp totalstationernas förmåga att mäta utan ett samverkande prisma/mål vid mätpunkten.

Rapporten börjar med en beskrivning av ämnesvalet, samt genomgång av litteratur, mål och syfte med rapporten. Förutsättningar inför arbetet vad gäller lån av mätinstrument såsom totalstationer mm går igenom innan själva huvuddelen av rapporten tar vid.

Från sida sju och framåt i rapporten kan man först och främst läsa om varför avstånd över huvudtaget är intressanta att mäta upp, samt hur de traditionella längdmätningarna utförs i totalstationerna.

När läsaren nu har skapat sig en bra bild över mätningarna rent teoretiskt går till så tar rapporten upp hur man kan mäta på olika sätt ute på anläggningsbyggen, då rapporten även är en slags handbok till anläggningsmätningar.

Då kunskap om olika sätt att mäta på är uppnådda kan läsaren ta del av diverse utsättningstoleranser samt angivna noggrannhetskrav för diverse förekommande föremål vid anläggningsbyggen.

Som avslutning på rapporten kan man läsa om i vilka situationer man kan klassa reflektorlösa längdmätningar lika högt, eller högre än traditionella längdmätningar med samverkande prisma/mål.

Som bilagor till rapporten ligger samtliga mätdata samt en enkät som har använts vid en enkätundersökning till kommuner och företag som sysslar med mätning.

Utgivare:	Högskolan Trollhättan/Uddevalla, Institutionen för teknik, matematik och datavetenskap, Box 957, 461 29 Trollhättan Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99 Web: www.htu.se		
Examinator:	Universitetsadjunkt Gunnar Starke		
Handledare:	Ulf Ramsén, Skanska Sverige AB		
Huvudämne:	Mätteknik	Språk:	Svenska
Nivå:	Fördjupningsnivå 1	Poäng:	10
Rapportnr:	2005:LA05	Datum:	2005-11-22
Nyckelord:	mätteknik, anläggningsbyggen, geodesi, reflektorlös längdmätning, fasförskjutning, noggrannheter, utsättningsmetoder		

DEGREE PROJECT

Accuracy and applicability for direct-reflex measurement on building constructions

Johan Larsson

Summary

This report takes up the latest technology to revolutionize the surveying industry, the capacity to measure a distance without first place a prism at the target.

The report starts with a description why I chose the subject that I did, and how I found the information that I needed to make a decent report.

Then the report starts with the main subject, to describe how the measuring instrument measure length, in the traditional way and in the new reflectorless way.

When the reader has knowledge about how the length is measured, the report is concentrated on the different method to behave on a constructionsite when we talk about measurement.

In the annex to this report you can find all the data that I collected during this report. You can find a questionnaire in the annex as well. I sent the questionnaire to all rural districts, building contractor and local authority that deals with measurement.

Publisher:	University of Trollhättan/Uddevalla, Department of Technology, Mathematics and Computer Science, Box 957, S-461 29 Trollhättan, SWEDEN Phone: + 46 520 47 50 00 Fax: + 46 520 47 50 99 Web: www.htu.se		
Examiner:	Universitetsadjunkt Gunnar Starke		
Advisor:	Ulf Ramsén, Skanska Sverige AB		
Subject:	Measurement technique	Language:	Swedish
Level:	Advanced	Credits:	10 Swedish, 15 ECTS credits
Number:	2005:LA05	Date:	22 November 2005
Keywords	Measure technique, building construction, geodesy, reflector less measuring, phase shift, accuracy		

Förord

Denna rapport har varit möjlig då Skanska Sverige AB, och speciellt Ulf Ramsén, som varit min handledare, har varit vänlig att låna ut sin mätutrustning i form av totalstation och all därtill behövlig utrustning trots att de haft mycket att göra.

Gunnar Starke, min examinator, tackas för gott engagemang i examensarbetet.

Ett stort tack till Leica, Trimble men framför allt Topcon för god hjälp med att tillhandahålla information angående deras totalstationer.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Summary	ii
Förord.....	iii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund till val av ämne	2
1.2 Litteraturgenomgång	2
1.3 Problem.....	3
1.4 Syfte.....	3
2 Förutsättningar	4
2.1 Instrument	4
2.2 Arbetssituation	4
2.3 Detaljbeskrivning av fältmätningarna	5
2.4 Avgränsningar.....	6
3 Varför mäta avstånd?	7
3.1 Grunden till all utsättning, stationsetableringen.....	7
4 Hur skall avståndet mätas upp?.....	9
4.1 Traditionell längdmätning med samverkande prisma/mål	9
5 Tekniker, metoder mm för att mäta reflektorlöst	10
5.1 Två skilda metoder att mäta reflektorlöst	10
5.2 Jämförelse mellan metoderna	12
6 Direktreflexmätningarnas räckviddskapacitet.....	14
6.1 Träffytans betydelse	15
7 Lasersäkerhet	15
7.1 Klass 1-lasrar.....	15
7.2 Klass 2-lasrar.....	16
7.3 Klass 3R-lasrar	16
7.4 Sammanfattning av lasersäkerhet	17
8 Utsättningsmetoder vid anläggningsbyggen	17
8.1 Stationsetableringens betydelse och noggrannhet.....	17
8.2 Polära mätningar.....	18
8.3 Referenslinjeutsättning.....	19
9 Utsättningstoleranser.....	21
9.1 Avvikelser vid utsättningen	21
9.2 Kontroll av utsättningen	22
9.3 Utsättningsklasser enligt HMK dokumenten.....	23
9.4 Angivna byggplatstoleranser enligt AMA dokument	24
10 Situationer där reflektorlösa mätning kan klassas högre än, eller lika med traditionella mätningar	25
10.1 Grusgropsmätningar.....	25
10.2 Starktrafikerade vägar	25
10.3 Inmätning av lyktstolpar samt vägmärken.....	26
10.4 Inmätningar av svåråtkomliga punkter.....	26

10.5 Alla förekommande inmätningar utan alldeles särskilda noggrannhetskrav.....	26
11 Tillverkarnas angivna noggrannhetsuppgifter	26
11.1 Sammanfattning	26
12 Enkätundersökning.....	27
12.1 Bakgrund till enkäten.....	27
12.2 Sammanställning av enkäten.....	27
13 Bearbetning av mätdata.....	28
14 Resultat.....	28
14.1 Analys av resultat.....	29
15 Slutsatser	29
Källförteckning	30

Bilagor

- A Enkätundersökning till kommuner och företag
- B Presentation av mätdata
- C Tillverkarnas angivna noggrannhetsuppgifter
- D Medverkande kommuner
- E Medverkande företag

1 Inledning

Bortsett från programvaran som ständigt utvecklas i en totalstation, så är möjligheterna att mäta reflektorlöst utan ett samverkande prisma eller mål den senaste tekniken för totalstationer.

Mina erfarenheter från utsättningsarbeten är att denna funktion inte används i sin fulla kapacitet. Det är ingen som riktigt vågar lita på dess noggrannhet.

Då utvecklingen hela tiden skrider framåt och större delen av mätningarna ute i landets kommuner sker med hjälp av GPS så introducerar Leica sitt senaste mätverktyg, SmartStation [7]. Detta är en integrerad totalstation med GPS-antenn. Med detta instrument är det möjligt att kombinera GPS:ens oslagbara mätningsförmåga över stora öppna ytor med totalstationens oslagbarhet som åtkomst tätt inpå huskroppar, i skogen och i stadskärnorna där satelliternas signal inte når GPS-antennen.

Den sista meningen ovan är en sanning med modifikation. Att komma åt att mäta inne i en rät vinkel är inte alltid så lätt med det traditionella mätprismat. Här ser vi direkt en fördel med den nya reflektorlösa metoden.

Denna rapport är slutprodukten av mitt examensarbete vid Lantmäteriutbildningen på Högskolan i Trollhättan/Uddevalla kommer att ta upp totalstationernas förmåga att mäta direkt mot ytor utan något samverkande mål såsom prismor och reflextejp-par. Denna teknik kallas för direktreflexmätning, förkortas DR-mätning [3].

Rapporten kommer att beskriva vilka metoder och tekniker de olika fabrikaten använder sig av för att mäta reflektorlöst, samt vilka noggrannheter som uppnås under mätningar som utförs under skilda förhållanden mot diverse vanligt förekommande ytor vid anläggningsbyggen.

Med anläggningsbyggen anses här alla sorter av markarbeten, husbyggen, vägbyggen mm.

Rapporten kommer även att ta upp vad det är som utförs vid mätningar på ett anläggningsbygge.

Syftet med rapporten förutom det som anges i avsnitt 1.4 nedan är att alla, alltså även folk som inte är i mätningsbranschen skall förstå och kunna tillgodogöra sig informationen i rapporten på ett tillfredsställande sätt.

Vissa saker kommer därför te sig självklara för den som har kunskaper inom området, samtidigt som det är helt nytt men förhoppningsvis begripligt för den som är novis på området.

1.1 Bakgrund till val av ämne

Under mina två somrar som mätteknikerpraktikant på Skanska Sverige AB:s arbetsplatser mätte vi endas en gång utan något samverkande prisma. Detta var för att få reda på måttet mellan takstolar för montering av armatur.

Anledningen till att armaturen sattes ut med hjälp av totalstation var att vi befann oss på arbetsplatsen vid tillfället.

Jag visste redan innan det angivna tillfället att totalstationen vi använde oss av klarade av att mäta reflektorlöst, jag tyckte även att det var ”slöseri” med dyrbar utrustning att utföra ett mätuppdrag av detta slag med en så pass kraftfull totalstation då vanlig tumstock hade räckt gott.

Parallellt med utsättningen så pratade vi lite om noggrannheten med den reflektorlösa mätningen och fick inte riktigt någon klarhet i inom vilka intervall det rörde sig om.

Då mätning vid anläggningsbyggen är mitt intresse så vill jag få erfarenhet av denna typ av mätningar. Jag vill också skaffa mig goda kunskaper om när den nya tekniken med reflektorlös längdmätning går att använda sig av i stället för den traditionella metoden dock med bibehållen noggrannhet.

Valet av ämne tedde sig alltså ganska självklart.

1.2 Litteraturgenomgång

För att få uppslag och information, om hur målet som ställts för detta examensarbete skall nås, startades arbetet med att undersöka om något liknande hade gjorts tidigare. Efter att ha sökt i ämnesanknutna tidskrifter och annan litteratur kan det konstateras att informationen som finns tillgänglig är försäljningsbroschyrer om tillverkarnas mätinstrument.

För att utveckla det uppslag som framtagits för detta examensarbete behövdes information som gick djupare än informationsbroschyrerna från försäljarna. Information av detta slag fanns bland annat på tillverkarnas hemsidor samt övriga sidor på Internet och tryckt litteratur som källförteckningen visar. Denna information knöts på dessa platser dock inte till just totalstationer, men vid studier av just totalstationer och denna information upptäckts att likheterna är slående.

1.3 Problem

Med den nya tekniken som tillverkarna bygger in i de traditionella totalstationerna är det numera möjligt att mäta utan ett samverkande prisma eller mål, detta sker via en för ögat osynlig lasermättningspunkt. Via en enkätundersökning senare i rapporten framgår det att denna teknik bara används för att få vissa uppfattningar om avstånd samt mycket grova mätningar.

Man litar helt enkelt inte på den noggrannhet som tillverkarna anger i broschyrerna.

Problemställning:

Är det möjligt att utnyttja den reflektorlösa mätningen till noggrannare arbeten än den görs idag?

1.4 Syfte

Syfte och mål med examensarbetet är att kontrollera noggrannheten hos mätinstrument som klarar av att mäta reflektorlöst samt att ta reda på när denna metod är att föredra framför den traditionella metoden med prisma eller annat samverkande mål.

Mål:

Finna tillfällen inom anläggningsarbeten då reflektorlösa mätningar kan värderas högre än traditionella mätningar, med tanke på arbetstid och säkerhet mm.

Presentation:

Rapporten riktar sig inte enbart till branschfolk utan även noviser inom området skall på ett tillfredsställande sätt kunna tillgodogöra sig informationen i rapporten.

2 Förutsättningar

2.1 Instrument

Instrumentet som används mest i detta examensarbete tillhör min handledare på Skanska Sverige AB och är av märke Leica TCRA 1105 PLUS. Noggrannheter för detta instrument återfinns i tabell 4 i avsnitt 11.1 nedan.



Figur 1: Leica TCRA1105 PLUS samt miniprisma.

2.2 Arbetssituation

Mätdata kommer att samlas in under skilda förhållanden vad gäller väderlek och arbetsplats. Mätningarna kommer att gå till som kapitel 2.3 här nedan beskriver.

Vad gäller den teoretiska delen bakom arbetet kommer en kontroll av allt tillgängligt material ske för att gallra bort det som inte är av intresse för denna rapport.

Kontakter kommer även att tas med de tre stora tillverkarna av totalstationer på den svenska marknaden, Leica, Trimble och Topcon, för att få mera informationen inifrån företagen.

2.3 Detaljbeskrivning av fältmätningarna

Då insamlandet av mätdata har skett vid olika tillfällen så har de även varit olika förutsättningar vid varje tillfälle. Jag har dock vidtagit så många åtgärder som möjligt för att minimera dessa skillnader för att göra mätdatan så jämförbar som möjligt.

Till att börja med så har stativet samt övrig utrustning anpassats till rådande väderförhållande enligt principen 1 minuts anpassning per grad i temperaturskillnad innan själva mätningarna tagit fart.

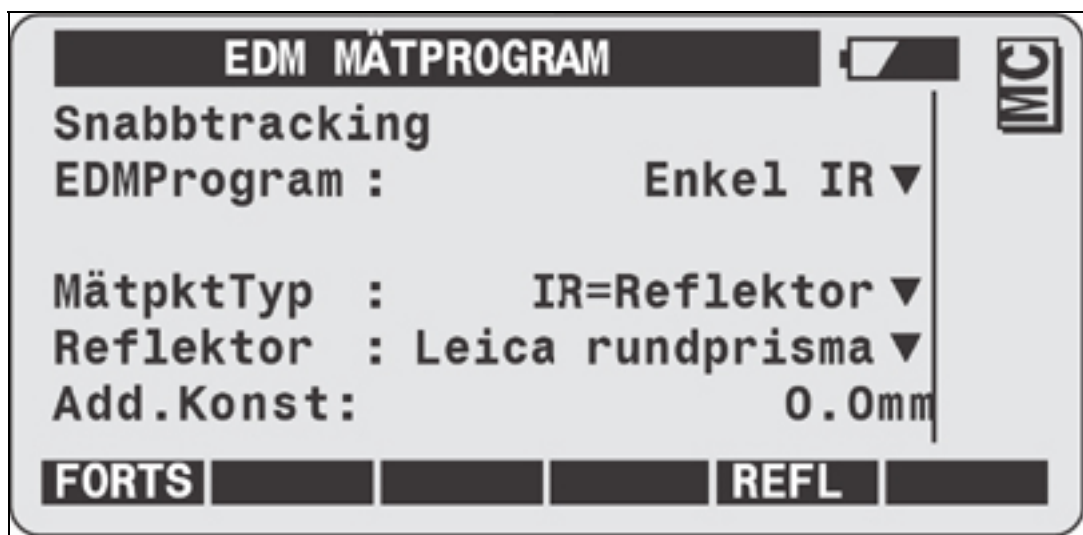
När stativ är uppställt samt totalstationen horisonterad har jag varje gång genomfört diverse kalibreringar enligt följande lista.

