

RAPPORT

Laserskanning i kombination med stereofotografering



Dokumenttitel: Laserskanning i kombination med stereofotografering

Dokumentdatum: 2013-11-17

Dokumenttyp: Rapport

Publikationsnummer: 2014:099

Version: 1.0

Publiceringsdatum: 2014-07-01

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Joakim Fransson

Distributör: Trafikverket, Rödavägen 1, 78189 Borlänge, telefon: 0771-921 921

Innehåll

Inledning.....	4
Förutsättningar.....	5
Datainsamling.....	5
Framställning av projekteringsunderlag	7
Kontroll av laserdata.....	9
Kontroll av stereomodeller	9
Slutsatser	10

Inledning

Detta FUD uppdrag är utfört av Vectura med Trafikverket som uppdragsgivare. Blom Sweden har utfört datainsamling och framtagande av projekteringsunderlag som sedan har utvärderats av Vectura.

Bakgrund

I dag är det svårt att få tillgång till mätning längs våra järnvägar. Tätare trafik och snabbare tåg gör det till en farlig och utsatt arbetsmiljö. Vi måste försöka att ta till oss av annan teknik som gör det enklare att lösa uppgiften.

Laserskanning i kombination med stereobearbetning är en teknik som gör det möjligt att samla in information om vägar, spår och objekt i dess närhet utan att behöva besöka de objekt som ska mätas in.

I E22, Rinkabyholm fanns förutsättningar att utvärdera hur långt man kan nå vid framställande av projekteringsunderlag med en kombination av helikopterburen laserskanning och stereobearbetning för både järnvägsprojekt och vägprojekt.

Målsättningen var att undersöka om tekniken kunde uppnå kraven för bygghandling och minimera komplettering med traditionell terrester mätteknik i spår- respektive vägmiljö.

Undersöka och jämföra befintlig teknik för att bestämma bl.a.

- Noggrannhet i laserdata
- Noggrannhet och fullständighet vid kartering i högupplösta flygbilder
- Möjlighet till inmätning av detaljer i vägmiljö såsom skyltar, stolpar, räcken, brunnar etc
- Inmätning av styrande linjer vid upprättande av höjdmodell
- Kontaktledningens läge
- Simulerad FOMUL-mätning i punktmolnet
- Mäta in stolpar och andra relevanta objekt
- Spår, växlar, kabelrännor, skyltar mm

Tanken är att jämföra hur man arbetar idag mot att ta till laserskanning och stereobearbetning för att se om noggrannhet och kvalitet avviker. Med denna metodik där helikopterburen laserskanning och stereofotografering används undviker man beträda spårområdet och den problematik och risk detta medför.

Mål med studien

- Skapa möjlighet att effektivisera arbetsrutiner och processer som bör leda till ett bättre resursutnyttjande och en skapa förutsättningar för en bättre arbetsmiljö.

- *Sträva efter att få acceptans för ny teknik i fler processer i väg- och järnvägsprojekt.*
- *Minimera terrester mätning i skede Bygghandling*
- *Ge Trafikverket möjlighet att se om de kan ställa högra krav på laserskanningsprojekt än i dagsläget med avseende på noggrannhet och fullständighet.*
- *Minska behov av kompletteringsmätning i projekteringskedet, vilket leder till besparingar i tid och kostnader*

Förutsättningar

Rinkabyholm är ett korridorprojekt med väg och järnväg som laserskannats och flygfotograferats på ca 300 m höjd. Dessutom finns en sträcka över åkermark för planerad väg som flugits på ca 400 m höjd. Den slutliga datasetet har en genomsnittlig punkttäthet på ca 30 punkter/m² och flygbilder med en markupplösning på ca 36 mm.

Underlag för framställning av projekteringsunderlag fanns att tillgå från datainsamling utförd av Blom Sweden.

Utförandet är i enlighet med en traditionell laserskanning och flygfotografering för skede Arbetsplan/Bygghandling i ett Trafikverksprojekt. Undantaget är att flygfotografering utfördes med full stereotäckning i flygriktningen.

