

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

Forfatter: Jørn Aleksander Stakset Winge

Dato: 23.05.2012

Sammendrag av bacheloroppgaven

Tittel:	Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess av veitunnel	Dato : 23. mai 2012
Deltaker:	Jørn Aleksander Stakset Winge	
Veileder:	Bjørn Arild Godager	
Oppdragsgiver:	Skanska Norge AS	
Kontaktperson:	Bjørn Willy Larsen	
Stikkord:	Laserskanning, tunnel, dokumentasjon	
Antall sider: 48	Antall vedlegg: 21 (A-U)	Publiseringsavtale inngått:
<p>Dokumentasjon er en viktig del av byggeprosessen av norske veitunneler. Det stilles i dag krav til geometrisk kontroll og dokumentasjon både underveis og ved ferdigstilling av et prosjekt. Skanska bruker i dag primært en todelt arbeidsmetodikk ved geometrisk dokumentasjon før ferdigstilling. Objekter for oppdatering av FKB/ NVDB og dokumentasjon opp mot kontrakt gjøres ved innmålinger med totalstasjon. Profildokumentasjon utføres ved grovskann med profiler fra Bever Control.</p> <p>I denne bacheloroppgaven blir det sett på muligheten av å i større grad benytte seg av laserskanning i den geometriske dokumentasjonsprosessen av veitunneler. Det forsøkes å komme frem til en metode der nåværende dokumentasjonsprosesser slås sammen og bruker skanning med høy punkttetthet for å generere dokumentasjon for både objekter og profil.</p> <p>Ved litteraturstudier, metodevalg og testing har det blitt gjort en vurdering på om en slik sammenslåing og bruk av laserskanner kan konkurrere mot og forbedre nåværende prosess.</p>		

Abstract for bachelor thesis

Title:	Usage of laser scanner in geometric documentation process of road tunnel	Date: May 23. 2012
Participant:	Jørn Aleksander Stakset Winge	
Supervisor:	Bjørn Arild Godager	
Employer:	Skanska Norge AS	
Contact:	Bjørn Willy Larsen	
Keywords:	Laser scanning, tunnel, documentation	
Number of pages: 48	Number of appendix: 21 (A-U)	Availability:
<p>Documentation is an important part of the process while constructing Norwegian road tunnels. There are requirements for geometric control and documentation, both during and on completion of a project. Skanska Norge AS currently uses a dual working method in geometric documentation before completion.</p> <p>Objects used to update FKB/NVDB and documentation against the contract are done by surveying with a total station, while profile documentation is done with a profiler from Bever Control.</p> <p>This bachelor thesis examines the possibility of further usage of laser scanning in the geometric documentation process of road tunnels.</p> <p>It is attempted to find a solution where the current documentation processes are merged by use of laser scanning with high pixel density to generate documentation for both objects and the profile.</p> <p>By literature search, method selection and testing has it been made an assessment of whether such a merge and the use of laser scanner can compete against and improve the current process.</p>		

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet og utarbeidet av Jørn Aleksander Stakset Winge i løpet av vårsemesteret 2012 i geomatikkstudiet ved Høgskolen i Gjøvik.

Sommeren 2011 hadde jeg sommerarbeid i tunnelprosjektet Kvivstunnelen hos Skanska AS. I løpet av denne tiden fikk jeg innblikk i hvordan dokumentasjonsprosessen artet seg og hvilke løsninger som ble benyttet. Etter å ha arbeidet en del med laserskanning ved tidligere semestre fikk jeg ideen om og i større grad benytte seg av laserskanner i dokumentasjonsprosessen.

Problemstillingen ble utarbeidet i samarbeid med Skanska Survey høsten 2011. På samme tid ble det sendt forespørsel til anleggsleder på Kvivstunnelen, Arild Melchiorson, om bruk av deler til tunnelen som testfelt. Arild var positiv til dette og hjalp til med logistikk under det praktiske arbeidet.

Jeg vil få takke Skanska Norge AS for å ha fått muligheten til å utføre denne oppgaven.

Skanska Survey har vært unnværlig under arbeidet med denne oppgaven, og jeg må takke for gode råd og lån av utstyr. Jeg vil også få takke anleggsleder Arild Melchiorson og stikningsingeniør Arnt Einar Engan som har vært viktige fagpersoner og hjulpet til med fagkunnskap og praktisk forståelse for faget.

Min veileder Bjørn Arild Godager ved Høgskolen i Gjøvik har vært en viktig støttespiller underveis med ideer og veiledning. Til slutt vil jeg takke Lars Gulbrandsen ved Leica Geosystems Norge for lisensfiler til programvare.

Gjøvik, 23.05.2012

Jørn Aleksander Winge

Jørn Aleksander Winge

Høgskolen i Gjøvik

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

Bacheloroppgave i Geomatikk

Jørn Aleksander Stakset Winge

23.05.2012

SKANSKA

1 Innholdsfortegnelse

1 Innholdsfortegnelse.....	1
2 Figurliste	5
3 Tabelliste	6
4 Innledning.....	7
4.1 Problemstilling.....	7
4.2 Bakgrunn for problemstillingen.....	7
4.3 Avgrensning	8
4.4 Mål.....	8
4.5 Fremgangsmåte	9
4.5.1 Arbeidsmetode	9
4.5.2 Faser	9
4.6 Tidligere arbeid.....	10
4.6.1 Laserskanning i tunnel.....	10
4.6.2 Laserskanning i andre virksomheter	10
4.7 Ordforklaringer	11
5 Teori.....	11
5.1 Laserskanner.....	11
5.1.1 Generelt.....	11
5.1.1.1 Pulsbasert	12
5.1.1.2 Fasebasert	12
5.1.2 Leica ScanStation C10.....	12
5.2 Laserskanning i tunnel.....	13
5.2.1 Punkttetthet	13
5.2.2 Kvalitet på punktskyen	14
5.3 Krav til dokumentasjon	15
5.3.1 Håndbøker	16
5.3.2 Objektliste	17
5.3.3 Som-bygget-dokumentasjon	17
5.4 Programvare	18
5.4.1 Leica Cyclone	18
5.4.2 Leica Cyclone 2 Topo	18
5.4.3 Gemini Terreng & Entreprenør 7.3	18