- Tvåaxliga kompensatorn, L/T
- Vertikalindexavvikelse
- Horisontalkollimation
- Kikaraxelavvikelse

När alla kalibreringar är utförda med tillfredsställande resultat har själva mätningarna tagit vid.

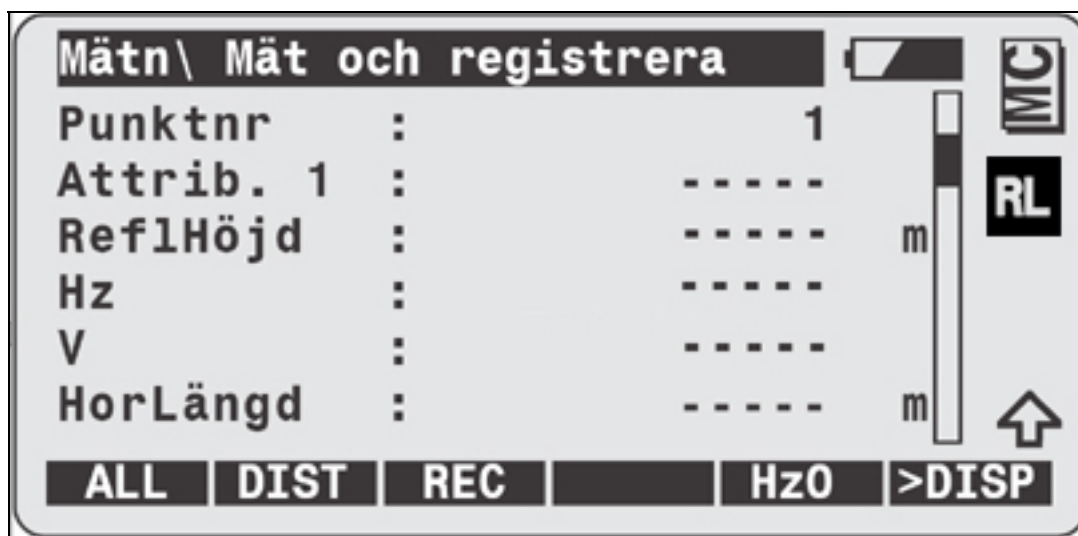
För att få ett värde på den sanna längden mellan totalstationen och mätytan har först 20 stycken traditionella längdmätningar ägt rum mot ett Leica miniprisma enligt figur 1 ovan.

Ett medelvärde på de 20 mätta längderna har beräknats och antagits vara det sanna värdet på avståndet mellan totalstation och mätyta.



Figur 2: Totalstationen inställd på att mäta längder på traditionellt vis med samverkande prisma, i detta fall Leica rundprisma.

Därefter har totalstationen ställts om för att mäta reflektorlöst.



Figur 3: Totalstationen är inställd på att mäta längder reflektorlöst.



Figur 4: Symbolen indikerar på att totalstationen mäter reflektorlöst.

2.4 Avgränsningar

Datainsamlingens avgränsningar hänförs till instrumentets förmåga att mäta reflektorlöst.

Vad gäller tillverkare så kommer tiden samt tillgång till utrustning att styra vilken utrustning som kommer att testas i denna rapport.

Själva teoridelen kommer att beröra allt från hur instrumenten fungera till varför man utför vissa mätningar och vad det är man vill uppnå med dessa mätningar ute i arbetslivet.

3 Varför mäta avstånd?

Dagens marknadsvärden på fastighetsmark gör att det är om möjligt ännu viktigare än förr, att nya anläggningar såsom hus mm kommer på dess karterade plats. Detta är dels beroende på fastighetsmarknaden men även på att marken är full av avloppsledningar, elledningar osv. som skall passera förbi den nya byggnaden eller anslutas till den samma.

För att uppnå dessa noggranna kvar på byggnadernas placering använder man sig i de flesta fall av en totalstation vid utsättningsarbetet.

De positioner man vill markera ut på marken gör man vanligtvis med hjälp av en stakkäpp samt en flukt där höjder skall markeras.

Vid grövre utsättning där noggrannheten inte är lika viktig så kan man även använda sig av GPS-utrustning. Den stora fördelen med denna typ av mätutrustning är att den går att använda sig av över stora öppna ytor så som flygfält mm. Den stora nackdelen med utrustning av detta slag är dock noggrannheten [9].

I fortsättningen kommer enbart utsättnings- och inmättningsarbete med totalstation att beskrivas.

3.1 Grunden till all utsättning, stationsetableringen

Själva grunden för att kunna sätta ut någonting över huvud taget med hjälp av en totalstation är att man först etablerar en station.

En station etablerar man på något av följande sätt:

- Fri station

Instrumentet placeras på en godtyckligt vald punkt på sitt stativ. Det finns för närvarande inte några kända koordinater för den punkt man befinner sig på.

För att få koordinater på punkten samt för att få reda på i vilken riktning norr är riktad man in och mäter avstånd till minst två punkter med kända koordinater, så kallade bakåtoobjekt eller referenspunkter.

Ur den insamlade mätdata beräknar sedan totalstationen punktens koordinater samt vinkelmätningen kommer i fortsättningen att stämma överens med verklighetens vinklar med 0 gon mot norr 100 gon mot öster osv. såtillvida man inte befinner sig i något lokalt system.

- Känd station

I denna situation så har punkten som totalstationen ställts upp och centrerats över kända koordinater, det enda som totalstationen här måste veta för att kunna fungera korrekt är den sanna horisontalvinkeln. Denna får man genom att rikta

mot minst en annan känd punkt. I och med att detta är gjort så kommer horisontalvinkeln att vara 0 gon då instrumentet står riktat rakt norr ut.

Ovan nämnda metoder för att etablera en station kan liknas vid följande situation.

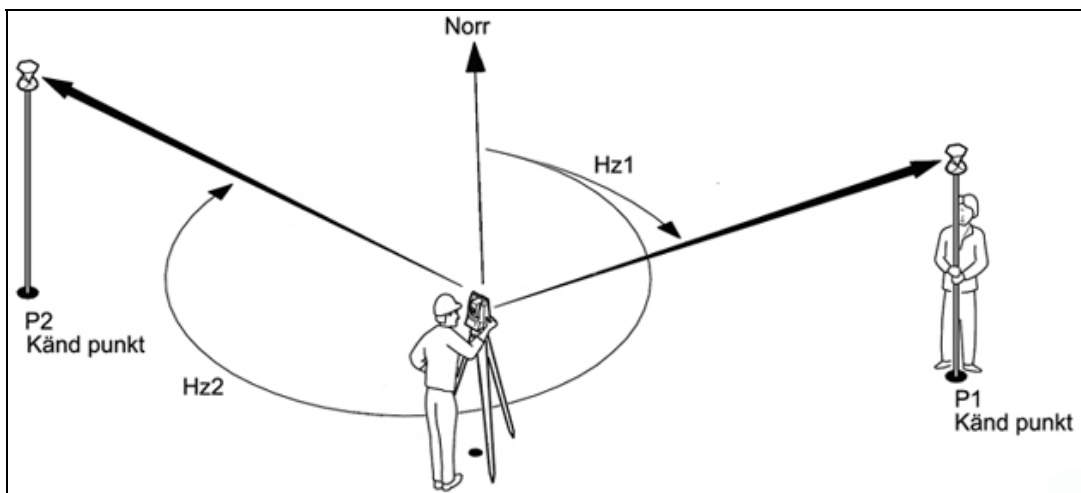
3.1.1 Liknelse

Du färdas i en bil och är belagd med ögonbindel. Vid resans slut bli du utplacerad och ombedd att peka ut åt vilket håll Uddevalla ligger. Detta går inte att göra då du inte har något att referera till.

Om en medpassagerare däremot ”vrider in dig” så att du först står vänd mot Vänersborg och sedan mot Trollhättan kan du nu enkelt och exakt peka ut åt vilket håll Uddevalla ligger.

Denna lilla liknelse är av karaktären fri station, det är nu relativt enkelt att föreställa sig hur känd station skulle se ut i ovan nämnda stil.

För att bringa ytterligare klarhet i hur stationsetablering går till finns följande figur.



Figur 5: Principskiss över en fri stationsetablering. Punkten under stationen har vid arbetets början inte några kända koordinater. Efter längdmätning mot P1 och P2 räknar totalstationen ut koordinatvärden för punkten rakt under den samt ställer in vinkeln så att 0 gon är rakt norr ut, så till vida man inte befinner sig i något lokalt system.

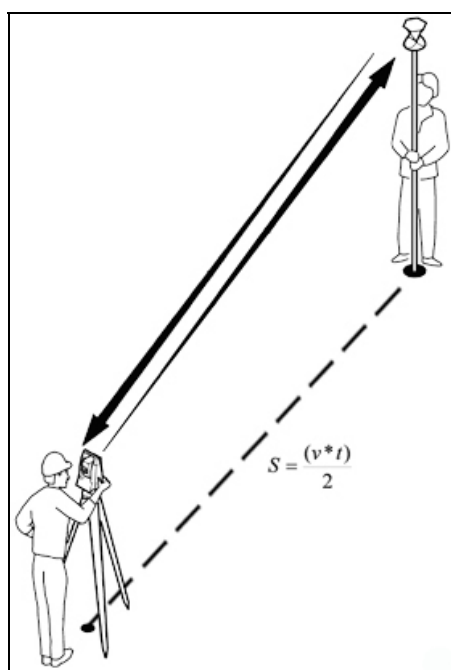
4 Hur skall avståndet mätas upp?

I detta kapitel skall rapporten reda ut hur avstånd mäts med hjälp av en totalstation, dels på det traditionella sättet men även reflektorlöst utan samverkande prisma eller mål.

4.1 Traditionell längdmätning med samverkande prisma/mål

Denna teknik är i grunden väldigt enkel. Mätinstrumentet sänder i väg upp emot 20 000 för ögat osynliga infraröda ljuspulser per sekund mot prismet eller reflextejpen, där reflekteras strålen tillbaka till mätinstrumentet och tas emot av instrumentet. Varje impuls ger upphov till en mätt längd.

Då enormt många mätimpulser sänds iväg under en kort tidsrymd, kan snabbt ett trovärdigt medelvärde på längden beräknas med den välkända formeln $s = v * t$. I formeln står s för sträckan fram och tillbaka mellan totalstation och prisma/mål, v står för ljusets hastighet genom mediet som är känt, t är tiden totalstationen registrerat för varje impuls färd från totalstation till mål och tillbaka till utgångspunkten [3] [4] [5].



Figur 6: princip för traditionell längdmätning. Varje ivägsänd mätimpuls ger upphov till en mätt längd. Därefter beräknas ett medelvärde på längden då 10 000-tals impulser sänds iväg.

5 Tekniker, metoder mm för att mäta reflektorlöst

Den senaste tekniken med mål att revolutionera mätningar med totalstationer är alltså reflektorlösa längdmätningar. Dessa kallas även direktreflexmätning, DR, eller elektrooptisk avståndsmätning, EDM, från engelskans electromagnetic distance measurment [3]. I fortsättningen kallas metoden att mäta reflektorlöst för just reflektorlösa längdmätningar eller prismalösa mätningar.

Med den nya tekniken, prismalösa mätningar, är det nu möjligt att med mycket hög noggrannhet mäta avstånd till punkter utan att först på punkten placera ett samverkande prisma eller reflextejp.

Detta är inte bara ett tidsbesparande moment, det innebär även en säkrare arbetssituation vid mätningar på och i anslutning till vägbanor, mer om detta senare i rapporten.

5.1 Två skilda metoder att mäta reflektorlöst

Reflektorlösa mätning uppnås idag av tillverkarna genom att använda sig av endera två EDM-teknologier: TOF-metoden med hjälp av en impulslaser eller fasförskjutningsmetoden [3] [4] [5].

I de följande kapitlen skall dessa två metoder redas ut.

5.1.1 TOF-metoden

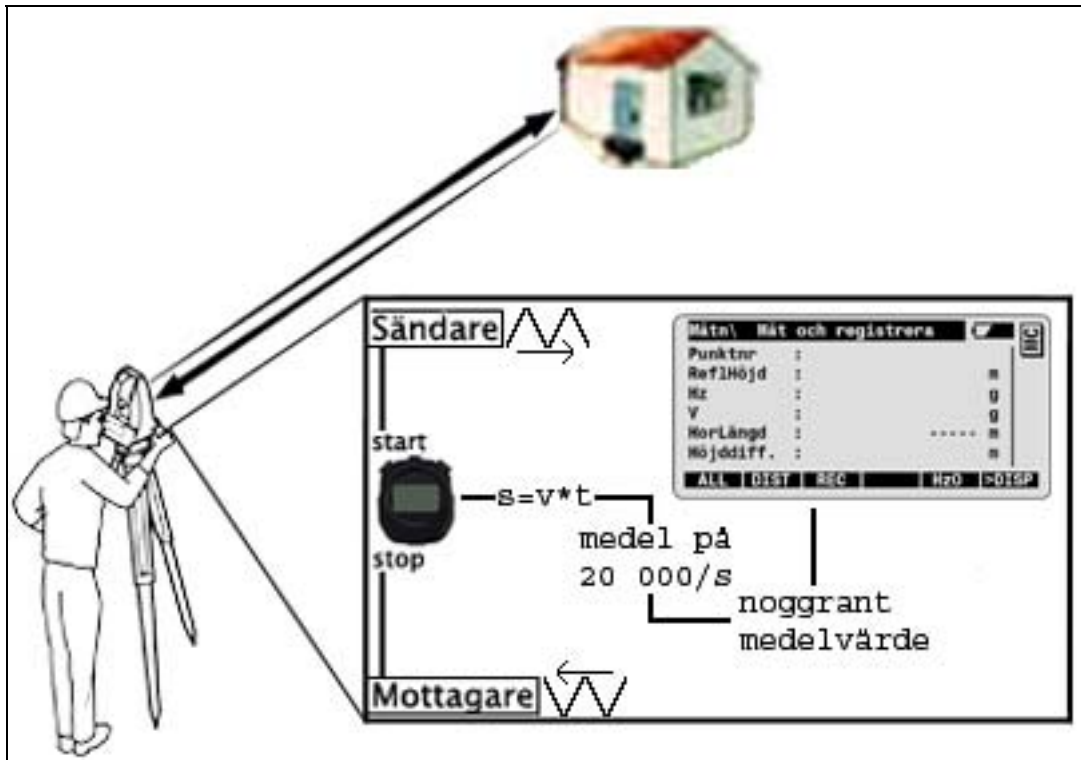
TOF-method står för Time Of Flight method, den svenska översättningen på denna metod har blivit färdtidsmetoden.

Färdtidsmetoden fungerar på följande sätt. EDM-funktionen i totalstationen genererar ett stort antal impulser av laserljus som via teleskop överförs till mätytan. Varje impuls träffar mätytan och reflekteras där av materialets naturliga reflexyta tillbaka till instrumentet där finelektronik mäter den tid det har tagit för varje impuls att träffa mätytan och reflekteras tillbaka till instrumentet [5].