Stomnät

Ett nyetablerat anslutningsnät i plan och höjd var upprättat i projekteringsuppdraget E22, Förbifart Rinkabyholm och för vägen Ljunghbyholm-Hossmo. Detta gav möjlighet att utföra terrestra inmätningar med totalstation för mätning av stöd och kontroller.

Datainsamling

Projektet har utförts enligt Vägverkets publikation Publ 2004:117 Rekommendationer vid flygburen laserskanning, noggrannhetsklass A. Samt SIS/TS 211143:2009 Geodetisk mätning, beräkning och redovisning vid långsträckta objekt.

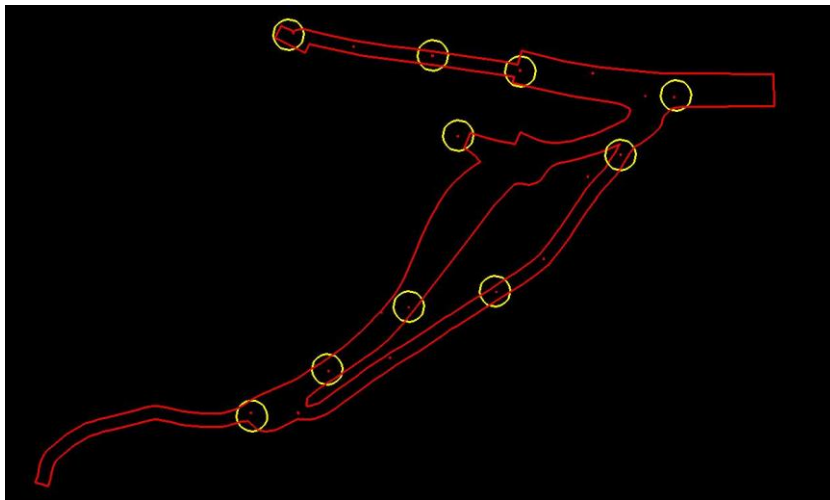
<i>Koordinatsystem i plan:</i>	<i>SWEREF 99 16 30</i>
<i>Koordinatsystem i höjd:</i>	<i>RH2000</i>
<i>Punkttäthet:</i>	<i>15-20 pkt/m²</i>
<i>Markupplösning flygbilder</i>	<i>36 mm</i>

Inmätning av stöd och kontroller

Terrestra mätningar med totalstation utfördes från det nyetablerade anslutningsnätet för arbetsplanarbetet för ny E22 förbifart Rinkabyholm. För delen Ljunghbyholm – Hossmo har mätningar utförts för ett kommunalt

övertagande av vägen och även här nyttjades ett nyetablerat stornät vilket avvägts i samband med mätningen.

Inmätning av plan- och höjdstöd utfördes med ca 1 km mellanrum spridda i området som skulle utvärderas.



Fördelning av plan- och höjdstöd.

Målade signaler GPS-mättes i samband med mätningen av anslutningsnätet i plan och beräknades i samband med detta. Signalerna avvägdes sedan i samband med avvägningen av anslutningsnätet i höjd. Signaleringen utfördes med vita 20*20 cm vit målning på släta asfaltytor.

Målade linjer mättes in för att sedan användas som kontroll av plannoggrannhet vid kartering i stereomodeller.

Laserskanning och flygfotografering

Stråkplanering utfördes för att garantera full täckning och lämpligt överlapp mellan flygstråk för matchning av flygstråk. Planeringen utfördes med en maximal skanningsvinkel på 20 grader.

Sattelitprediktion utfördes för att kunna utföra datainsamlingen vid bra GNSS konfiguration.