5.4.4 Bever Team Office 3.0	18
5.5 Kvivstunnelen	18
6 Praktisk arbeid.....	19
6.1 Testfelt.....	19
6.1.1 Krav til testfeltet.....	19
6.1.2 Valg av testfelt.....	19
6.1.3 Etablering av testfelt	21
6.1.4 Objekter i testfeltet	21
6.1.4.1 Vegskulderkant.....	21
6.1.4.2 Skiltpunkt.....	22
6.1.4.3 Sluk	22
6.1.4.4 Vegrekkverk.....	22
6.2 Skanning	23
6.2.1 Valg av laserskanner.....	23
6.2.2 Valg av skanne-oppsett	24
6.2.2.1 Oppløsning.....	24
6.2.2.2 Stasjonsplassering	24
6.2.2.3 Endelig valg.....	25
6.2.3 Skanning av testfelt	25
6.3 Totalstasjonsmålinger	27
6.4 Etterbehandling.....	28
6.4.1 Import.....	28
6.4.2 Registrering	28
6.4.3 Plukking av objekter	28
6.4.4 Generering av SOSI-data	30
6.4.5 Profildokumentasjon.....	31
7 Resultater	33
7.1 Laserskanning.....	33
7.1.1 Registrering	33
7.1.2 Plukking av objekter	33
7.1.2.1 Vegskulderkant.....	34
7.1.2.2 Vegrekkverk.....	36
7.1.2.3 Sluk	38
7.1.2.4 Vegoppmerking	40

7.1.2.5 Skilt	41
7.1.3 Profildokumentasjon	42
7.1.4 Vurdering av laserskanningsdata	43
7.2 Tidsbruk	44
7.2.1 Skanning	44
7.2.2 Innmåling/plukking av objekter.....	45
7.2.3 Vurdering av tidsbruk.....	45
7.3 Kostnader	46
7.3.1 Instrumentleie.....	46
7.3.2 Vurdering av kostnader	46
8 Konklusjon	47
8.1 Egenevaluering	47
9 Litteraturliste.....	48
10 Vedlegg.....	49
10.1 Vedleggsliste.....	49
10.2 Vedlegg A - Registreringsrapport høy oppløsning.....	50
10.3 Vedlegg B – Registreringsrapport medium+ oppløsning.....	52
10.4 Vedlegg C – Registreringsrapport medium oppløsning.....	53
10.5 Vedlegg D – Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, høy oppløsning.....	54
10.6 Vedlegg E – Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, høy oppløsning	55
10.7 Vedlegg F - Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium+ oppløsning	56
10.8 Vedlegg G – Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium+ oppløsning	57
10.9 Vedlegg H – Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium oppløsning	58
10.10 Vedlegg I - Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium oppløsning.....	59
10.11 Vedlegg J – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, høy oppløsning.....	60
10.12 Vedlegg K – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, høy oppløsning	61
10.13 Vedlegg L – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium+ oppløsning	62
10.14 Vedlegg M – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium+ oppløsning	63
10.15 Vedlegg N - Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium oppløsning.....	64
10.16 Vedlegg O – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium oppløsning	65
10.17 Vedlegg P – Punktkontroll sluk, høy oppløsning m/reflektor - 10,7 meter.....	66
10.18 Vedlegg Q – Punktkontroll sluk, høy oppløsning u/reflektor - 13,7 meter	66
10.19 Vedlegg R – Punktkontroll sluk, medium+ oppløsning u/reflektor - 5,8 meter	67
10.20 Vedlegg S – Punktkontroll sluk, medium oppløsning m/reflektor - 10,8 meter	67

10.21 Vedlegg T - Innmålingsdata totalstasjon	68
10.21 Vedlegg U – Relevant e-post korrespondanse	73

2 Figurliste

Figur 1 - Eksempel på punkttetthet på tunneldekke pr m ² ved økende horisontal distanse.....	14
Figur 2 - Standardavvik på punktgruppe ved endring i innfallsvinkel.	15
Figur 3 - Standardavvik på punktgruppe ved endring i innfallsvinkel og økende avstander.	15
Figur 4 – Objektliste Kvivsvegen tilbud 02, utsnitt.....	17
Figur 5 - Plantegning nisje 12500.	20
Figur 6 - Tverrprofil nisje 12500.	20
Figur 7 - Fastmerker i testfeltet, skjermdump fra Cyclone.	21
Figur 8 – Vegskulderkant, utsnitt.	22
Figur 9 - Betongrekkverk, utsnitt.....	23
Figur 10 – Oppløsningsvalg i Leica ScanStation C10.....	24
Figur 11 - Skanning av tunnel	26
Figur 12 - Target i fjell.....	27
Figur 13 - Edge-picking, skjermdump fra Cyclone II Topo.	29
Figur 14 – Punkt plassering, skjermdump fra Cyclone II Topo.	30
Figur 15 - Rensket punktsky, skjermdump fra Leica Cyclone.	31
Figur 16 – Profildokumentasjon, skjermdump fra Bever Team Office 3.0.....	32
Figur 17 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 20 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo....	35
Figur 18 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 25 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo....	35
Figur 19 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 30 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo....	36
Figur 20 - Tverrsnitt vegrekkverk ved avstand på 20 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.....	37
Figur 21 - Tverrsnitt vegrekkverk ved avstand på 25 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.....	37
Figur 22 – Tverrsnitt vegrekkverk ved avstand på 30 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.	38
Figur 23 - Sluk, høy oppløsning, skjermdump fra Leica Cyclone	39
Figur 24 - Sluk, medium og medium+ oppløsning, skjermdump fra Leica Cyclone.	39
Figur 25 – Vegoppmerking på varierende avstander, skjermdump fra Leica Cyclone.....	40
Figur 26 - Skilt, medium oppløsning.....	41
Figur 27 - Skilt, medium+ oppløsning.....	42
Figur 28 - Skilt, høy oppløsning.	42