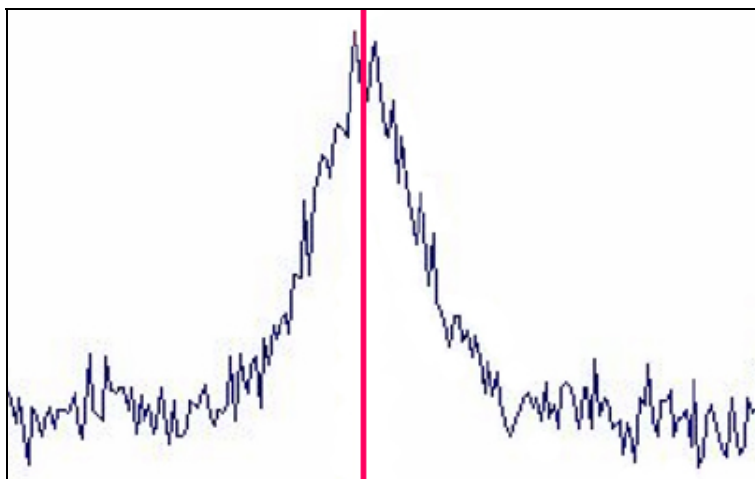
Då laserljusets hastighet genom luften, som mediet i regel består av, är känd med hög noggrannhet, kan färdtidsmetoden användas för att beräkna avståndet mellan instrument och mätyta med hjälp av den välkända formeln $s = \frac{v * t}{2}$.

Som tidigare nämnts så skickas ett stort antal impulser ut från totalstationen och var och en av dessa impulser ger upphov till en direkt avståndsmätning, d.v.s. om tusentals pulser skickas ut varje sekund under det att mätningen pågår kan ett tillfredsställande medelvärde erhållas relativt snabbt.

I stort sett alla instrument som mäter reflektorlöst skickar ut runt 20 000 impulser varje sekund, medelvärdet av detta framräknas och ger en noggrann avståndsmätning [5] [7].



Figur 7: principskiss över TOF-metoden. Då laserstrålens hastighet är känd, beräknas den mätta sträckan med hjälp av samma formel som vid traditionella mätningar med prisma, $s = \frac{v * t}{2}$. Då 20 000 impulser sänds ut per sekund beräknas ett noggrant medelvärde av dessa mätningar.



Figur 8: 20 000 impulser sänds iväg varje sekund mätningen pågår. Varje enskild impuls ger upphov till ett avstånd, medelvärdet blir snabbt pålitligt och noggrant.

5.1.2 Fasförskjutningsmetoden

Den andra metoden som finns tillgänglig för att mäta reflektorlöst är fasförskjutningsmetoden.

I en laser av den typ som finns i EDM-enheten i totalstationen håller alla vågor, som bygger upp ljuset i princip samma våglängd och amplitud.

När denna ljusstråle sänds iväg ifrån totalstationen är alltså all information om strålen känd. När strålen träffar mätytan reflekteras inte hela strålen tillbaka till samma punkt som den ursprungligen kom ifrån, den stråle som ändå tar sig tillbaka till totalstationen ligger inte i fas med den ursprungliga, en viss fasförskjutning föreligger. När denna fasförskjutning, eller cykeltvetydighet som Trimble kallar det, är löst kan avståndet till målet med hög noggrannhet beräknas [8] [5].

Tillverkaren Trimble har tre olika modeller av EDM-mätare. Två av dessa, DR200+ och DR300+, använder sig av TOF-metoden medan DR-standard använder sig av fasförskjutningsmetoden. I och med detta ger Trimble sina användare en möjlighet att själv välja vilken teknik de vill använda sig av [6]. För att se de angivna noggrannheterna för dessa modeller, se tabell 4 kapitel 5.5.2 här nedan.

5.2 Jämförelse mellan metoderna

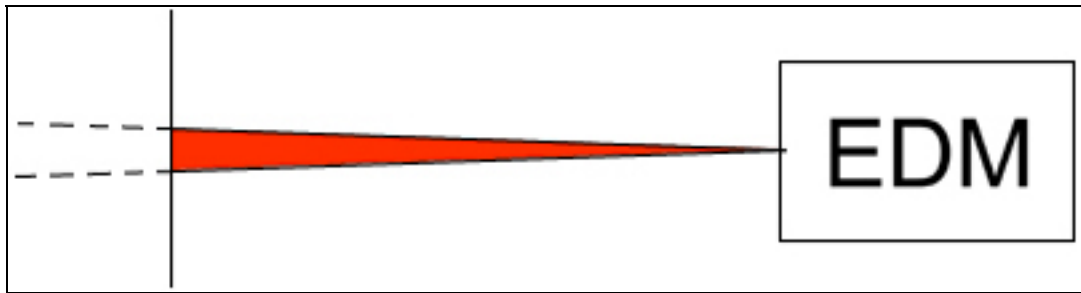
Sammanfattningsvis använder TOF-metoden ljusimpulser för att direkt på varje impuls som sänds iväg beräkna avståndet till målet, medan fasförskjutningsmetoden använder modulerade ljusimpulser för att mäta fasförskjutningen, denna ger avståndet när cykeltvetydigheten väl är löst.

Då impulserna som används vid TOF-metoden innehåller mera energi än de som används vid fasförskjutningsmetoden kan denna metod användas över större avstånd än fasförskjutningsmetoden [6].

TOF-metoden har alltid varit en aning mindre noggrann än fasförskjutningsmetoden. Dock finns en signalhanteringsmodell som inte kommer att beskrivas i denna rapport som gör dessa skillnader i noggrannhet högst obetydliga [2]. Se tabell 7 kapitel 11.2.

5.2.1 Stråldivergens

Ljusets fysiska egenskaper gör att det sprider ut sig, divergerar, som en funktion av avståndet till sändaren. Detta är sant för både TOF-metoden och fasförskjutningsmetoden, dock skiljer sig spridningarna från varandra och detta ger en skillnad i mätpunktens utseende.



Figur 9: Ljusets fysiska egenskaper gör att det sprider ut sig som en funktion av avståndet till dess källa, i detta fall, EDM-generatorn i totalstationen

Den ljusstråle som lämnar en EDM-enhet som mäter med TOF-metoden, alltså en impulslaser, har en något större diameter än den som lämnar en EDM-enhet som mäter fasförskjutning.

Då TOF-metoden kan mäta avstånd, två till tre gånger längre än fasförskjutningsmetoden innebär detta att storleken på mätpunkten vid TOF – metoden vid längre avstånd kan ha en diameter på upp till 4 -5 cm. Ovanstående påstående är ett resultat från fältmätningar till denna rapport som kan utläsas ur mätdata som presenteras i bilaga B.

En stor mätpunkt har både fördelar och nackdelar. Med en större mätpunkt är det lättare att komma åt att mäta mindre föremål vid långa sträckor [2].

En fördel med den mindre mätpunkten vid fasförskjutningsmätning upptäcks vid mätning mot skarpa hörn och takvinklar på nära håll, vilket förekommer vid byggnadsmätningar inomhus mm [5].

5.2.2 Avbrott i siktlinjen under mätningen

Under längdmätningen krävs givetvis fri sikt precis som vid traditionella längdmätningar mellan totalstationen och mätytan.

Eftersom TOF-metoden och fasförskjutningsmetoden arbetar på två helt skilda sätt vid mätningar av avstånd skiljer sig även toleransen för avbrott i den fria siktlinjen under mätningen. Exempel på denna typ av störning kan vara trafik på en väg eller buskage och grenar i naturen.

TOF-metodens teknik gör att denna metod är mindre känslig för signalavbrott [2].

Vill det sig riktigt illa vid fasförskjutningsmätningar kan det hända att totalstationen inte klarar av att lösa cykeltvetydigheten som föreligger. Instrumenten varnar då för att EDM-mätning inte är utförd och ny mätning måste utföras.

6 Direktreflexmätningarnas räckviddskapacitet

I detta kapitel skall det förklaras hur tillverkarna går till väga för att jämföra räckvidden på olika DR-mätare.

I praktiken så utförs kontrollmätningar mot ett flertal olika ytor och mål av olika beskaffenheter. Men för att få jämförbar data mellan olika tillverkare av DR-utrustning utförs mätningar mot en standardiserad yta. Till detta har valts ”Kodak Gråkort” och ”Kodak Vitkort”.



Figur 10: Kodak Gråkort, standardiserad mätyta vid kontrollmätningar av EDM-utrustning hos olika tillverkare.

Kortens storlek är normalt 101,6 * 127 mm eller 203,2 * 254,4 mm stora samt 3,17 mm tjocka [2]. Måtten är så exakt angivet då det som tidigare nämnts är standard för kontroller mm. Kortet är grått på ena sidan och vitt på den andra, ”Kodak Grå” respektive ”Kodak Vit”.

Den gråa sidan reflekterar exakt 18 % av det ljus som träffar den, och den vita sidan reflekterar exakt 90 % av det ljus som träffar den. Då den vita sidan reflekterar så pass mycket mer än den gråa sidan är det viktigt att jämföra mätningar som utförts mot samma sida med varandra [2].

Då mätningar ute i det vardagliga arbetet sällan sker mot ytor som är 90 % reflekterande så kan mätningarna mot Kodak Vitkortet ses som ett test av den maximala räckvidden för EDM-utrustningen vid ideala förhållanden som är sällan förekommande.

6.1 Träffytans betydelse

Som tidigare nämnts innehåller ljusimpulserna vid TOF-metoden mera energi än de som används vid fasförskjutningsmetoden. Följaktligen ger denna metod även längre räckvidd vid mätning mot våta ytor. Vid fältmätningar erhålls resultat på två till tre gånger längre mätsträckor med TOF-metoden än med fasförskjutningsmetoden mot våta ytor, speciellt vid sneda infallsvinklar [5].

Under insamlandet av mätdata så har mätningar gjorts mot ett flertal vanligt förekommande ytor vid anläggningsbyggen, såsom skiftande träfasader, stålprofiler, betong, tegel mm.

Då Leica 1105 PLUS totalstation mäter reflektorlöst med fasförskjutningsmetoden, ser man att noggrannheten är mycket god vid mätningar mot mörkare blanka stålprofiler, ljusare plåtfasad, ljus träfasad, svart blank stupränna vid mätningar vid relativt räta infallsvinklar, mer om detta senare i rapporten vid presentation av mätdata.

Sammanfattningsvis om träffytan kan man säga att den bästa noggrannheten erhålls vid mätningar mot torra ljusa blanka ytor som har så lika egenskaper som ett prisma eller en reflex som möjligt.

7 Lasersäkerhet

Trots att TOF - metoden har högre energinivå än vad fasförskjutningsmetoden har, klarar EDM-instrument med denna metod ändå av de högsta normerna för lasersäkerhet och klassificeras i enlighet med dessa [5].

Dessa krav klaras då laserpulserna, tillräckligt starka för att mäta över hundratals meter, har så kort varaktighet att någon större energi inte hinner lagras.

Den kontinuerliga laserstrålen som istället används vid fasförskjutningsmetoden kan, då den har längre varaktighet resultera i en farlig energilagring och därmed en skadlig laserstråle.

De tre laserklasserna som är relevanta för de flesta mätinstrument är Klass 1, Klass 2, och Klass 3R [11].

7.1 Klass 1-lasrar

Klass 1-lasrar är lasrar med ett osynligt ljus som uppfyller de högsta säkerhetsnormerna, nämligen att direkt exponering av huden eller blotta ögat på mätstrålen kommer sannolikt inte att orsaka skada [11].

Denna laser ger heller inte upphov till direkta faror om ett annat mätinstrument riktar in i källan till en klass 1-laserstråle.

IEC – standarden 60825-1 fastslår ”Lasrar som är säkra under skäligen förutsebara driftförhållanden, inkluderande användningen av optiska instrument för granskning innanför strålarna” [12].

7.2 Klass 2-lasrar

Klass 2-lasrarna sänder ut en synlig laserstråle som kan vara farlig för blotta ögat om man stirrar rakt in i strålen.

Användarna måste vara speciellt aktsamma för att undvika att titta direkt in i strålen med optiska instrument såsom kikare eller andra mätinstrument.

Klass 2-lasrar är normalt säkrare att handskas med på allmänna platser utan några speciella försiktighetsåtgärder, annat än att man inte stirrar direkt in i laserstrålen. Man behöver alltså inte varna andra med hjälp av varningsskyltar eller dylikt vid arbete med klass 2-lasrar.

7.3 Klass 3R-lasrar

Genom att energin till ljuskällan ökas är det möjligt att utöka räckvidden för ett fasförskjutnings EDM-instrument. Normalt är energin i denna typ av lasrar mindre än 1 mW, men kan alltså ökas till över 4 mW.

I och med denna ändring så ökar även hälso- och säkerhetsriskerna, laserklassen ändras då till Klass 3R [5].

Den internationella IEC – standarden 60825-1 skisserar ytterligare försiktighetsåtgärder som behövs för att handha klass 3R – laserutrustningar [12].

Nedan följer ett utdrag härur.

Säkerhetsföreskrifter för användare av Klass 3R lasrar

Klass 3R-laserprodukter som används för mätning, uppriktning och horisontering, bör endast kvalificerad personal utses att installera, justera och använda laserutrustningen. Områden inom vilka dessa lasrar kall användas bör anslås med en passande varningsskylt. Man bör visa aktsamhet för att undvika oavsiktlig strålningsreflektion. Endast Klass 1- eller Klass 2- laserprodukter bör användas för demonstrationer, visningar och utställningar. Utbildning: Endast personer som genomgått träning på lämplig nivå bör placeras för kontroll av sådant system. Utbildningen bör omfatta: bekantskap med systemdriften, rätt användning av riskkontrollprocedurer, laserns bieffekter på ögon och hud. Man bör vidta försiktighetsåtgärder så att människor inte tittar direkt in i laserstrålen.

Försiktighetsåtgärder bör också vidtas för att tillförsäkra att laserstrålen inte oavsiktligt riktas mot spegelliknande ytor. Hörbara eller synliga varningar krävs när lasern är påslagen. [12]

7.4 Sammanfattning av lasersäkerhet

Klass 3R-lasrar bör användas i sådana områden som gruvor och vissa byggmiljöer där omgivningen genom sitt ovetande inte riskerar att bli ”exponerade”, alltså inte i allmänna områden där inte enbart byggpersone som är medvetna om riskerna vistas.

Vid mätningar på dessa så kallade allmänna platser är alltså en laser av klass 1 eller 2 att föredra.

8 Utsättningsmetoder vid anläggningsbyggen

Utsättningar kan gå till på olika vis. Det är inte ovanligt att föremål inom samma område sätts ut på skilda sätt, efter skilda koordinatsystem.

Ett koordinatsystem kan vara knutet till det nationella koordinatsystemet som återfinns under de runda locken på marken med trekant på. Ett koordinatsystem kan även vara lokalt runt byggplatsen med ett eget origo samt riktningar som inte alls stämmer överens med den nationella norrriktningen.

Den polära mätningen som beskrivs i kapitel 8.2 nedan är den helt dominerande metoden vid mätningar med totalstation, det är även den mest ekonomiskt gynnsamma metoden då all programvara som krävs finns i totalstationen.

Under förutsättning att instrumentet är väl kontrollerat och att punkter av hög kvalitet används som referenspunkter, uppnår man med metoden de normala toleranskrav som förekommer vid byggande. Dessa toleranskrav tas upp senare i rapporten.

Mångårig insamlad erfarenhet visar att utsättningsavståndet bör begränsas till 100 meter. Man bör även vidtaga extra försiktighet vid utsättningar som utförs inom ett område av 30 meter från totalstationen då vinkelnoggrannheter och rörelser i prisma kan vara svårupptäcka på korta avstånd.