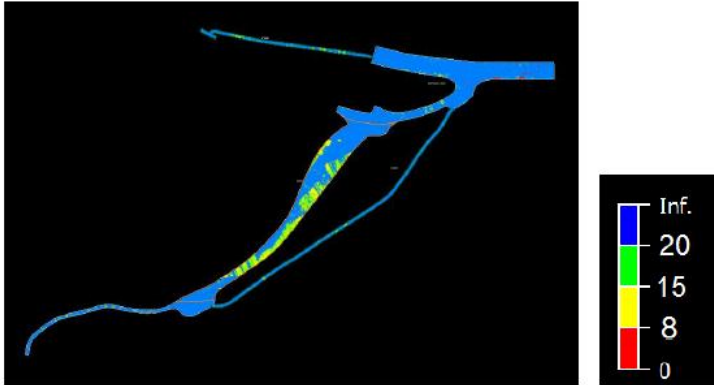
Laserskanning och flygfotografering utfördes från helikopterburen plattform 2012-04-22 med en flyghöjd på ca 300 m samt på 400 m på en del av området. Datainsamlingen utfördes med syfte att upprätta projekteringsunderlag för den pågående projekteringen och det bör påpekas att utförandet inte var anpassat på något vis för att utföra analys på data. Man kan således förvänta sig att resultatet av det som utvärderas är applicerbart på liknande uppdrag där helikopterburen datainsamling med liknande utrustning och tillvägagångssätt används för upprättande av projekteringsunderlag.

För laserskanning användes TopEye system S/N 533 och för flygfotografering en digitalkamera med fabrikat Leica RCD30.

Flyghöjden 300 m gav en markupplösning på ca 0,036 m.

Flyghöjden 400 m gav en markupplösning på ca 0,048 m.

Punkttätheten kontrollerades i området genom att beräkna punkttätheten i 1*1 m rutor och skriva ut punkttätheten som en bild.

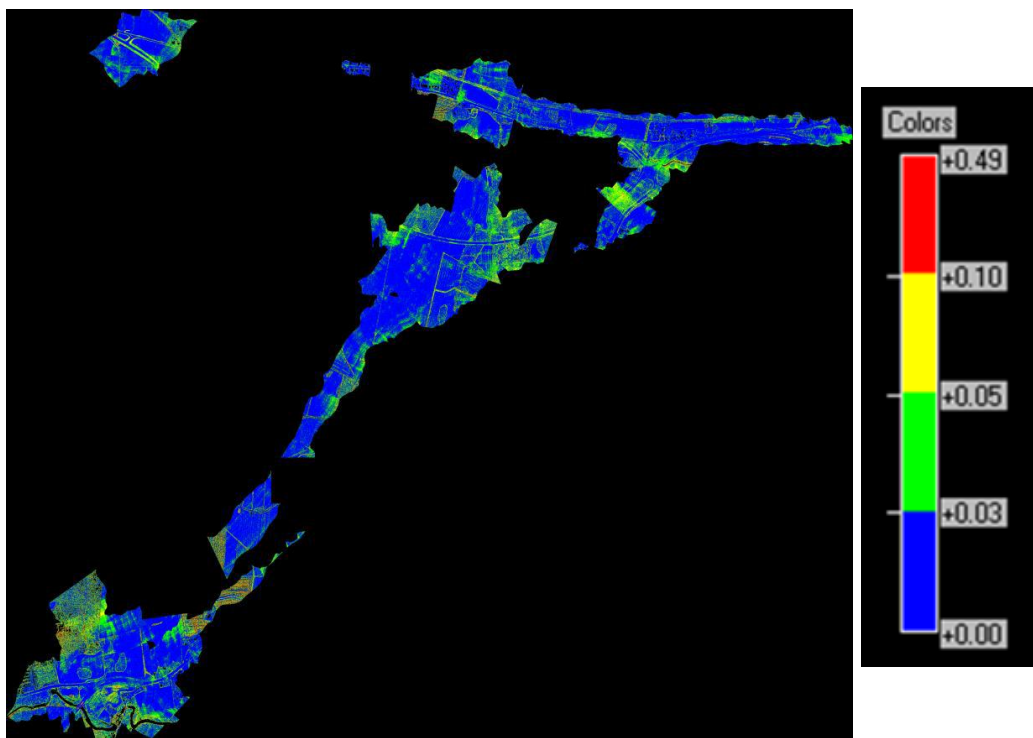


Framställning av projekteringsunderlag

Matchning och georeferering

Bore sight kalibrering och matchning av det laserskannade punktmolnet utfördes med ett slutresultat enligt nedan

	<i>Före matchning</i>	<i>Efter matchning</i>
<i>Total RMS</i>	<i>0,044 m</i>	<i>0,026 m</i>
<i>Antal observationer</i>	<i>97 268 033</i>	<i>97 200 527</i>



Klassificering av laserdata

Klassificering och filtrering utfördes i programvaran TerraScan med inställningar enligt nedan.