3 Tabelliste

Tabell 1 - Leica ScanStation C10 Product Specifications	13
Tabell 2 - Intensitet vegoppmerking	40
Tabell 3 - Punktreduksjon for profildokumentasjon v/høy oppløsning	43
Tabell 4 - Maksimale stasjonsavstander.....	43
Tabell 5 – Faktiske skanningstider.....	44
Tabell 6 - Teoretisk skanningstider tunnel	45

4 Innledning

4.1 Problemstilling

Bacheloroppgavens problemstilling går ut på

... å finne ut om det kan oppnås en kost-/nyttefunksjon ved å detaljskanne ferdig tunnel for dokumentasjon.

4.2 Bakgrunn for problemstillingen

Entreprenører som driver med tunnelutbygging er pliktig til å levere dokumentasjon på at de fastsatte geometriske kravene i kontrakten er oppfylt.[1] Ved ferdigstillelse av prosjekter skal det også leveres som-utført-data iht. konkurransegrunnlaget for oppdatering av norsk vegdatabase (NVDB), Norge Digitalt og FDV-programmer.[2]

Sommeren 2011 jobbet undertegnede som tunnelstikker hos Skanska ved et av deres prosjekter, Kvivstunnelen på grensen mellom Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane. Under arbeidet her var jeg med på dokumentasjonsprosessen ved tradisjonell innmåling ved bruk av totalstasjon. Jeg ble også gjort kjent med planlagt datafangst for profildokumentasjon av ferdig tunnel, et arbeid som frem til nå har blitt gjort med en tilhenger-montert profiler fra Bever Control.

Med bakgrunn i denne erfaringen ønsket jeg å finne ut om denne dokumentasjonsprosessen kunne forbedres ved å i større grad benytte laserskanning for innhenting av data til geometrisk dokumentasjon.

4.3 Avgrensning

For at en dokumentasjonsprosess ved bruk av laserskanner skal kunne forsvares er det avgjørende at den er konkurransedyktig mot nåværende prosess. I et miljø der tidsbruk og kostnader er kritiske faktorer må en ny dokumentasjonsprosess ha en kostfunksjon, utførelsen bør være raskere eller billigere en dagens prosess. I tillegg må dokumentasjonen møte kravene for nøyaktighet, prosessen må ha en nyttefunksjon.

Krav for at prosessen kan oppnå en kost-/nyttefunksjon

- Kunne hente ut geografisk informasjon (koordinater) på objekter i punktskyen med såpass stor nøyaktighet at det tilfredsstillt kravene for stedfesting.
- Kostnaden med prosessen må være lavere en nåværende prosess. Herunder gjelder tidsbruk og kostnad på utstyr.
- Prosessen bør være brukervennlig og datamengdene må være håndterlig.

Arbeidsmetoder, prosesser og priser for sammenligning i denne oppgaven avgrenser seg i all hovedsak til Skanska Norge AS's virksomheter. Dette er gjort for å kunne presentere et resultat som samsvarer med oppdragsgivers situasjon.

4.4 Mål

Oppdragsgivers mål er å effektivisere den geometriske dokumentasjonsprosessen uten at det går ut over kvaliteten på målingene. Ved å undersøke mulighetene for en sammenslåing av dokumentasjonsprosessene håper man å finne ut om det kan oppnås en kost-/nyttefunksjon slik at prosessen kan benyttes i fremtidige prosjekt.

Studentens mål er å øke sin kompetanse på laserskanning generelt og dokumentasjonsprosessen på veitunnelprosjekter spesielt. Dette innebærer praktisk forståelse for utstyr og målingsprosesser, kjenne til muligheter og begrensinger på programvare, samt teoretisk kunnskap til dokumentasjonsprosessens bestemmelser og lover fastsatt i standarder og lovverk.

4.5 Fremgangsmåte

4.5.1 Arbeidsmetode

Det benyttes flere arbeidsmetoder under arbeidet med bacheloroppgaven:

- Litteratursøk for å finne ut hva som er gjort tidligere og finne mulige løsninger på utførelse.
- Praktisk arbeid ved testing av metoder for å finne beste løsning.
- Analyse av data og metoder.

4.5.2 Faser

Fase 1 - Litteratursøk

Det skal søkes etter relevant litteratur og gjøres en studie av dette. Denne litteraturen skal søkes etter i artikler og publikasjoner, fagbøker, standarder og nettsteder. Litteraturen bør omhandle tidligere arbeid og erfaringer med laserskanning i tunnel, lovverk og bestemmelser for dokumentasjon av veitunneler og informasjon om instrumenter, utstyr og programvare som kan være relevant for å løse oppgaven.