8.1 Stationsetableringens betydelse och noggrannhet

Beroende på hur stationsetableringen görs förekommer som tidigare i rapporten nämnda begreppen:

- känd station och
- fri station

En känd station innebär alltså att instrumentet ställs upp över en känd punkt i motsats till fri station där godtyckligt vald punkt väljs för stationsuppställning.

Den fria stationen bedöms vara ett noggrannare alternativ än en etablering över en känd punkt, då den förstnämnda metoden inte påverkas av någon onoggrannhet i centreringen och läget interpoleras från omkringliggande punkter mot vilka inmätningar görs.

8.2 Polära mätningar

Polära mätningar är vanligt förekommande vid anläggningsbyggen av skilda slag. Den polära mätningen innebär geometriskt sett en skärning mellan en rät linje och en cirkel. Den räta vinkeln är riktningen och radien på cirkeln är avståndet till punkten.

I skärningspunkten mellan linjen och cirkeln uppstår alltid en rät vinkel och detta är gynnsamt för alla mätningar.

Då man mäter polärt, finns vissa givna förutsättningar samt rekommendationer till kontroll av utrustning mm. Dessa kontroller och rekommendationer finns till för att förebygga vanliga kända felkällor. Dessa är:

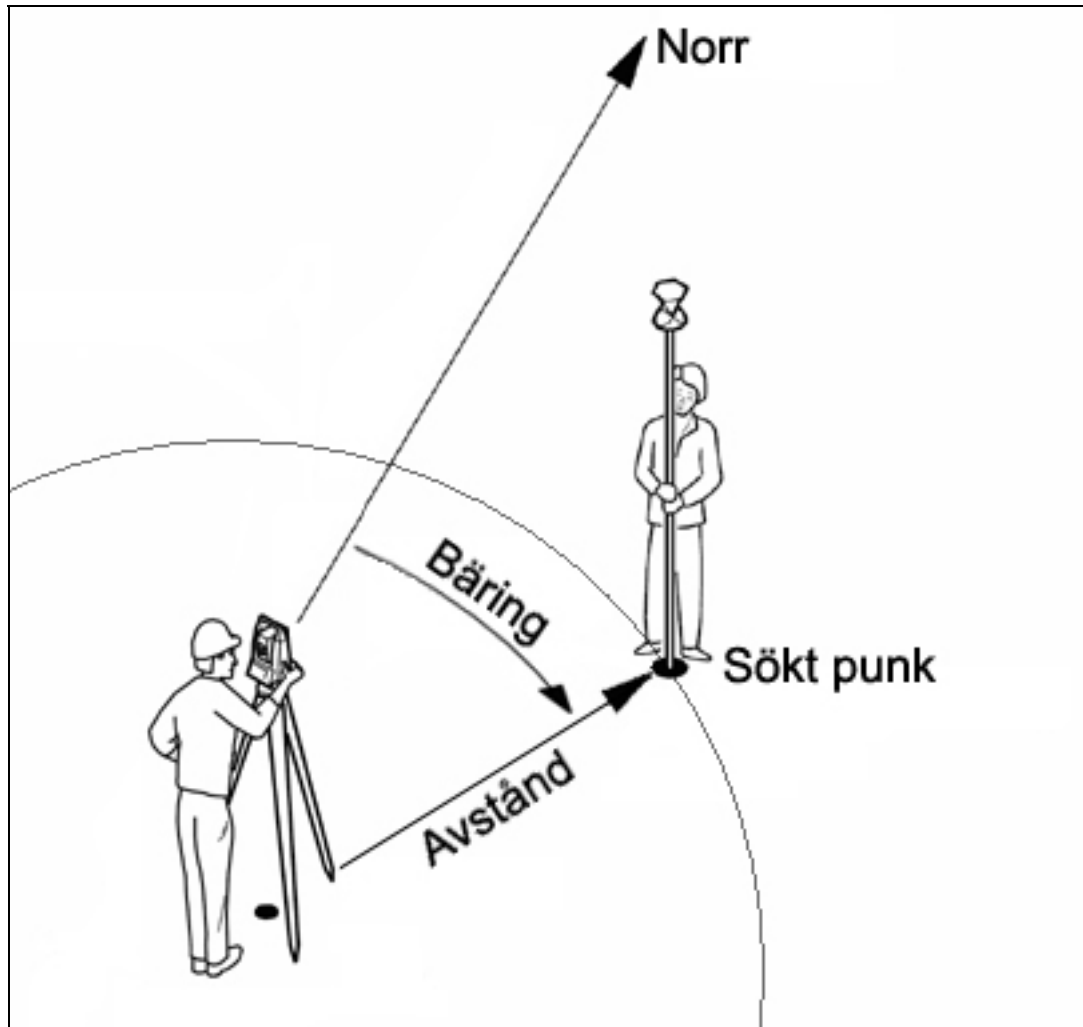
- kontroll av kollimationsfel i sida och höjd
- kontroll av optiska lodet på instrument samt libell på lodstav
- horisontering och centrering över känd punkt
- mätning av instrumenthöjd vid känd punkt

Ovan nämnda punkter rör instrumentet, utöver dessa som följer med genom hela mätningen finns följande som påverkar varje enskild mätning över punkter:

- mätning av signalhöjd
- noggrannhet vid inriktning mot prismet
- lodningen på prismet

Ovan uppräknade faktorer kan mer eller mindre ha inverkan på noggrannheterna i resultatet.

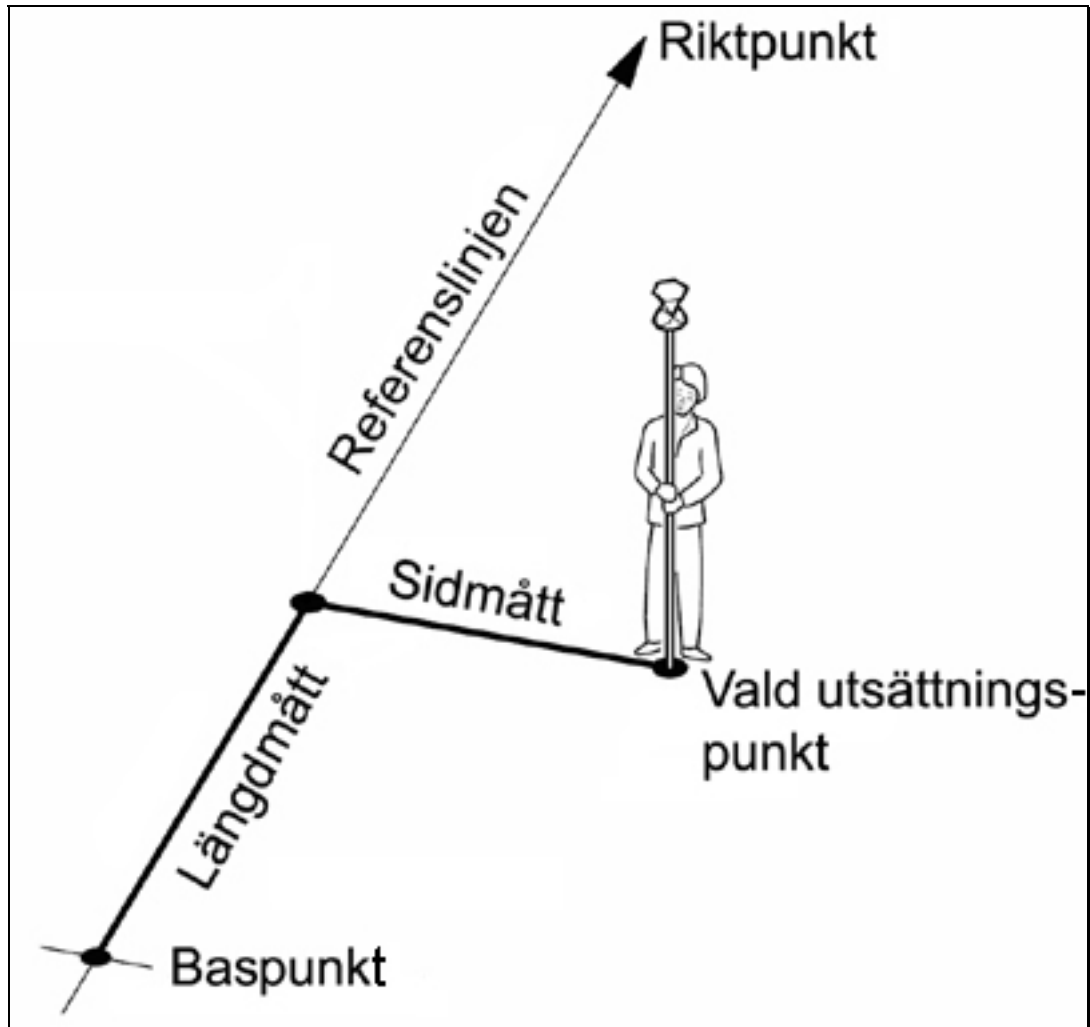
Genom att vid vissa inmätningssituationer mäta reflektorlöst skulle man kunna uppnå samma resultat men med större tidsvinst då den försämrade noggrannheten vid reflektorlösa längdmätningar i stort sett är densamma som det sammanlagda felet vid lodning av prismastång mm.



Figur 11: Polär utsättning. Den sökta punkten återfinns med hjälp av ett avstånd från stationspunkten samt en bäring från densamma.

8.3 Referenslinjeutsättning

En effektiv och lättarbetad variant på polär utsättning är en så kallad referenslinjeutsättning. Här definieras, i totalstationen eller i fältdatorn om man har en sådan kopplad till totalstationen, en linje med en baspunkt respektive riktpunkt. Genom att ange ett riktningsmått längs linjen och ett mått tvärs linjen erhålls polära mätdata för utsättning av vald punkt.



Figur 12: Utsättning med referenslinje är en bra metod för utsättningsarbete. Punkten kan enkelt justeras till ett annat valt sidomått för att vara kvar under arbetets gång.

Som framgår av figuren behöver inte totalstationen befinna sig längs referenslinjen. Detta innebär att referenslinjen enkelt kan bytas flera gånger utan att flytt av instrument behöver ske.

En stor fördel med referenslinjeutsättning är att då man befinner sig på rätt längdmått kan man utan att behöva ändra några inställningar välja att istället markera punkten på ett sidmått på till exempel 10 meter istället för 7 meter, detta för att markeringen inte skall förstöras under byggtiden. Det är även möjligt att direkt efter utsättningen mäta in samma punkt för att senare ta med i dokumentationen.

9 Utsättningstoleranser

Noggrannhetskrav på utsättningsarbetet i form av utsättningstoleranser, Tu, tar en andel i anspråk av den så kallade byggplatstoleransen.

Byggplatstoleransen avser toleranskraven på den färdiga konstruktionen och består dels av utsättningstoleransen men även av tillverkningstolerans på alla ingående delar samt toleranser vid monteringen av alla ingående delar. Se kapitel 7.2.

Den så kallade byggplatstoleransen anges bland annat i AMA-dokumenterna som hänvisar till standarden SS- ISO 4463-1, som är en standard som ställer krav på mätningen. Standarden tar upp olika steg vid utsättning av bland annat upprättande av ett primärnät samt utsättningen av en byggnads olika detaljer. Direkta värden ges på toleranser samt diverse riktlinjer för kontroller av att kraven inryms.

9.1 Avvikelser vid utsättningen

Vid allt utsättningsarbete förekommer diverse avvikelser som beror på:

- utgångspunkternas onoggrannhet och läge vid mätning
- stationsetableringen
- mätmetod
- mätutrustningens förmåga
- väder och vind
- markeringssätt
- det egna uppträdandet vid utsättningsarbetet

Alla dessa omständigheter skulle enskilt kunna vägas in med en skattning för att kunna påverka resultatet. Detta är dock inte praktiskt möjligt.

Grundläggande för utsättningsarbetets resultat är att utgångspunkterna håller förväntad kvalitet, mätutrustningen innehar rätt noggrannhetsspecifikationer och är kontrollerade för dessa, att utsättningen sker med rätt teknik och att markeringarna utförs anpassade till det fortsatta arbetet.

Det minst noggranna momentet vid utsättningar med totalstation äger rum vid prismat och dess lodstång, samt markeringen av punktens läge.

9.2 Kontroll av utsättningen

Alla utsättningar ska dock kontrolleras på något sätt. Antingen genom att efter utsättningen kontrollmäta på samma punkt, eller göra en visuell bedömning av punktens placering och dess noggrannhet. Självfallet är den mera tidskrävande kontrollmätningen att föredra.

Den tidigare nämnda utsättningstoleransen kan skattas enligt formeln:

$$T_u = \sqrt{k * T_b^2} \text{ där}$$

T_u = toleranskrav för utsättningen

k = konstant för val av säkerhetsnivå

T_b = byggplatstolerans

[13]

Det så kallade k -talet kan vid normala byggplatskrav sättas till 0,3 – 0,4, vid högre säkerhet kan det sänkas till 0,2 - 0,3.

Utsättningstoleransen utgör en gräns för det område inom vilket alla utsättningar måste hamna inom.

9.3 Utsättningsklasser enligt HMK-dokumenten

För att på ett enkelt sätt hantera utsättningskraven har dessa klassats in i fem grupper.

Dessa grupper presenteras i tabellen här nedan. Mätutrustning enligt tabell 1 hänvisas till tabell 2 under klassindelningen.

Klass för utsättningsnoggrannhet	Utsättningstolerans i plan (mm)	Mätmetod	Mätutrustning enligt tabell
1	3 – 6	I, II	I
2	6 – 10	I, II	I/II
3	10 – 15	I, II, III	II
4	15 – 25	I, II, III	III
5	25 – 40	I, II, III	III

Tabell 1: Tabell över diverse utsättningsklasser.

Mätmetod:

I = Polär utsättning

II = Utsättning med mätband från sekundärlinjer

III = Utsättning med GPS-utrustning

Instrumentklass	I	II	III	IV
Medelfel i riktning	0,3 mgon	0,6 mgon	1,0 mgon	Avser GPS RTK - mätning
Medelfel i längd	1 mm + 1 ppm	3 mm + 3 ppm	5 mm + 5ppm	
Medelfel i centring	1 mm	2 – 3 mm	3 mm	
Punktmedelfel				Ca 10 mm

Tabell 2: Tabell över mätutrustningars noggrannhet i plan

9.4 Angivna byggplatstoleranser enligt AMA-dokument

Sammanställning över byggplatstoleranser		
<i>Byggplatstoleranser Tb - avseende normala byggkrav</i>		
<i>Angivna toleranser avser ± värden från nominella mått</i>		
Komponent/Byggdel och produktionsresultat	Tb plan (mm)	Tb höjd (mm)
Schakt och grundläggning		
Jord- och bergschakt	60 - 100	50 - 70
Pålning	50 - 100	20
Sponter	50 - 70	30 - 50
Avjämning, markbädd	100	30
Grundkonstruktioner		
Grundplintar, grundmurar och grundplatta	20 - 30	20
Skruvgrupper	12	12
Ingjutningsgods/ursparingar	25	20
Bärande stomkonstruktioner		
Pelare, vägg, bjälklag mm	15 - 25	10
Gliformsgjuten betong	50	50
Vägbyggen		
Väglinje i plan (vägmitt)	20 - 50	enl Väg 94
Vägområde, röjning och vegetationsavtagning	300	-
Slänter, brytpunkter	100	100
Terrass	60	-
Diken	100	70
Bergarbeten, borrhning	100	50

Förstärkningslager	50	-
Bärlager	35	-
Slitlager	30	-
Ledningsbyggnad		
VA ledningar	20 - 40	15 - 20
Elledning i mark	50	30
Teleledning	50	20
Fjärrvärme	50	20
Markbyggnad		
Gata	20	15 - 20
Grönyta	20 - 50	15 - 50

Tabell 3: Tabell över angivna byggplatstoleranser.