Klassificeringen utfördes på all data och kontrollerades i sektioner och genom att upptäcka onaturliga ytor hos markpunkterna. Parametrar vid klassificering:

<i>Terrain angle:</i>	<i>75 degrees</i>
<i>Iteration angle</i>	<i>8 degrees to plane</i>
<i>Iteration distance</i>	<i>1.20m to plane</i>
<i>Reduce iteration angle</i>	<i>5.0m</i>

Någon klassificering för att reducera bruset (t ex Hard Surface-klassificering i TerraScan) utfördes ej.

Egenkontroll av klassificering och filtrering utfördes enligt följande steg:

- Kontroll av punkttätheten inom olika områden.*
- Visuell kontroll i tvärsektioner.*
- Kontroll i ortofoton.*
- Belysning av ytor.*

Anpassning mot höjdstöd

Laserdata anpassades mot höjdstöden med ett resultat enligt nedan. Anpassningen var så god att ingen "gummiduksanpassning" ansågs nödvändig eller skulle tillföra något.

Medelavvikelse: 0,000m

Standardavvikelse: 0,008

Max: 0,032m

Min_ -0,024m

Framställning av stereomodeller och ortofoton

Ortorektifieringen utfördes i TerraPhoto efter korrigerings av sömlinjer och ljusförhållanden. Ortofotona klipptes mot områdesbegränsningen.

Framställda ortofoton kontrollerades i följande steg:

- Kontroll mot flygsignaler*
- Kontroll mot laserdata*
- Visuell granskning och sökande efter skarvar*

Stereomodellerna beräknades enligt två alternativ.

- Det första var att nyttja traditionell blockutjämnning med anslutning till markerade flygsignaler
- Det andra var att exportera orienteringsparametrar från ortofotoframställning där tie-points beräknats och anslutning utförts mot markerade flygsignaler. Resultatet var likvärdigt med blockutjämnningen och stereobilder fria från synlig parallax erhöles.

Kontroll av laserdata

Markklassificerade laserpunkter kontrollerades mot asfaltsytor med terrestra mätningar på sju ställen för att bestämma avvikelser. Varje yta bestod av minst 30 inmätta punkter. Nedanstående resultat erhöles:

Punkt	dZ	stdv
1	Stöd	
2	0.006	0.005
3	Stöd	
4	-0.017	0.004
5	0.004	0.009
6	Stöd	
7	Stöd	
8	-0.010	0.007
10	Stöd	
11	Stöd	
12	Stöd	
13	-0.012	0.006
14	-0.002	0.006
15	Stöd	
16	Stöd	
17	-0.001	0.009
18	Stöd	
Medel	-0.005	0.007
Max	0.006	0.009
Min	-0.017	0.004

Kontroll av stereomodeller

Höjd

Stereokartering utfördes på styrande linjer i vägmiljö och jämfördes i tvärsnitt med terrestra mätningar.

På tydliga objekt var avvikelserna runt under 0,02 m i höjd. Däremot tenderar kartering långsträckta objekt i flygriktningen att få en försämrad noggrannhet i höjd med avvikelser upp till 0,05 m.

Plan

Kartering i stereomodellerna jämfördes mot terrestra mätningar på sex olika kontrolltytor där varje yta innehöll sex kontrollpunkter med resultat enligt nedan:

Yta	Radiell medelavvikelse (mm)
1	17
2	12
3	17
4	17
5	17
6	22

Slutsatser

Datainsamling

Datainsamlingen utfördes på ett traditionellt sätt för denna typ av uppdrag. Vissa faktorer bör påpekas som anses vara väsentliga för att uppnå ett gott resultat.