Fase 2 - Datafangst

Innsamling av data ved skanning og innmåling av en tunnelseksjon. I et testfelt skal det testes ulike skanningsoppsett for å kunne finne det mest optimale oppsettet. Det skal i tillegg måles inn objekter med tradisjonell totalstasjonsmålinger for å ha et sammenligningsgrunnlag på den geometriske kvaliteten av objektene som er plukket i punktskyene.

Fase 3 - Bearbeiding av data

Data som ble samlet inn i fase 2 skal bearbeides ved en sammenslåing av punktskyer, plukking av objekter og generering av ferdig dokumentasjon iht. gjeldene krav. Det skal sees på tidsbruk og brukervennlighet på av denne prosessen.

Fase 4 - Analyse

I siste fase skal data og arbeidsprosesser analyseres. Det skal sees på kvalitet av laserskannmålingene, tidsbruk på dokumentasjonsprosessen og gjøres et overslag på kostnadene ved bruk av laserskanning i dokumentasjonsprosessen i forhold til tradisjonell dokumentasjon med totalstasjon.

4.6 Tidligere arbeid

4.6.1 Laserskanning i tunnel

Laserskanning i tunnel har i dag blitt en utbredt metode for profil-dokumentasjon og analyse av settninger etter sprengning/boring.

Under drivingen av nye og rehabilitering av eldre tunneler blir det i dag ofte kjørt et lavoppløselig grovskann for dokumentasjon opp mot teoretisk sprengningsprofil og for å oppdage knøler som må strosses. Slik grovskanning brukes også som innsamlingsmetode for data til profildokumentasjon ved ferdigstillelse av et prosjekt.

Felles for disse laserskanningene er at punkttettheten er forholdsvis liten da slike dokumentasjoner per dags dato ikke krever høyoppløselige punktskyer.

Etter at deler av taket på Hanekleivtunnelen raste ned i 2006 ble det satt større fokus på sikkerheten i norske tunneler, noe som resulterte i forskningsprosjektet "Tunnel stability". Et av målene for prosjektet er å sikre informasjon om bergoverflaten selv etter at sprøytebetongen er påført. Ved å skanne overflaten med høy oppløsning før og etter dette blir gjort skal man også kunne få tykkelsekontroll på betongen som letter vurderingen av ustabile partier. Byggingen av Lørentunnelen mellom Økern og Sinsen brukes i dag som et testprosjekt for bruk av dette systemet. [3]

4.6.2 Laserskanning i andre virksomheter

I bygningsbransjen og i offshorevirksomhet blir laserskanning ofte brukt i datafangst for BIM-modeller og som-bygget dokumentasjon da tidsaspektet på målingene ofte er kritisk. Hurtig datafangst med god nøyaktighet og punkttetthet er viktig når annet arbeid må stoppes for å kunne utføre målinger. Terrengmodellering og masseberegning utføres også i dag med laserskanning.

4.7 Ordforklaringer

Oppgaven inneholder noen faglige betegnelser og uttrykk som i teksten ikke er videre forklart. Det er derfor utarbeidet en liste som gir en beskrivelse av disse.

Objekter

Med objekter menes de elementene som bygger opp datasettene FKB og NVDB. Eksempel er sluk som er et objekt i datasettet FKB-LedningVa.

Full-dome skann

Full-dome skann er et valg i Leica ScanStation C10 som gir muligheten av å skanne et område rundt skanneren på $360^{\circ} \times 270^{\circ}$. Dette er det største området instrumentet greier å skanne.

Dekke

Med dekke menes asfaltlaget som ligger på veibanen i tunnelen.

Hvelv

Hvelv er betegnelsen på veggene og taket i tunnelen.

Plukking/plukke objekter

Med plukking av objekter menes den prosessen som utføres i programvare med punktskyen hvor man identifiserer et objekt og oppretter et koordinatbestemt punkt/linjeelement på objektets referansepunkt.

5 Teori

5.1 Laserskanner

5.1.1 Generelt

En laserskanner produserer og sender ut elektromagnetiske stråler. Ved hjelp av bevegelige speil inne i instrumentet og instrumentets egne bevegelser blir strålene spredt rundt i et systematisk mønster mot objekter man ønsker å skanne. Instrumentet registrerer vinkelen strålen ble sendt ut med i forhold til en referanseretning. Når strålingen treffer objekter reflekteres noe av energien tilbake, og laserskanneren registrerer denne ved hjelp av en fotocelle. Sammen med vinkelen strålen ble sendt ut med, avstanden til objektet og laserskannerens posisjon blir denne refleksjonen registrert og punktet blir

koordinatbestemt. I tillegg til koordinater får hvert enkelt punkt en registrering på intensiteten av refleksjonen strålen hadde.[4]

Laserskannere kan deles opp i 2 kategorier etter hvordan de registrerer distansen laserstrålen har beveget seg.