10 Situationer där reflektorlösa mätning kan klassas högre än, eller lika med traditionella mätningar

10.1 Grusgropsmätningar

Då noggrannheten vid inmätningar av diverse föremål vid grusgropar samt liknande anläggningar, inte har så höga noggrannhetskrav på sig kan mätningar som sker reflektorlöst skattas lika högt då tidsvinsten med denna metod blir så pass mycket större jämfört med traditionella mätningar.

10.2 Starkt trafikerade vägar

Då arbetssituationen redan är riskabel för instrumentoperatören behöver riskerna inte ökas med att ett prisma måste ut i trafiken eller korsa trafiken. Här kan reflektorlösa mätningar klassas lika med traditionella mätningar, främst på grund av ökningen i arbetssäkerhet men även att tidsvinster förekommer.

10.3 Inmätning av lyktstolpar samt vägmärken

Då dessa föremål inte har något större noggrannhetskrav på sig kan inmätning med hjälp av reflektorlösa mätningar klassas högre än de traditionella mätningarna. Lyktstolparnas ytskikt gör att reflektorlösa mätningar är att föredra i dessa situationer såtillvida totalstationen mäter reflektorlöst samt objekten befinner sig inom EDM-generatorns räckviddsområde.

10.4 Inmätningar av svåråtkomliga punkter

Då det kan vara svårt och farligt att placera ett prisma vid till exempel taknocken på ett hus är de reflektorlösa mätningarna i dessa situationer klassade lika högt som med de traditionella mätningarna. Detta till följd av en säkrare arbetsmiljö samt att en betydelsefull tidsvinst görs. Inom detta underkapitlet hamnar även mätningar i innerhörn mm.

10.5 Alla förekommande inmätningar utan alldeles särskilda noggrannhetskrav

Den onoggrannhet som uppkommer då prismastång mm inte står i exakt lod kan jämföras med den knappa försämrade noggrannheten som förekommer vid reflektorlösa längdmätningar. Då det inte föreligger några extraordinära noggrannhetskrav på inmätningen kan man gott och väl använda sig av den reflektorlösa mätningen.

11 Tillverkarnas angivna noggrannhetsuppgifter

I bilaga C följer tre tabeller som behandlar diverse totalstationer som omfattar reflektorlösa längdmätningar. I tabellerna behandlas diverse kapaciteter vad gäller traditionella mätningar samt reflektorlösa mätningar.

11.1 Sammanfattning

Leica är den tillverkare på marknaden som har klart flest totalstationer som klarar av reflektorlösa längdmätningar. Detta ger kunden större möjligheter att undvika ett överdimensionerat mätinstrument. Leica är även den tillverkare som har flest olika klasser på sina instrument.

Som tabellerna i bilaga C visar, och som tillverkarna anger så har TOPCON samma mätavstånd på samtliga sina instrument när det gäller traditionell mätmetod och reflektorlösa mätningar. I och med detta så är även noggrannheten densamma.

Priserna på Topcon instrument varierar från 65 000 kr för GPT-3007N Lite, till 193 000 kr för modellen GPT-8201A [10].

Trimble har valt att satsa på tre olika klasser, standard, 200+ samt 300+. Som tabellen visar skiljer sig mätavståndet avsevärt åt mellan de olika klasserna.

12 Enkätundersökning

12.1 Bakgrund till enkäten

Enkäten skickades ut till landets kommuner samt till alla tänkbara företag som har att göra med geodetiska mätningar. Alla adresser till mottagare har sökts upp på Internet och kommer inte att presenteras i rapporten.

För att få en uppfattning om hur geodetiska mätningar går till och med vilken typ av utrustning som de utförs med ute i landet på byggplatser samt i kommunens vardag skickades en enkätundersökning ut. Enkäten är medtagen i rapporten, se bilaga A.

12.2 Sammanställning av enkäten

12.2.1 Kommunkontor

Kommunenkenkäten gick ut till landets 290 kommuner och besvarades av knappt 100, dock ca 40 stycken utan intresse för rapporten. En första tanke över detta låga tal, då enkäten var enkel att fylla i, är att det inte finns så många mätinstrument i kommunal besittning som klarar av att mäta reflektorlöst. Vid en analys av de besvarade enkäterna ser man där att drygt hälften av de tillfrågade uppger att de har minst ett mätinstrument som mäter reflektorlöst. Fördelningen över landet av dessa instrument verkar vara jämn, d v s den används lika flitigt i norr som i söder.

12.2.1.1 Fabrikat

Vad gäller fabrikat så har Leica lyckats att locka flest kommuner till ett köp, drygt 55 % av landets kommuner har köpt dessa produkter av olika modeller.

Drygt 30 % har Trimble/Geodimeterinstrument och resterande kommuner har Topcon samt övriga fabrikat.

12.2.1.2 Samband mellan arbetsuppgift och RL-instrument?

Då de flesta kommuner i grund och botten har samma arbetsuppgifter, och med anledning av enkätsvaren, kan man inte säga att mätinstrumentets förmåga att mäta reflektorlöst är speciellt avgörande vid inköpstillfället [7]. ”Råkar” instrumentet vara utrustat med RL-teknik så används det lite från och till som ett komplement, dock framhäver vissa kommuner att de har blivit positivt överraskade över förmågan hos instrumenten att mäta reflektorlöst.

Mycket av den inmätning som sker reflektorlöst är den typ av mätning som kan utföras med en enkel GPS-utrustning med meternoggrannhet, så som inmätning av elljusspårs belysning, träd, stolpar, staket mm.

13 Bearbetning av mätdata

Bearbetningen av mätdatan har skett fortlöpande under insamlandet. Då fältmätningarna har genomförts har samtliga data förts in i ett Excelark för att där bearbetas.

Bearbetningarna som har gjorts med mätdatan är att ett medelvärde har beräknats för de 10 mätningarna med ett prisma samt de 40 prismafria mätningarna.

Det sanna avståndet mellan totalstationen har antagits vara medelvärdet av de 10 längderna som mätts med ett samverkande prisma på ett traditionellt sätt.

Varians samt standardavvikelse har beräknats med hjälp av applikationer i Excel-programmet. Det kan här alltså inte förekomma några fel på grund av att formeln har matats in manuellt.

Slutligen har ett diagram konstruerats för samtliga mätningar. Detta främst för att på ett enklare sätt visualisera mätresultatet. I de diagram där det har varit möjligt så har ett rött streck lagts in där det sanna värdet ligger. Se Bilaga B för samtliga mätvärden samt diagram.

14 Resultat

All mätdata som är insamlad och som redovisas i bilagor till denna rapport visar prov på de reflektorlösa mätningarnas förmåga att mäta avstånden noggrant, enkelt och snabbare än de traditionella längdmätningarna med samverkande prisma/mål.

Något som är mycket viktigt ute på de svenska arbetsplatserna är arbetsförhållandena. I och med den nya tekniken att mäta reflektorlöst finns inte längre ett behov för mätpersonalen att klättra på stegar för att mäta svåråtkomliga punkter, korsa trafikerade vägar mm. Detta är en stor vinst då arbetsplatserna även utan dessa faror är farliga arbetsplatser.

Säkerheten kommer alltid i första hand men tidsvinster som förekommer då reflektorlösa längdmätningar används är även lönande för byggföretagen.

Tabellerna i Bilaga B visar att noggrannheten för reflektorlösa mätningar stämmer gott överens med de sanna värdena.

Ett medelvärde på alla 40 mätningar som har utförts på varje längd, visar att den uppmätta längden konstant ligger 0-5 millimeter längre än det sanna värdet. 5 millimeter uppmättes på någon enstaka mätning mot träfasad med "Leicagrön" färg

med 60 gons infallsvinkel. Detta kan ses som en ytterlighet då man bör undvika att mäta med sådan infallsvinkel mot en rät yta.

Tyngdpunkten ligger på + 2 millimeter högre än det sanna värdet och detta kan anses som försumbart då det med lätthet kan bli 2 millimeter fel då man manuellt loddar upp prisma samt har en någorlunda hög prismastång.

14.1 Analys av resultat

Ett fel i längden på 2-3 millimeter spelar i de flesta fall inte någon som helst roll.

Ett prisma som befinner sig på en prismastång på höjden 1,4 meter, och som inte hålls i lod utan i drygt 1 gons lutning ger bara det upphov till ett fel i längden på drygt 2 cm.

Om man innan man börjar arbeta med sin totalstation i fält utför ett test mot material som man vet med sig att man ofta mäter mot i arbetslivet kan man på ett enkelt sätt skaffa sig en uppfattning och ett förtroende för sin totalstations kapacitet att mäta reflektorlöst.

15 Slutsatser

Då en enkät sänts ut till landets samtliga kommuner samt byggföretag, har svaren visat att reflektorlösa längdmätningar inte används särskilt mycket.

Med de resultat som påvisas i Bilaga B i denna rapport, kan man dra slutsatsen att reflektorlösa längdmätningar i vissa situationer kan ge väl så goda resultat om man väger in den säkrare arbetsmiljön samt tidsvinsten. I övriga fall, där alldeles särskilda noggrannhetskrav inte föreligger, så kan reflektorlösa längdmätningar klassas likvärdigt med de traditionella längdmätningarna med samverkande prisma/mål, såtillvida man mäter mot ett bra mål. Med bra mål i detta avseende, menas ett mål som helst av allt skall likna ett prisma så mycket som möjligt, men även mätningar mot ljusa träfasader samt ljus betong ger gott resultat i de flesta fall.

Källförteckning

- 1 Karlsson, Tore (1997). *Mätningsteknik*. Borlänge: BriKå
- 2 Trimble (2005). *Produktblad "Trimble 5600"*. [Elektronisk].
Tillgänglig: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-91445/12412D-S_5600_DS_1104_lr.pdf> [2005-03-15]
- 3 Leica-Geosystems (2005). *Products – Total Stations (TPS) – Surveying & Engineering TPS*. [Elektronisk]
Tillgänglig: <http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/products/total_stations/lgs_4391.htm> [2005-03-03]
- 4 Topcon Scandinavia (2005). *Geodesi Laser GPS Maskinkontroll – Produkter – Geodetiska mätinstrument – Totalstationer*. [Elektronisk]
Tillgänglig: <<http://www.topconeurope.com/se/index.asp>> [2005-03-03]
- 5 Trimble (2005). *Trimble Home- Survey Home – Total Stations* [Elektronisk]
Tillgänglig: < <http://www.trimble.com/totalstations.shtml> > [2005-03-03]
- 6 Larsson, Johan (2005). *Enkätundersökning "Enkätundersökning till kommun och företag"*
- 7 ATS (2005) ATS Lasermätbolaget
Tillgänglig: <http://www.ats.se/la_dat.htm> [2005-04-23]
- 8 Hecht, Jeff (1985). *Laser: verktyg, vapen, konst*. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur
- 9 MätNiklas (2005). *Om mätinstrument*
Tillgänglig: <http://www.matniklas.se/om_matinstrument.htm> [2005-02-12]
- 10 Möten med personal på Topcon i Göteborg (2005)
Tillgängliga: info@topcon.se
- 11 Latronix AB (2005)
Tillgänglig: <http://www.latronix.se/ramar/ram_laserklasser_sve.htm> [2005-04-14]
- 12 Compliance Engineering (2005)
Tillgänglig: <<http://www.ce-mag.com/archive/02/Spring/lamothe.html>> [2005-04-14]
- 13 Mälardalens Högskola (2005) Praktisk Geodesi - Felteori
Tillgänglig: <http://www.mdh.se/ist/kurser/bygg/wb0670/p4_2002/OH/Felteori.pdf> [2005-04-14]

A Enkätundersökning till kommuner och företag

Reflektorlös längdmätning	Frågeformulär
Ex-jobb skrivet av Johan Larsson HTU Tfn: 070-2193308 E-post: johan.j.larsson@telia.com	

Detta formulär är en del i ett examensarbete utfört av Johan Larsson studerande till högskoleingenjör inom Lantmäteri vid högskolan i Trollhättan/Üddevalla.

Examensarbetet är en fördjupning inom reflektorlösa mätningar i huvudsak längdmätningar. Materialet kommer att användas för att se hur professionella mätare ser på och använder sig av reflektorlösa mätningar i arbetslivet.

Jag är mycket tacksam om Ni fyller i och returnerar formuläret i ett e-post till mig till adressen johan.j.larsson@telia.com.

Frågan rörande godkännandet om publikation i examensarbetsrapporten rör främst Ert namn och telefonnummer som källhänvisningar. De övriga frågorna rörande mätinstrument samt erfarenheter av reflektorlösa mätningar kommer att sammanställas och presenteras i rapporten.

När formuläret är ifyllt, sparas detta precis som ett vanligt Word dokument och bifogas som en fil i e-posten.

Gråa fält fylls i av mottagaren.

Namn	<input type="text"/>	E-post	<input type="text"/>
Arbetsplats	<input type="text"/>	Tfn:	<input type="text"/>
Befattning	<input type="text"/>		

Godkänner för publikation av namn i examensarbetsrapporten?

JA NEJ

Vad har Du för arbetsuppgifter?

Vad har Ni för fabrikat på mätinstrumenten?

Leica Trimble Topcon Annat:

Vilken modell är det på instrumentet?

Kan Ert instrument mäta reflektorlöst?

JA NEJ

Om nej, vad krävs för att investera i detta?

I vilka situationer använder Ni reflektorlös mätning?

Ser Du några ytterligare användningsområden där detta passar?

När tycker Du fördelarna väger tyngre än nackdelarna?

Övriga kommentarer rörande ämnet mm.