- En god GNSS lösning är direkt beroende av en väl genomförd satellitprediktion.
- Man bör vid flygplanering säkerställa tillräckligt med överlapp av parrallella eller korsande stråk för att ha möjlighet till noggrann stråkutjämnning.
- För att kunna höjdsätta vägkanter etc kräver att man laserskannar med minst 15 punkt/m².
- I projektet kan man se en väsentlig försämring av laserdata utanför en skanningsvinkel på 20 grader. Data utanför denna bör således tas bort vid matchning.
- Matchning mellan stråk och mot stöd bör kunna hantera fluktuerande korrekationer eftersom GNSS-lösningen fluktuerar över tiden.
- Om man inom något område har bristande överlapp bör stöd placeras i ytterkanten av stråket för att ge möjlighet att korrigera roll-vinkeln.

Höjdmodeller

Laserdata har en högre noggrannhet i höjd på hårdgjorda ytor än en inmätning i stereo. Däremot går det att uppnå högre noggrannhet och fullständighet i plan med stereokarteringen än vad som går att uppnå med enbart laserdata.

För att erälla en höjdmodell innehållande brytlinjer bör därför styrande linjer karteras i stereo men sedan höjdsättas med laserdata. Varefter höjdmodell upprättas från brytlinjer och laserdata på traditoinellt vis.

Kraven på noggrannheten hos en höjdmodell vid arbetsskede Bygghandling går därmed att uppnå, även vid anslutningar etc där kraven är 0,02m.

Stereomodeller

De två metoderna som användes för att beräkna stereomodellerna gav likvärdigt resultat. Detta medför att den extra arbetsinsatsen för att framställa stereomodeller är marginell jämfört med ett traditionellt projekt där man endast framställer ortofoton. Det kräver ej heller någon extra insats av terrestra mätningar.

Kartering i vägmiljö

Stor skillnad kunde konstateras med avseende på detaljeringsgraden jämfört med traditionell helikopterburen insamling och kartering i ortofoton. Nedan är en sammanställning på objekt som tidigare varit omöjliga eller svåra att kartera enligt tidigare metoder men som är fullt möjliga i stereomodeller upprättade från helikopterburen flygfotografering.

- *Skyltar*
- *Mindre belysningsstolpar*
- *Räcken, staket*
- *Komplett stödremsa*
- *Komplett kantsten*
- *Brunnar och ventiler samt distansstolpar för dessa*
- *El och telestolpar*
- *Distansstolpar för el och telekablar*

Dessutom ges det möjlighet att finna dikesbotten och kartera brytlinjer trots att de till viss del är vattenfyllda.

Att nyttja denna typ av kartering minskar väsentlig behovet av terrester inmätningar och därmed även risker och kostnader som detta innebär.



Kartering i järnvägsmiljö

Vinsten med att nyttja kartering i stereo med terrester inmätning är stor eftersom man inte behöver beträda järnvägsområdet. De mätningar av stöd som är nödvändiga kan utföras utanför järnvägsområdet.

De noggrannhetskrav som idag ställs på FOMUL-mätning är ± 12 mm, för 95% av alla mätpunkter samt ± 30 mm, för 99.7 % av alla mätpunkter. Det framgår inte vad dessa noggrannheter avser och dess relevans. En stor del av de objekt som omfattas vid en FOMUL-mätning är av sådan karaktär att de ej är distinkta och att det således är omöjligt att uppnå kraven, oavsett val av teknik vilket gör det tveksamt om man uppnår detta med de vedertagna tekniker som används idag.

På den järnvägssträcka som fanns vid Rinkabyholm kunde följande objekt som omfattas av en FOMUL-mätning karteras:

- *Broräcke*
- *Bro sidobalk*
- *Mur*
- *Kanalisation*
- *Fundament*
- *Signaler*
- *Skylt/tavla*
- *Stolpe*
- *Brunn*
- *Ledning*
- *Lina stag*

Vid jämförelse med terrestra mätningar av dessa objekt beror avvikelsen på hur distinkt objektet är och det går inte att dra några slutsatser om noggrannhetskraven uppnås.