5.1.1.1 Pulsbasert

En pulsbasert laserskanner sender ut den elektromagnetiske strålingen i pulser. Lengden på pulsen varierer, men har typisk en varighet på noen nanosekunder. Avstanden bestemmes etter tiden pulsen bruker fra den sendes ut til den er reflektert tilbake og registrert. Man beregner avstanden (r) etter lysets hastighet (c), der avstanden er tiden pulsen bruker (Δt) multiplisert med lyshastigheten

$$r = c \cdot \Delta t / 2.$$

Pulsbaserte laserskannere opererer på avstander mellom 0,1 - 300 meter, og blir derfor kalt "long-range" skannere. Dette er den mest allsidige typen laserskanner.[4]

5.1.1.2 Fasebasert

I en fasebasert laserskanner sendes den elektromagnetiske strålingen ut som en kontinuerlig bølge, der bølgelengden er fastsatt og kjent. Prinsippet bygger på å registrere faseforskjellen mellom bølgen når den blir sendt ut til den returnerer. Når bølgelengden er kjent kan man regne ut avstanden bølgen har beveget seg.

Fasebaserte laserskannere opererer på kortere avstander enn pulsbaserte skannere, men nøyaktigheten på målingene er bedre. Nøyaktigheten kan sies å være rundt 1 prosent av faselengden. Etersom bølgelengdene ofte er opp mot 100 meter blir ikke dette nøyaktig nok, men løses ved å ha flere modulerte bølger der noen har kortere bølgelengde.[4]

5.1.2 Leica ScanStation C10

ScanStation C10 er en pulsbasert laserskanner fra det sveitsiske firmaet Leica. Skanneren har en to-akset kompensator og oppnår en nøyaktighet på 6mm i posisjon og 4mm i distanse på avstander fra 1-50 meter. ScanStation C10 er en forholdsvis rask pulsbasert laserskanner med mulighet til å skanne opp mot 50000 punkt i sekundet. Med roterende speil kjører den full-dome skann i én operasjon.

C10 er en kompakt alt-i-et skanner med batteri, kamera, datalagring og berøringsskjerm for styring plassert på skanneren.

Tabell 1 - Leica ScanStation C10 Product Specifications

System Performance	
Accuracy of single measurement	
Position*	6 mm
Distance*	4 mm
Angle (horizontal/vertical)	60 μ rad / 60 μ rad (12" / 12")
Modeled surface precision**/noise	2 mm
Target acquisition***	2 mm std. deviation
Dual-axis compensator	Selectable on/off, resolution 1", dynamic range +/- 5', accuracy 1.5"

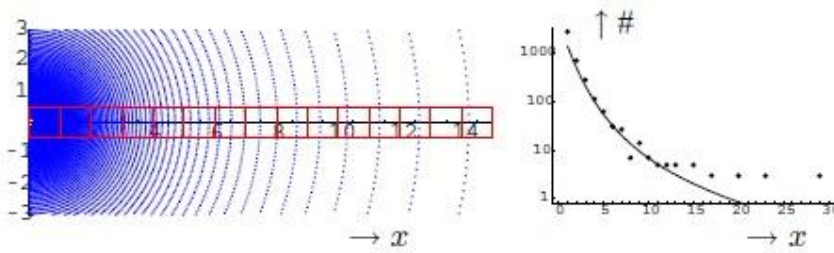
5.2 Laserskanning i tunnel

Laserskanning i tunnel byr på noen utfordringer grunnet tunnelens geometri. Det store avstandsforholdet mellom lengde og bredde er en kritisk faktor. En tunnel er forholdsvis smal og avstanden man skal skanne i lengderetning kan strekke seg over mange hundre meter. Dette fører til hurtig minskning i vinkler ved økning i avstander.

5.2.1 Punkttetthet

Grunnet tunnelens geometri vil avstanden til det skannede området få stor betydning for vinkelen laserstrålen treffer fjellet på. Spesielt gjelder dette dekke og den vertikale delen av hvelvet da dette er de delene av tunnelen som ligger nærmest en stasjonsetablering. Ettersom laserskanneren sender ut pulser i intervaller relativt til vinkelen på strålen, vil punkttettheten minske med en funksjon av avstanden fra laserskanneren.[5]

Dette betyr at om laserstrålen treffer et plant objekt med en vinkel på 90 grader vil punkttettheten være konstant over hele objektet. Men når vinkelen strålen treffer objektet på minskes, minsker også punkttettheten ved en økning i avstanden. Figur 1 illustrerer dette.



Figur 1 - Eksempel på punkttetthet på tunneldekke pr m^2 ved økende horisontal distanse

(Kilde: Lindenbergh et al., 2005)

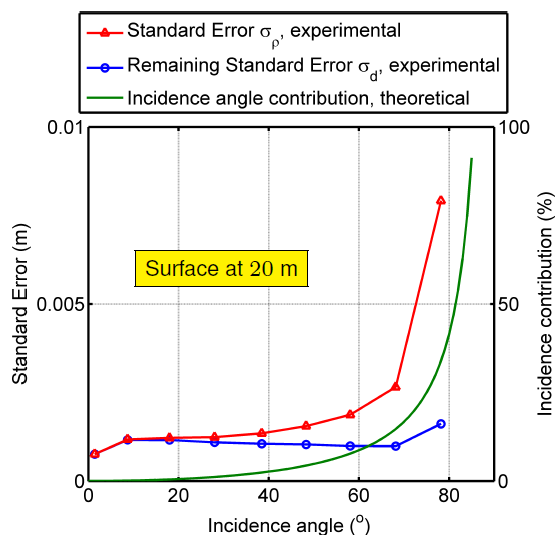
Som en kan se fra figuren så minsker punkttettheten betraktelig på dekke ved økning i distansen fra laserskanneren. Dette momentet er viktig å ta i betraktning når man velger avstanden mellom stasjonsetableringene.

5.2.2 Kvalitet på punktskyen

I en studie gjort ved Delft University of Technology i Nederland ble det sett på hvordan vinkelen laserstrålene treffer objekter på, påvirker kvaliteten på punktene.