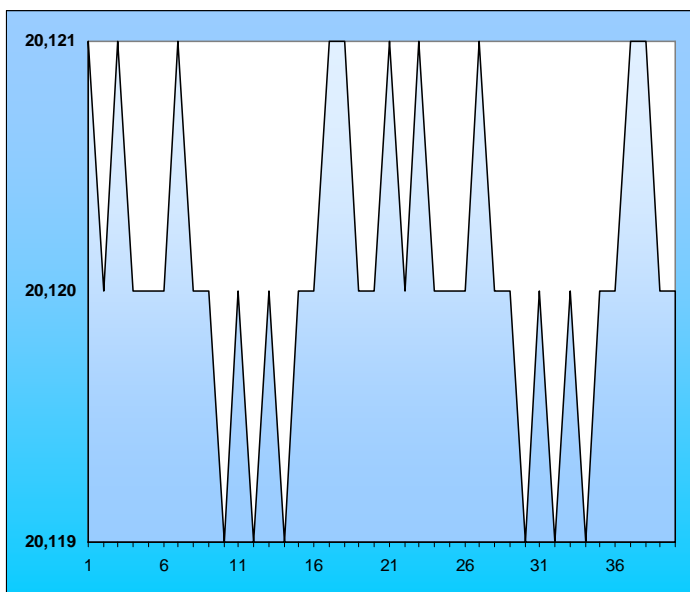
Formuläret är slut och jag tackar varmt för Ditt medverkande.
Med vänlig hälsning Johan Larsson

B Presentation av mätdata

Mätning 1

Datum	2005-04-07		Temperatur	5 - 6 grader			
Arbetsplats	Skanska		Mot material	Staket, mörk stålprofil			
Väder	Mulet regn						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	10 - 25						
1	20,119	6	20,119				
2	20,119	7	20,119				
3	20,119	8	20,119				
4	20,119	9	20,119				
5	20,119	10	20,119				
Medel (sant)	20,119						
Reflektorlöst							
1	20,121	11	20,120	21	20,121	31	20,120
2	20,120	12	20,119	22	20,120	32	20,119
3	20,121	13	20,120	23	20,121	33	20,120
4	20,120	14	20,119	24	20,120	34	20,119
5	20,120	15	20,120	25	20,120	35	20,120
6	20,120	16	20,120	26	20,120	36	20,120
7	20,121	17	20,121	27	20,121	37	20,121
8	20,120	18	20,121	28	20,120	38	20,121
9	20,120	19	20,120	29	20,120	39	20,120
10	20,119	20	20,120	30	20,119	40	20,120
Medel	20,120						
Infallsvinkel	0 gon						

Diagram mätning 1



Varians

0,0004 mm

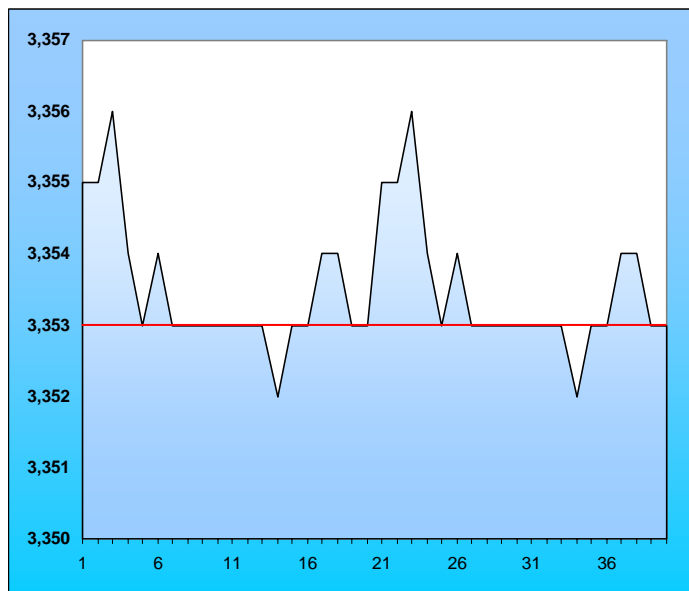
Standardavvikelse

0,6325 mm

Mätning 2

Datum	2005-04-07		Temperatur	5 - 6 grader			
Arbetsplats	Skanska		Mot material	Staket, ljus stålprofil			
Väder	Mulet regn						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	2 - 5						
1	3,353	6	3,353				
2	3,353	7	3,353				
3	3,353	8	3,353				
4	3,353	9	3,353				
5	3,352	10	3,353				
Medel (sant)	3,353						
Reflektorlöst							
1	3,355	11	3,353	21	3,355	31	3,353
2	3,355	12	3,353	22	3,355	32	3,353
3	3,356	13	3,353	23	3,356	33	3,353
4	3,354	14	3,352	24	3,354	34	3,352
5	3,353	15	3,353	25	3,353	35	3,353
6	3,354	16	3,353	26	3,354	36	3,353
7	3,353	17	3,354	27	3,353	37	3,354
8	3,353	18	3,354	28	3,353	38	3,354
9	3,353	19	3,353	29	3,353	39	3,353
10	3,353	20	3,353	30	3,353	40	3,353
Medel	3,354						
Infallsvinkel	15 gon		15 gon		15 gon		

Diagram mätning 2

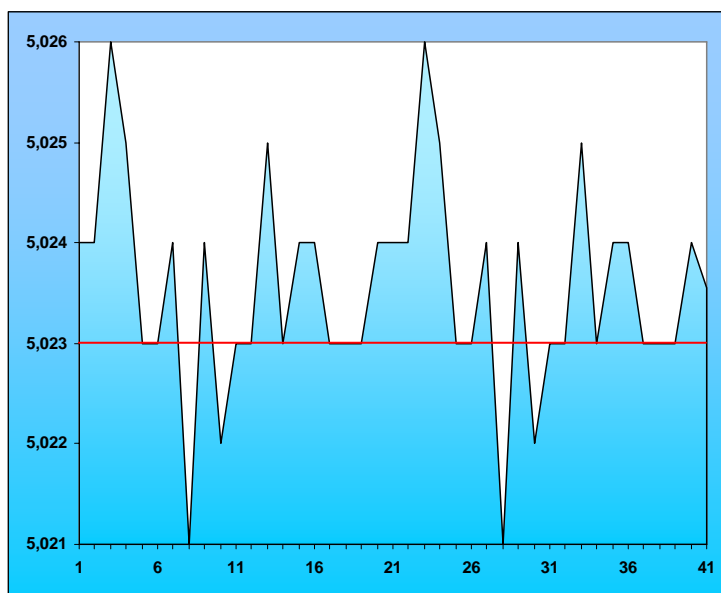


Varians
 0,0009 mm
 Standardavvikelse
 0,9337 mm

Mätning 3

Datum	2005-04-07		Temperatur	5 - 6 grader			
Arbetsplats	Skanska		Mot material	Fasad, gråvit plåt			
Väder	Mulet regn						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	5 - 10						
1	5,023	6	5,023				
2	5,023	7	5,023				
3	5,023	8	5,023				
4	5,023	9	5,023				
5	5,023	10	5,023				
Medel (sant)	5,023						
Reflektorlöst							
1	5,024	11	5,023	21	5,024	31	5,023
2	5,024	12	5,023	22	5,024	32	5,023
3	5,026	13	5,025	23	5,026	33	5,025
4	5,025	14	5,023	24	5,025	34	5,023
5	5,023	15	5,024	25	5,023	35	5,024
6	5,023	16	5,024	26	5,023	36	5,024
7	5,024	17	5,023	27	5,024	37	5,023
8	5,021	18	5,023	28	5,021	38	5,023
9	5,024	19	5,023	29	5,024	39	5,023
10	5,022	20	5,024	30	5,022	40	5,024
Medel	5,024						
Infallsvinkel	8 gon						

Diagram mätning 3

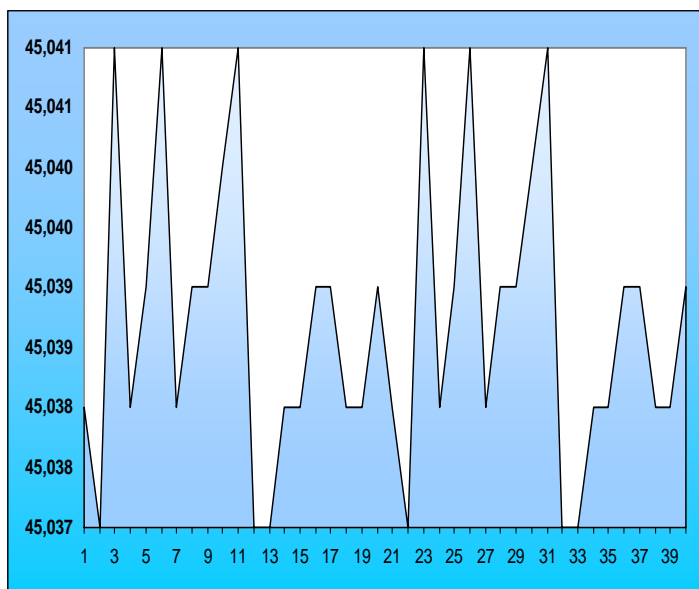


Varians
0,0012 mm
Standardavvikelse
1,0849 mm

Mätning 4

Datum	2005-04-07	Temperatur	5 - 6 grader					
Arbetsplats	Skanska	Mot material	Gul skylt					
Väder	Mulet regn							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter							
	25 - 50							
1	45,037	6	45,037					
2	45,037	7	45,037					
3	45,037	8	45,037					
4	45,037	9	45,037					
5	45,037	10	45,037					
Medel (sant)	45,037							
Reflektorlöst								
1	45,038	11	45,041	21	45,038	31	45,041	
2	45,037	12	45,037	22	45,037	32	45,037	
3	45,041	13	45,037	23	45,041	33	45,037	
4	45,038	14	45,038	24	45,038	34	45,038	
5	45,039	15	45,038	25	45,039	35	45,038	
6	45,041	16	45,039	26	45,041	36	45,039	
7	45,038	17	45,039	27	45,038	37	45,039	
8	45,039	18	45,038	28	45,039	38	45,038	
9	45,039	19	45,038	29	45,039	39	45,038	
10	45,040	20	45,039	30	45,040	40	45,039	
Medel	45,039							
Infallsvinkel	0 gon							

Diagram mätning 4

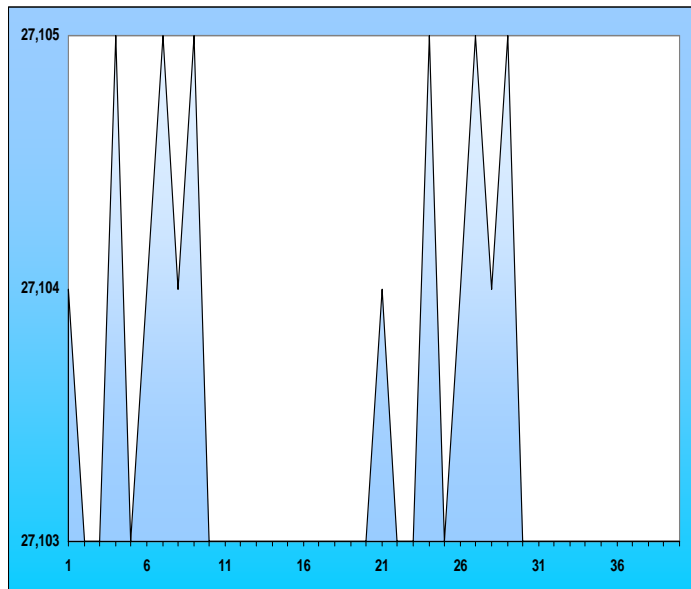


Varians
0,0015 mm
Standardavvikelse
1,2445 mm

Mätning 5

Datum	2005-04-18		Temperatur	13 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Gul träfasad			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	27,101	6	27,101				
2	27,101	7	27,101				
3	27,102	8	27,101				
4	27,101	9	27,101				
5	27,101	10	27,101				
Medel (sant)	27,101						
Reflektorlöst							
1	27,104	11	27,103	21	27,104	31	27,103
2	27,103	12	27,103	22	27,103	32	27,103
3	27,103	13	27,103	23	27,103	33	27,103
4	27,105	14	27,103	24	27,105	34	27,103
5	27,103	15	27,103	25	27,103	35	27,103
6	27,104	16	27,103	26	27,104	36	27,103
7	27,105	17	27,103	27	27,105	37	27,103
8	27,104	18	27,103	28	27,104	38	27,103
9	27,105	19	27,103	29	27,105	39	27,103
10	27,103	20	27,103	30	27,103	40	27,103
Medel	27,103						
Infallsvinkel	0 gon						

Diagram mätning 5

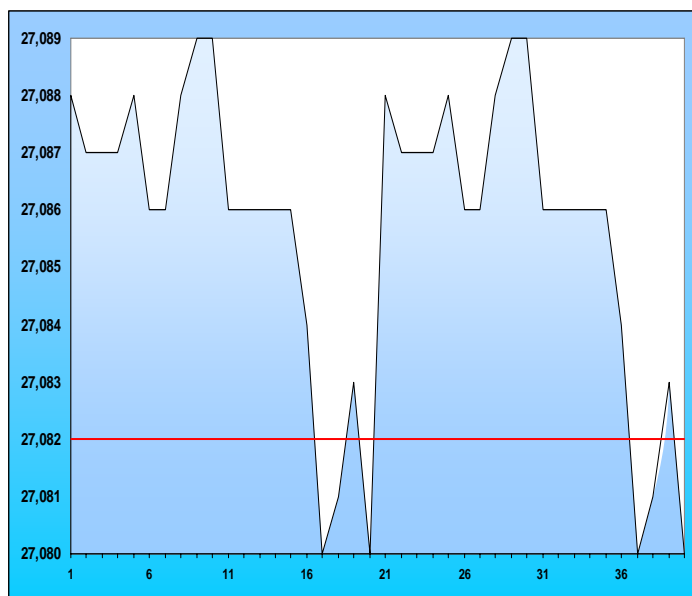


Varians
0,0006 mm
Standardavvikelse
0,7494 mm

Mätning 6

Datum	2005-04-18		Temperatur	14 grader				
Arbetsplats	Sol		Mot material	Brun träfasad				
Väder	Sol							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter							
	25 - 50							
1	27,082	6	27,082					
2	27,082	7	27,082					
3	27,083	8	27,082					
4	27,082	9	27,082					
5	27,082	10	27,082					
Medel (sant)	27,082							
Reflektorlöst								
1	27,088	11	27,086	21	27,088	31	27,086	
2	27,087	12	27,086	22	27,087	32	27,086	
3	27,087	13	27,086	23	27,087	33	27,086	
4	27,087	14	27,086	24	27,087	34	27,086	
5	27,088	15	27,086	25	27,088	35	27,086	
6	27,086	16	27,084	26	27,086	36	27,084	
7	27,086	17	27,080	27	27,086	37	27,080	
8	27,088	18	27,081	28	27,088	38	27,081	
9	27,089	19	27,083	29	27,089	39	27,083	
10	27,089	20	27,080	30	27,089	40	27,080	
Medel	27,086							
Infallsvinkel	0 gon							

Diagram mätning 6



Varians

0,0072 mm

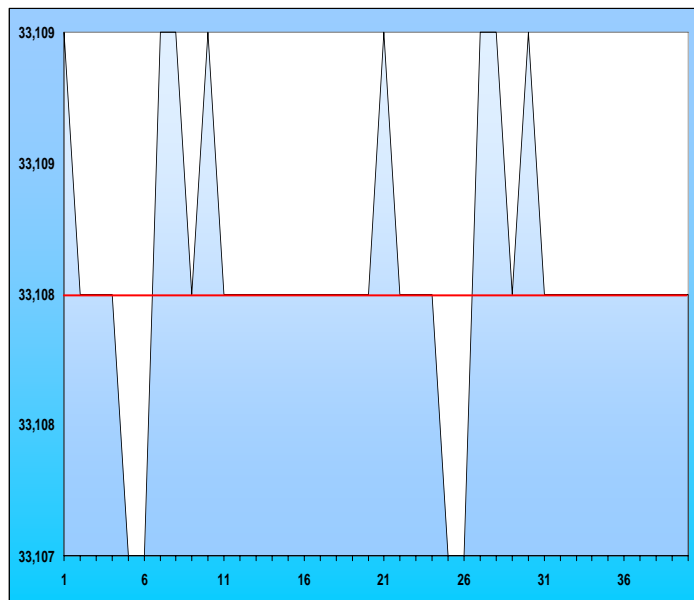
Standardavvikelse

0,2684 mm

Mätning 7

Datum	2005-04-18		Temperatur	14 grader			
Arbetsplats			Mot material	Gul spånskiva			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	33,108	6	33,108				
2	33,108	7	33,108				
3	33,108	8	33,108				
4	33,107	9	33,108				
5	33,107	10	33,108				
Medel (sant)	33,108						
Reflektorlöst							
1	33,109	11	33,108	21	33,109	31	33,108
2	33,108	12	33,108	22	33,108	32	33,108
3	33,108	13	33,108	23	33,108	33	33,108
4	33,108	14	33,108	24	33,108	34	33,108
5	33,107	15	33,108	25	33,107	35	33,108
6	33,107	16	33,108	26	33,107	36	33,108
7	33,109	17	33,108	27	33,109	37	33,108
8	33,109	18	33,108	28	33,109	38	33,108
9	33,108	19	33,108	29	33,108	39	33,108
10	33,109	20	33,108	30	33,109	40	33,108
Medel	33,108						
Infallsvinkel	< 10 gon						

Diagram mätning 7

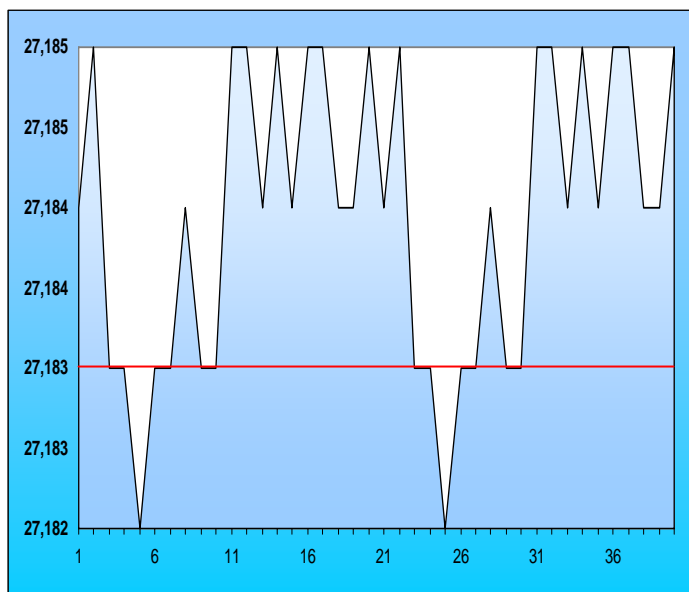


Varians
0,0003 mm
Standardavvikelse
0,5454 mm

Mätning 8

Datum	2005-04-18		Temperatur	15 grader				
Arbetsplats	Sol		Mot material	Brun plåt				
Väder	Sol							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter							
	25 - 50							
1	27,183	6	27,183					
2	27,183	7	27,183					
3	27,183	8	27,183					
4	27,183	9	27,183					
5	27,183	10	27,183					
Medel (sant)	27,183							
Reflektorlöst								
1	27,184	11	27,185	21	27,184	31	27,185	
2	27,185	12	27,185	22	27,185	32	27,185	
3	27,183	13	27,184	23	27,183	33	27,184	
4	27,183	14	27,185	24	27,183	34	27,185	
5	27,182	15	27,184	25	27,182	35	27,184	
6	27,183	16	27,185	26	27,183	36	27,185	
7	27,183	17	27,185	27	27,183	37	27,185	
8	27,184	18	27,184	28	27,184	38	27,184	
9	27,183	19	27,184	29	27,183	39	27,184	
10	27,183	20	27,185	30	27,183	40	27,185	
Medel	27,184							
Infallsvinkel	0 gon							

Diagram mätning 8

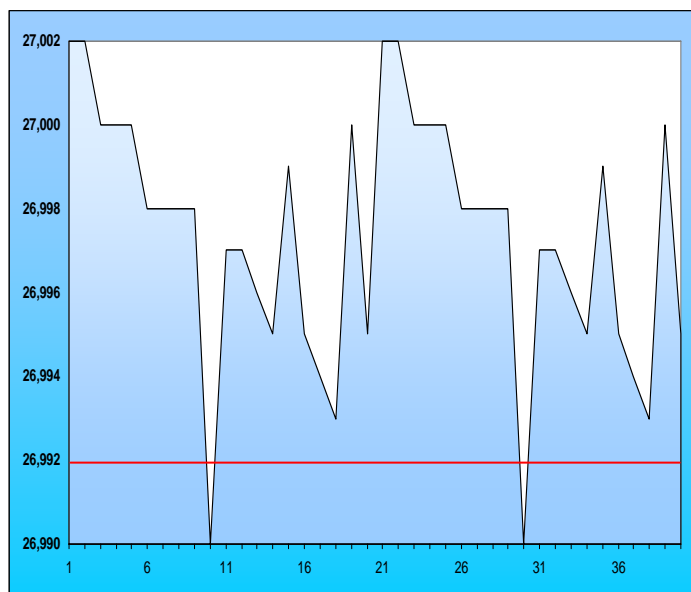


Varians
 0,0009 mm
 Standardavvikelse
 0,9323 mm

Mätning 9

Datum	2005-04-18		Temperatur	15 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Leica grön trä fasad			
Väder							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	26,992	6	26,992				
2	26,992	7	26,992				
3	26,992	8	26,992				
4	26,992	9	26,992				
5	26,992	10	26,992				
Medel (sant)	26,992						
Reflektorlöst							
1	27,002	11	26,997	21	27,002	31	26,997
2	27,002	12	26,997	22	27,002	32	26,997
3	27,000	13	26,996	23	27,000	33	26,996
4	27,000	14	26,995	24	27,000	34	26,995
5	27,000	15	26,999	25	27,000	35	26,999
6	26,998	16	26,995	26	26,998	36	26,995
7	26,998	17	26,994	27	26,998	37	26,994
8	26,998	18	26,993	28	26,998	38	26,993
9	26,998	19	27,000	29	26,998	39	27,000
10	26,990	20	26,995	30	26,990	40	26,995
Medel	26,997						
Infallsvinkel	ca 60 gon						

Diagram mätning 9



Varians

0,0092 mm

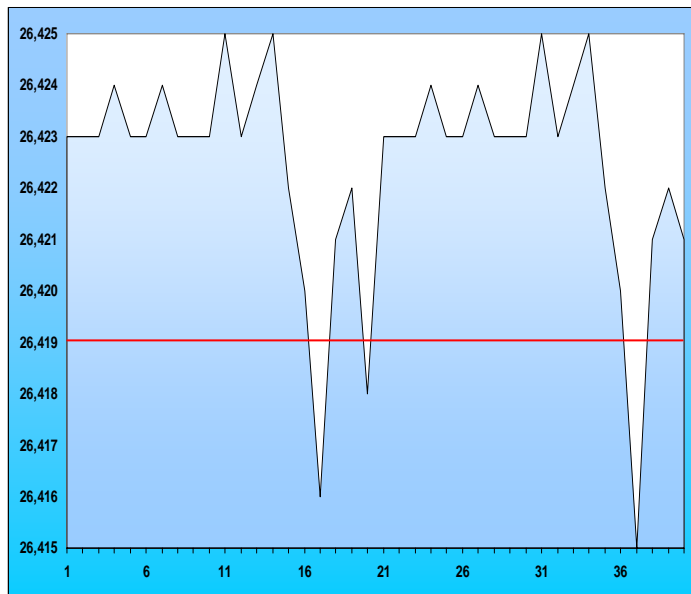
Standardavvikelse

3,30260 mm

Mätning 10

Datum	2005-04-18		Temperatur	15 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Benvit trä fasad			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	26,420	6	26,420				
2	26,419	7	26,419				
3	26,419	8	26,419				
4	26,419	9	26,419				
5	26,419	10	26,419				
Medel (sant)	26,419						
Reflektorlöst							
1	26,423	11	26,425	21	26,423	31	26,425
2	26,423	12	26,423	22	26,423	32	26,423
3	26,423	13	26,424	23	26,423	33	26,424
4	26,424	14	26,425	24	26,424	34	26,425
5	26,423	15	26,422	25	26,423	35	26,422
6	26,423	16	26,420	26	26,423	36	26,420
7	26,424	17	26,416	27	26,424	37	26,415
8	26,423	18	26,421	28	26,423	38	26,421
9	26,423	19	26,422	29	26,423	39	26,422
10	26,423	20	26,418	30	26,423	40	26,421
Medel	26,422						
Infallsvinkel	> 50 gon						

Diagram mätning 10

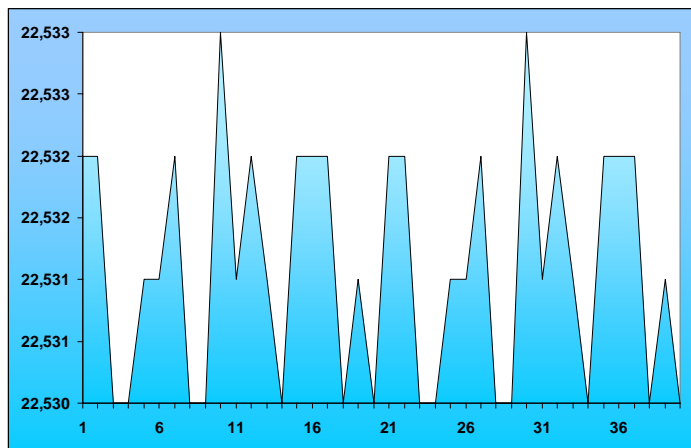


Varians
0,0047 mm
Standardavvikelse
2,1597 mm

Mätning 11

Datum	2005-04-18		Temperatur	15 grader				
Arbetsplats			Mot material	Svart stuprör				
Väder	Sol							
Med reflektor								
Alla avstånd är i meter								
25 - 50								
1	22,530	6	22,530					
2	22,530	7	22,530					
3	22,530	8	22,530					
4	22,530	9	22,530					
5	22,530	10	22,529					
Medel (sant)	22,530							
Reflektorlöst								
1	22,532	11	22,531	21	22,532	31	22,531	
2	22,532	12	22,532	22	22,532	32	22,532	
3	22,530	13	22,531	23	22,530	33	22,531	
4	22,530	14	22,530	24	22,530	34	22,530	
5	22,531	15	22,532	25	22,531	35	22,532	
6	22,531	16	22,532	26	22,531	36	22,532	
7	22,532	17	22,532	27	22,532	37	22,532	
8	22,530	18	22,530	28	22,530	38	22,530	
9	22,530	19	22,531	29	22,530	39	22,531	
10	22,533	20	22,530	30	22,533	40	22,530	
Medel	22,531							
Infallsvinkel	ca 0 gon							

Diagram mätning 11



Varians

0,0009 mm

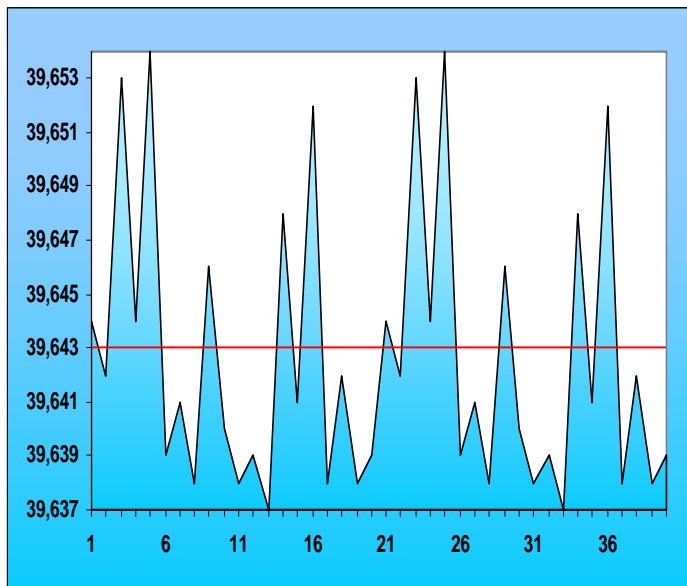
Standardavvikelse

0,9554 mm

Mätning 12

Datum	2005-04-18		Temperatur	15 grader			
Arbetsplats			Mot material	Leica grön träfasad			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	39,643	6	39,643				
2	39,643	7	39,643				
3	39,643	8	39,643				
4	39,643	9	39,643				
5	39,643	10	39,643				
Medel (sant)	39,643						
Reflektorlöst							
1	39,644	11	39,638	21	39,644	31	39,638
2	39,642	12	39,639	22	39,642	32	39,639
3	39,653	13	39,637	23	39,653	33	39,637
4	39,644	14	39,648	24	39,644	34	39,648
5	39,654	15	39,641	25	39,654	35	39,641
6	39,639	16	39,652	26	39,639	36	39,652
7	39,641	17	39,638	27	39,641	37	39,638
8	39,638	18	39,642	28	39,638	38	39,642
9	39,646	19	39,638	29	39,646	39	39,638
10	39,640	20	39,639	30	39,640	40	39,639
Medel	39,643						
Infallsvinkel ca 20 gon							

Diagram mätning 12



Varians

0,0276 mm

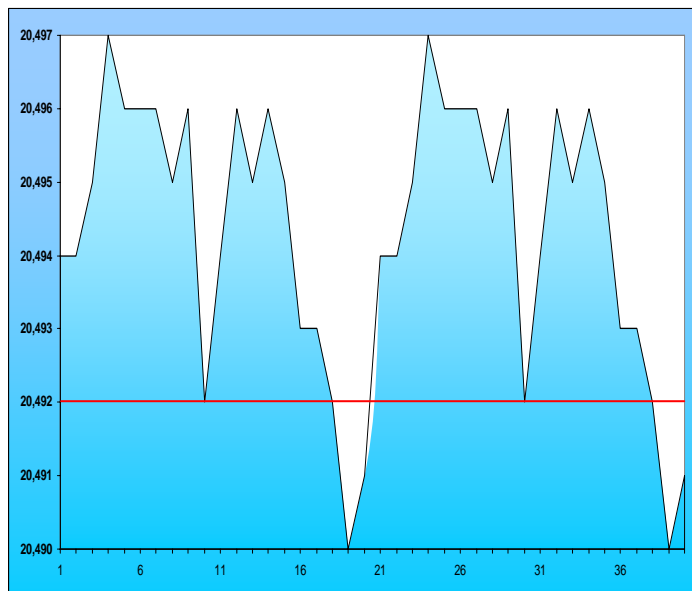
Standardavvikelse

5,2553 mm

Mätning 13

Datum	2005-04-18		Temperatur	16 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Falun rödfärg träfasad			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	10 - 25						
1	20,493	6	20,492				
2	20,492	7	20,492				
3	20,493	8	20,492				
4	20,493	9	20,493				
5	20,492	10	20,492				
Medel (sant)	20,492						
Reflektorlöst							
1	20,494	11	20,494	21	20,494	31	20,494
2	20,494	12	20,496	22	20,494	32	20,496
3	20,495	13	20,495	23	20,495	33	20,495
4	20,497	14	20,496	24	20,497	34	20,496
5	20,496	15	20,495	25	20,496	35	20,495
6	20,496	16	20,493	26	20,496	36	20,493
7	20,496	17	20,493	27	20,496	37	20,493
8	20,495	18	20,492	28	20,495	38	20,492
9	20,496	19	20,490	29	20,496	39	20,490
10	20,492	20	20,491	30	20,492	40	20,491
Medel	20,494						
Infallsvinkel	> 40 gon						