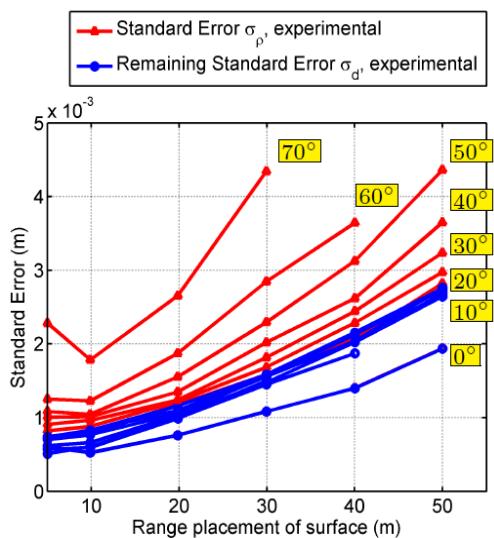
Under studiene ble det gjort to sett med undersøkelser under nesten laboratoriske forhold. Testene gikk ut på å skanne en rektangulær flate. Flaten ble rotert 10° for hver måling for å få ulike vinkler. Ved å undersøke støyen i hver måling (punkt) beregnet de standardavviket på hele flaten. Under den første testen var flaten plassert 20 meter fra laserskanneren. Under siste test ble det flaten skannet fra flere avstander.

Undersøkelsen viste at generelt sett var en vinkel på 25° det kritiske punktet. Om en laserstråle traff flaten med en vinkel på mindre enn 25° ville man få en betydelig økning i standardavviket på avstander over 10 meter.[6]



Figur 2 - Standardavvik på punktgruppe ved endring i innfallsvinkel.

(Kilde: Soudarissanane et al., 2009)



Figur 3 - Standardavvik på punktgruppe ved endring i innfallsvinkel og økende avstander.

(Kilde: Soudarissanane et al., 2009)

5.3 Krav til dokumentasjon

Som entreprenør i utbyggingsprosjekter av norske veitunneler er man pålagt å levere en rekke geometrisk dokumentasjon på hva som er bygget. Denne dokumentasjonen skal overleveres til byggherre om forvalter denne videre. I Norge er det Vegvesenet som har denne rollen.

Et av vegdirektoratets oppgaver er å "utarbeide retningslinjer for utbygging, drift og vedlikehold av det offentlige vegnettet" (Instruks for Statens vegvesen av 15 mars 2011, s. 2).[7]

Slike retningslinjer omfatter blant annet håndbøker. Det finnes en rekke håndbøker som beskriver *entreprenørens* rolle og oppgaver i dokumentasjonsprosessen.

5.3.1 Håndbøker

Håndbok 021 Vegtunneler

Håndbok 021 omfatter alle forhold ved gjennomføringen av et vegtunnelprosjekt, fra tidlig planlegging til ferdig produkt, samt drift og vedlikehold.

Krav til relevant dokumentasjon skal i planfasen avklares med de driftsansvarlige. Krav om dokumentasjon fra leverandører skal beskrives i konkurransegrunnlaget.

Håndbok 025 Presskode 1

Håndbok 025 inneholder standard beskrivelsestekster for vegkontrakter og har som hensikt å gi ensartede regler for utførelse, kontroll og oppmåling. Om vann- og frostsikring sier håndboken følgende:

Utsetting av festebolter og påfølgende montering må utføres særlig nøyaktig og ikke i noe tilfelle slik at ferdig konstruksjon kommer innenfor normalprofilet med gitte toleranser.(Hovedprosess 3, punkt 34, bokstav c)[8]

Håndbok 151 Styring av utbyggings-, drifts- og vedlikeholdsprosjekter

Håndbok 151 er et styrende dokument som gjelder for planlegging og gjennomføring av både utbyggingsprosjekter og drift/vedlikehold av vegnettet.

Håndboken sier følgende:

Entreprenøren skal gjennom fortløpende geometrisk kvalitetskontroll dokumentere at anlegget leveres i henhold til krav. Dokumentasjon av geometrisk kvalitet leveres til avtalte tidspunkt i byggefasen.

Som-utført-data iht. konkurransegrunnlaget skal leveres for oppdatering av NVDB, Norge digitalt og FDV-programmer. Leveranse av som-utført-data for oppdatering inngår i ferdigstillelsesdokumentasjonen ved overlevering (...)(kapittel 1.6.5)[2]

5.3.2 Objektliste

Ei objektliste er en felles liste for alle regioner i Statens Vegvesen, og inneholder informasjon om hvilke objekter og hvilke krav som stilles for leveranse av data fra anlegg til kart og NVDB.[9]

Entreprenør får utlevert ei bearbeidet liste i henhold til konkurransegrunnlaget over hvilke objekter som skal dokumenteres.

Objektliste for ferdigvegsdata til kart og Nasjonal VegDataBank (NVDB)						
Felles for alle regioner i Statens vegvesen				Supplerende krav til leveransen		Version 1.2 15.07.2011
<type vegprosjekt> E39 Kvivsvegen tilbud 02 23.12.2012						
Datasett	Objekter til FKB	(temakode)	Objekter til NVDB	Forklaring til FKB	Forklaring til NVDB	Aktuelt i prosjektet
eg	GangSykkelveg (FLATE)			GangSykkelveg (FLATE) kan avgrenses av GangSykkelvegkant, og øvrige objekttyper som kan avgrense vegflata (Se Veg)		X
eg	GangSykkelvegkant	7043		Dekkekan/lasfaltkant, gang-/sykkelbanekant hvor ikke fast dekke		X
eg	Gangvegkant	7028		Avgrenset område beregnet for gående og som ikke ligger i tilknytning til veg		X
NVDB			(Kantstein) 9		Stein som selles for å avgrense trafikkøyer, fortau, midtdeler, etc.	X
eg	AnnetVegarealAvgrensning	7007		Avgrensning av private avkjørster, åpne parkeringsplasser i tilknytning til veg, korte gang/sykkelveger som ikke hører til hovednettet (f.eks småveger mellom bebyggelse)		X
eg	Vekstank&ukiørsel	7021		Avgrensning av veg mot privat		X

Figur 4 – Objektliste Kvivsvegen tilbud 02, utsnitt.