Diagram mätning 13

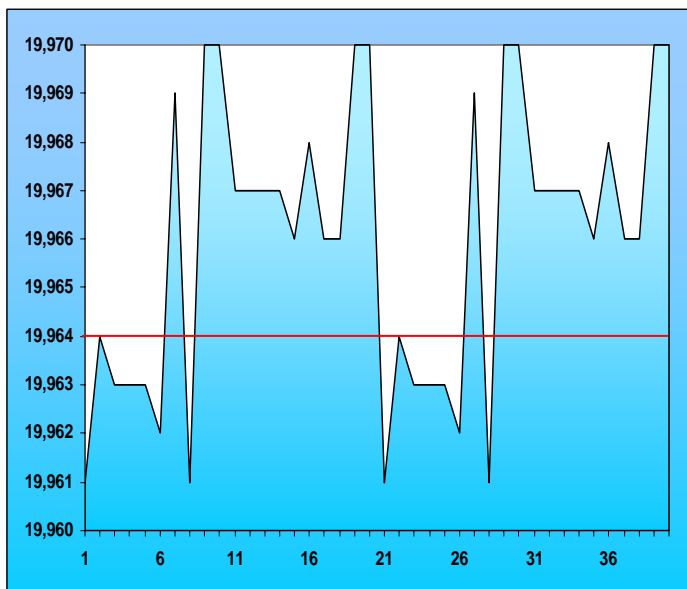


Varians
0,0036 mm
Standardavvikelse
1,8974 mm

Mätning 14

Datum	2005-04-18		Temperatur	16 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Ljus betong			
Väder							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	10 - 25						
1	19,964	6	19,964				
2	19,964	7	19,964				
3	19,964	8	19,964				
4	19,964	9	19,964				
5	19,964	10	19,964				
Medel (sant)	19,964						
Reflektorlöst							
1	19,961	11	19,967	21	19,961	31	19,967
2	19,964	12	19,967	22	19,964	32	19,967
3	19,963	13	19,967	23	19,963	33	19,967
4	19,963	14	19,967	24	19,963	34	19,967
5	19,963	15	19,966	25	19,963	35	19,966
6	19,962	16	19,968	26	19,962	36	19,968
7	19,969	17	19,966	27	19,969	37	19,966
8	19,961	18	19,966	28	19,961	38	19,966
9	19,970	19	19,970	29	19,970	39	19,970
10	19,970	20	19,970	30	19,970	40	19,970
Medel	19,966						
Infallsvinkel	ca 25 gon						

Diagram mätning 13

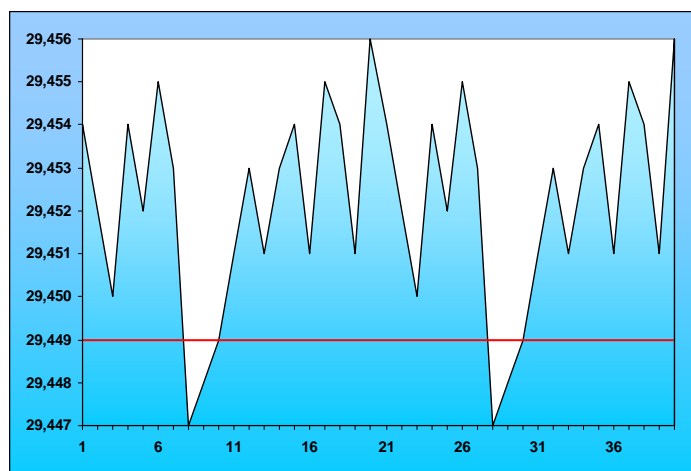


Varians
0,0091 mm
Standardavvikelse
3,0213 mm

Mätning 15

Datum	2005-04-18		Temperatur	16 grader			
Arbetsplats	Sol		Mot material	Ljus betong			
Väder							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	25 - 50						
1	29,449	6	29,449				
2	29,449	7	29,449				
3	29,449	8	29,449				
4	29,449	9	29,449				
5	29,449	10	29,449				
Medel (sant)	29,449						
Reflektorlöst							
1	29,454	11	29,451	21	29,454	31	29,451
2	29,452	12	29,453	22	29,452	32	29,453
3	29,450	13	29,451	23	29,450	33	29,451
4	29,454	14	29,453	24	29,454	34	29,453
5	29,452	15	29,454	25	29,452	35	29,454
6	29,455	16	29,451	26	29,455	36	29,451
7	29,453	17	29,455	27	29,453	37	29,455
8	29,447	18	29,454	28	29,447	38	29,454
9	29,448	19	29,451	29	29,448	39	29,451
10	29,449	20	29,456	30	29,449	40	29,456
Medel	29,452						
Infallsvinkel	ca 30 gon						

Diagram mätning 15



Varians

0,0057 mm

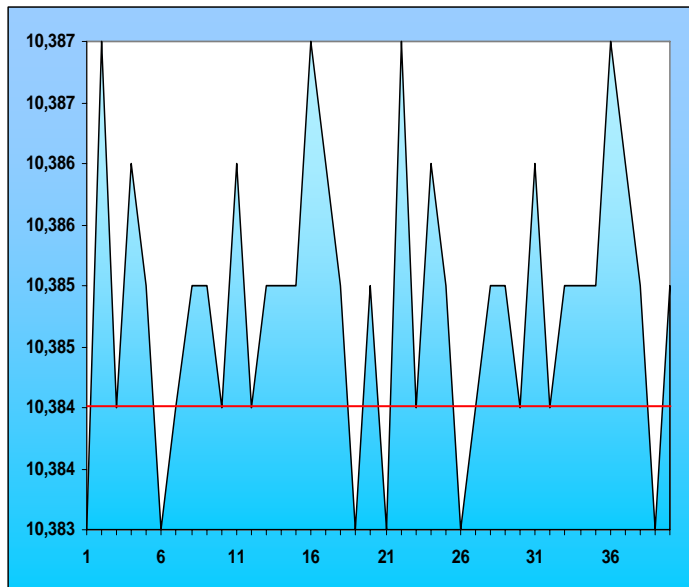
Standardavvikelse

0,23810 mm

Mätning 16

Datum	2005-04-18		Temperatur	16 grader			
Arbetsplats			Mot material	Ljus grundmur			
Väder	Sol						
Med reflektor	Alla avstånd är i meter						
	10 - 25						
1	10,383	6	10,383				
2	10,383	7	10,383				
3	10,383	8	10,383				
4	10,383	9	10,383				
5	10,383	10	10,383				
Medel (sant)	10,383						
Reflektorlöst							
1	10,383	11	10,386	21	10,383	31	10,386
2	10,387	12	10,384	22	10,387	32	10,384
3	10,384	13	10,385	23	10,384	33	10,385
4	10,386	14	10,385	24	10,386	34	10,385
5	10,385	15	10,385	25	10,385	35	10,385
6	10,383	16	10,387	26	10,383	36	10,387
7	10,384	17	10,386	27	10,384	37	10,386
8	10,385	18	10,385	28	10,385	38	10,385
9	10,385	19	10,383	29	10,385	39	10,383
10	10,384	20	10,385	30	10,384	40	10,385
Medel	10,385						
Infallsvinkel	0 gon						

Diagram mätning 16

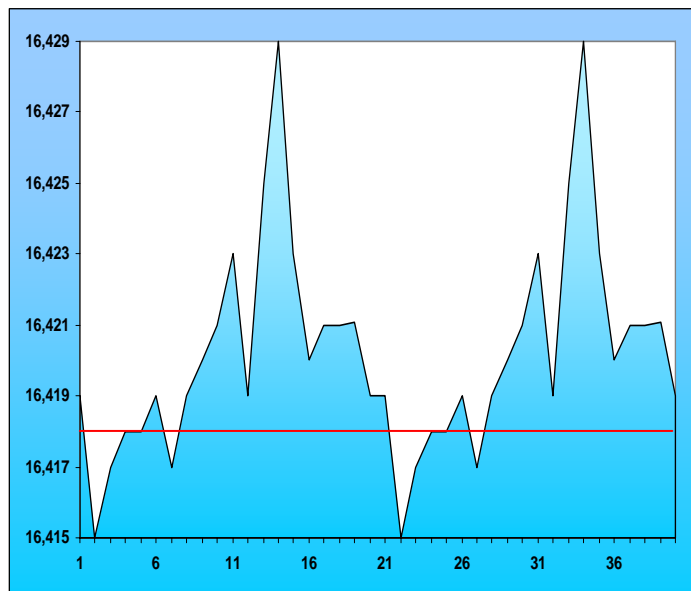


Varians
0,0014 mm
Standardavvikelse
1,1668 mm

Mätning 17

Datum	2005-04-18		Temperatur	16 grader				
Arbetsplats			Mot material	Ljus grundmur				
Väder	Sol							
Med reflektor	Alla avstånd är i meter							
	10 - 25							
1	16,418	6	16,418					
2	16,418	7	16,418					
3	16,418	8	16,418					
4	16,418	9	16,418					
5	16,418	10	16,418					
Medel (sant)	16,418							
Reflektorlöst								
1	16,419	11	16,423	21	16,419	31	16,423	
2	16,415	12	16,419	22	16,415	32	16,419	
3	16,417	13	16,425	23	16,417	33	16,425	
4	16,418	14	16,429	24	16,418	34	16,429	
5	16,418	15	16,423	25	16,418	35	16,423	
6	16,419	16	16,420	26	16,419	36	16,420	
7	16,417	17	16,421	27	16,417	37	16,421	
8	16,419	18	16,421	28	16,419	38	16,421	
9	16,420	19	16,421	29	16,420	39	16,421	
10	16,421	20	16,419	30	16,421	40	16,419	
Medel	16,420							
Infallsvinkel	ca 40 gon							

Diagram mätning 17



Varians
 0,0094 mm
 Standardavvikelse
 3,0665 mm

C Tillverkarnas angivna noggrannhetsuppgifter

Leica

Modell	TPS 800	TPS 1100
Längdmätning		
Rundprisma	3 500 m	3 000 m
360° reflektor		1 500 m
Miniprisma		1 200 m
Reflexfolie	250 m	250 m
Kortast mätavstånd		0,2 m mot rund prisma 1,5 m mot 360° prisma
Noggrannhet / Mättid		
Standardläge	±2 mm + 2 ppm/1 sek	±2 mm + 2 ppm/1 sek
Snabbläge	±5 mm + 2 ppm/0,5 sek	±5 mm + 2 ppm/0,5 sek
"Tracking"	±5 mm + 2 ppm/0,3 sek	±5 mm + 2 ppm/0,3 sek
"Snabbtracking"		±10 mm + 2 ppm/<0,15 sek
Metod		
	Fasmätning, ej synligt	Fasmätning, ej synligt
Reflektorlös mätning		
Utökad räckvidd		170 m
Standard räckvidd	170 m	80 m
Kortaste mätavst.		1,5 m
Noggrannhet / Mättid		
Standard	±3 mm + 2 ppm/ca 2,5 sek	±3 mm + 2 ppm/ca 3 - 6 sek
"Tracking"	±3 mm + 2 ppm/ca 1 sek	±10 mm + 2 ppm/ca 3 - 6 sek
< 500 m		
> 500 m		
Metod		
		Fasmätning, synligt
Storlek på mätpunkt		
50 m		10 mm X 20 mm
100 m		15 mm X 30 mm
200 m		30 mm X 60 mm

Modell	TPS 1200	TCA 1800
Längdmätning		
Rundprisma	3 000 m	2 500 m
360° reflektor	1 500 m	1 300 m
Miniprisma	1 200 m	900 m
Reflexfolie	250 m	200 m
Kortast mätavstånd	1,5 m	

Lasern – den nya måttstocken

Noggrannhet / Mättid		
Standardläge	±2 mm + 2 ppm/1,5 sek	±1 mm + 2 ppm/3 sek
Snabbläge	±5 mm + 2 ppm/0,8 sek	
"Tracking"	±5 mm + 2 ppm/<0,15 sek	
"Snabbtracking"		
Metod	Fasmätning, ej synligt	Fasmätning, ej synligt
Reflektorlös mätning		
Utökad räckvidd	500 m	"Guideljus" mellan 5 - 150 m
Standard räckvidd	170 m	
Kortaste mätavståndet	1,5 m	
Noggrannhet / Mättid		
Standard	5 cm på 100 m	
"Tracking"		
< 500 m	±3 mm + 2 ppm/ca 3 - 6 sek	
> 500 m	±5 mm + 2 ppm/ca 3 - 6 sek	
Metod	Fasmätning, synligt	
Storlek på mätpunkt		
50 m	7 mm X 14 mm	
100 m	12 mm X 40 mm	
200 m		

Modell	TCA 2003	TC 2003
Längdmätning		
Rundprisma	3 500 m	4 500 m
360° reflektor	2 300 m	3 300 m
Miniprisma	900 m	900 m
Reflexfolie	200 m	200 m
Kortast mätavstånd		
Noggrannhet / Mättid		
Standardläge	±1 mm + 1 ppm / 3 sek	±1 mm + 1 ppm / 3 sek
Snabbläge	±3 mm + 3 ppm / 1,5 sek	
"Tracking"	±5 mm + 2 ppm / 0,3 sek	
Metod	Fasmätning, ej synligt	Fasmätning, ej synligt
Reflektorlös mätning		
Utökad räckvidd	"Guideljus" mellan 5 - 150 m	"Guideljus" mellan 5 - 150 m
Standard räckvidd		
Kortaste mätavst.		

Lasern – den nya måttstocken

Noggrannhet / Mättid		
Standard	6 cm på 100 m	7 cm på 100 m
"Tracking"		
Metod		
Storlek på mätpunkt		
	50 m	
	100 m	
	200 m	

Trimble

Modell	DR standard	DR200+	DR300+
Mot ytan			
Betong	50 m	300 m	400 m
Trä	60 m	300m	400 m
Ljus sten	50 m	250 m	300 m
Mörk sten	40 m	150 m	200 m
Noggrannhet			
	3 mm + 2 ppm	3 mm + 3 ppm	3 mm + 3 ppm

Topcon

Modell	GPT-8001A (GTS-811A)	GPT-8002A (GTS-812A)	GPT-8003A (GTS-813A)	GPT-8005A (GTS-815A)
Längdmätning				
Miniprisma	1 500 m	1 500 m	1 500 m	1 500 m
Standardprisma	7 000 m	7 000 m	7 000 m	7 000 m
Mätnoggrannhet	±(3 mm + 2 ppm)			
Mättid	Normalt 1,2 sek			
Reflektorlös mätning				
Mätavstånd	3 - 120 m			
Mätnoggrannhet	3 - 25 m ±(10 mm) > 25 m ±(5 mm + 2 ppm)			

D Medverkande kommuner

Alvesta kommun
Arboga kommun
Bodens kommun
Borlänge kommun
Botkyrka kommun
Charlottenborgs kommun
Danderyds kommun
Eslövs kommun
Falun kommun
Finnsång kommun
Gagnefs kommun
Gnosjö kommun
Gottlandskommun
Gävle kommun
Haninge kommun
Hofors kommun
Huddinge kommun
Hudiksvalls kommun
Hässleholm kommun
Hörby kommun
Kalmar kommun
Karlstads kommun
Klippans kommun
Kristianstads kommun
Kungsbacka kommun
Laholms kommun

Lerums kommun
Lidköpings kommun
Ludvika kommun
Malmö kommun
Malungs kommun
Motala kommun
Osby kommun
Sala kommun
Sandvikens kommun
Simrishamns kommun
Skara kommun
Skillingaryds kommun
Skurups kommun
Smedjebackens kommun
Solna stad
Södertälje kommun
Tierps kommun
Tomelilla kommun
Torsby kommun
Täby kommun
Varberg kommun
Vimmerby kommun
Vingåkers kommun
Värnamos kommun
Åre kommun

E Medverkande företag

Finnsångs Tekniska Verk AB

Lantmäterimyndigheten Stockholm/Värmdö

Metria Charlottenberg

Metria Skillingaryd

Metria Åstorp

Metria

Skanska Sverige AB (div kontor)

NCC (div. kontor)

Peab SVERIGE AB Infra Syd