Dokumentasjon for oppdatering av kart (FKB) leveres i SOSI-format etter gjeldene versjon.

I SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase finner vi spesielle krav for hvert enkelt datasett og objekttype. Hvert objekt er spesifisert og det inneholder informasjon om hvilken FKB-standard objektet skal ha, hvilken registreringsmetode som skal benyttes, hvilken geometritype og hvilke geometriske referanser som gjelder og en opplisting over hvilke egenskaper objektet skal registreres med.

5.3.3 Som-bygget-dokumentasjon

Selv om ikke alle objekter som er bygget i tunnelen skal leveres for oppdatering av kart og NVDB, trenger entreprenøren dokumentasjon som forteller hvor, hvor mye og eventuelle avvik på objekter i forhold til kontrakt til sluttdokumentasjonen. Hvilke objekter dette angår er å finne i kontrakten. Her finner man også informasjon om mengdene skal prises etter kontrakt- eller faktiske mengder.

5.4 Programvare

5.4.1 Leica Cyclone

Leica Cyclone er en programpakke fra Leica med flere moduler som håndterer, prosesserer og modellerer punktskyer. Ved bruk av modulen "*Registrar*" kan man sette sammen punktskyer fra ulike stasjonsetableringer både med og uten hjelp fra targets.[10]

5.4.2 Leica Cyclone 2 Topo

Leica Cyclone 2 Topo er et program fra Leica primært utviklet for plassering og ekstrahering av punkter i punktskyer. Programmet inneholder funksjoner som punktfiltrering for enklere å finne/plassere punkter, visualiseringsfunksjoner for å gjøre snitt i punktskyen og generering av TIN-modeller. I tillegg kan man kode punkter for sortering. Programmet er brukervennlig og enkelt å sette seg inn i.[11]

5.4.3 Gemini Terreng & Entreprenør 7.3

Gemini Terreng & Entreprenør er en programpakke fra norske Powel som består av to moduler, Terreng og Entreprenør. Til sammen dekker de behovene for beregninger av terrenginngrep, oppfølging, dokumentasjon og 3D visualisering. I tillegg til å håndtere FKB-datasett håndterer versjon 7.3 av programmet SOSI 8.1 og gjør det egnet til å arbeide med NVDB-data.[12]

5.4.4 Bever Team Office 3.0

Bever Team Office er en ren tunnel-software fra norske Bever Control. Programmet dekker behovene for planlegging og dokumentasjon av geometri og produksjon i tunneler. Med god dataflyt til de mest brukte riggene og totalstasjonene i Norge er programmet et populært verktøy i tunnelproduksjonen.[13]

5.5 Kvivstunnelen

Kvivstunnelen er en parsell av Kvivsvegen-prosjektet, en ny del av E39 mellom Austefjorden øst for Volda og Grodås ved Hornindalsvatnet. Hovedentreprenør er Skanska Norge A/S. Arbeidet med tunnelen ble påbegynt i 2009, og prosjektet skal være ferdigstilt klar til åpning høsten 2012. Tunnelen har et tunnelprofil på T8,5 og er 6490 meter lang.

6 Praktisk arbeid

6.1 Testfelt

6.1.1 Krav til testfeltet

For å kunne gi svar på oppgavens problemstilling var det essensielt å utføre metodetestingen i et miljø som hadde alle de geometriske og fysiske egenskapene som en ferdig tunnel hadde.

Med bakgrunn i dette ble det opparbeidet og stilt følgende krav for testfeltet:

- Lik geometri som en ferdig tunnel¹
- Et representativt antall objekter for å kunne fastslå metodens evne til å innhente geografisk informasjon om hvert enkelt objekt og tidsbruken som kreves for å gjøre dette.
- Like materialer som ferdig tunnel med tanke på refleksjon.

¹*Geometrien på tunneler vil variere med hensyn på tunnelklasse og årlig døgnetrafikk (ÅDT).*

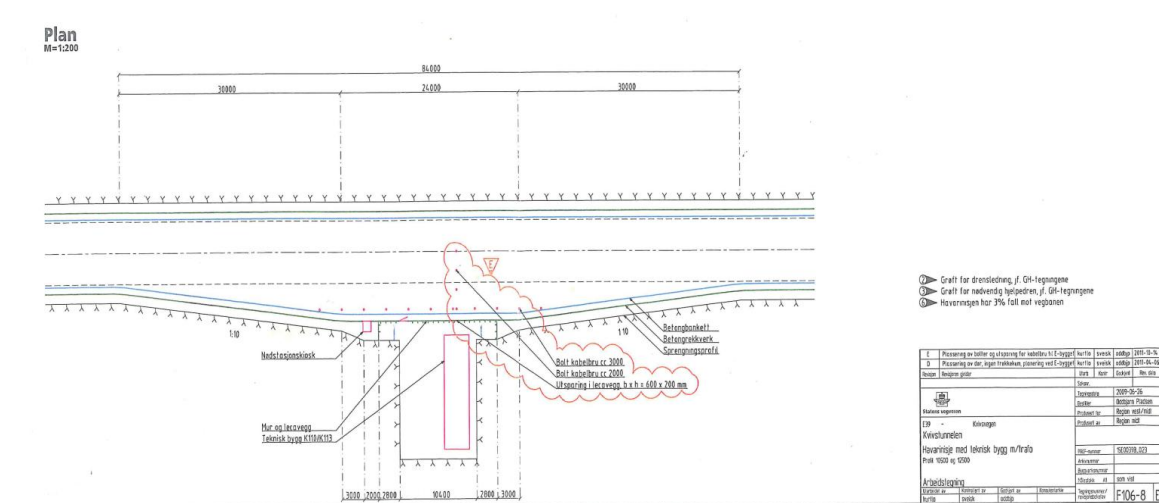
6.1.2 Valg av testfelt

Tidlig i planleggingsfasen fikk jeg tilbud om å etablere et testfelt i et av Skanskas tunnelprosjekter, Kvivstunnelen.

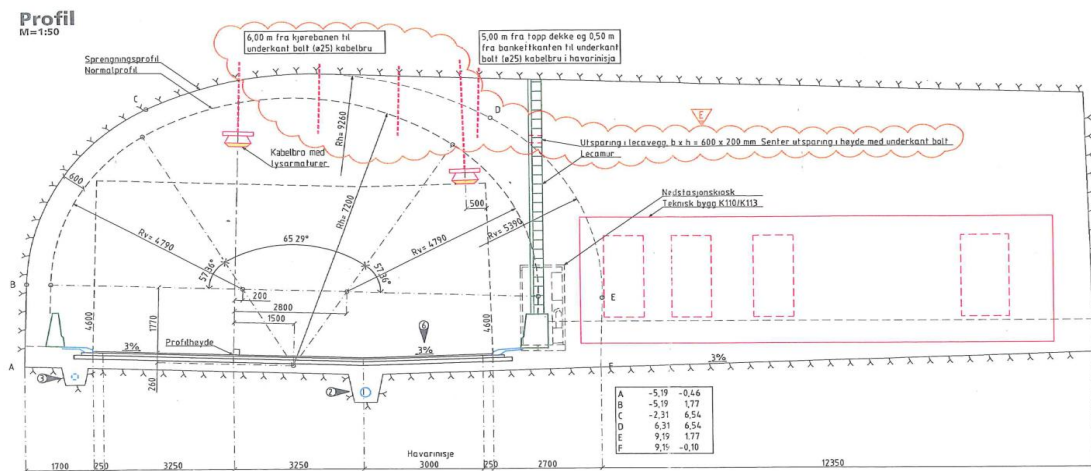
Grunnet tidsbegrensninger i lån av utstyr for bruk i denne oppgaven ble det bestemt at det praktiske arbeidet på oppgaven måtte foregå i uke 11. På denne tiden ville ikke tunnelen være 100 % ferdigstilt. Det foregikk elektroinstallasjon av underentreprenør i store deler av tunnelen, noe som innebar en god del trafikk på dagtid. I tillegg var ikke slitelaget lagt, dette er det siste asfaltlaget og legges til slutt for å unngå slitasje på ferdig vei under arbeidsvirksomhet. Dette betydde at jeg ville miste et av objektene jeg ville ha med i innmålingen; vegoppmerking. Jeg bestemte meg for likevel å etablere testfelt i Kvivstunnelen da dette innebar at jeg ville få et så tilnærmet likt miljø som en ferdig tunnel ville gi. Vegmerking kunne jeg simulere ved midlertidig oppmerking.

Det ble gjort en befarings i tunnelen sammen med ansvarlig stikningsingeniør den 12. mars for å finne en egnet plassering av testfeltet. Med bakgrunn i kriteriene i punkt 6.1.1 i denne rapporten og det faktum at elektroinstallasjonen var ferdig i denne delen av tunnelen, ble

nisje 12500 valgt som midtpunkt for testfeltet. Senter for nisje 12500 befinner seg på profilnummer 12500, og består av en breddeutvidelse og et tverrslag for husing av teknisk rom (teknisk nisje). Som det fremgår av figur 5 er den totale lengden av breddeutvidelsen 84 meter. Det ble valgt å ha med en nisje i testfeltet for å vurdere hvordan breddeutvidelser påvirker stasjonsplasseringenes evne til å fange data.



Figur 5 - Plantegning nisje 12500.



Figur 6 - Tverrprofil nisje 12500.

For å få med et representativt antall objekter og samtidig ha nok tunnel til å danne et bilde av tidsbruken, ble det valgt å strekke testfeltet 100 meter i hver retning, 200 meter totalt. Testfeltets ytterpunkter lå dermed på profilnumrene 12400 og 12600.

6.1.3 Etablering av testfelt

Under befaringen kom det frem at fastmerkenettet i testfeltet var noe tynt da en del av fastmerkene ble borte etter vann-/frostsikring og støpning av betongrekkverket. Det var derfor ønskelig å fortette dette nettet for å ikke få for lange avstander til targetene under skanning.

I samråd med ansvarlig stikningsingeniør på prosjektet ble det etablert 4 nye fastmerker i tilknytning til testfeltet, b155 - b158.

Testfeltet var nå klart til skanning.



Figur 7 - Fastmerker i testfeltet, skjermdump fra Cyclone.

6.1.4 Objekter i testfeltet

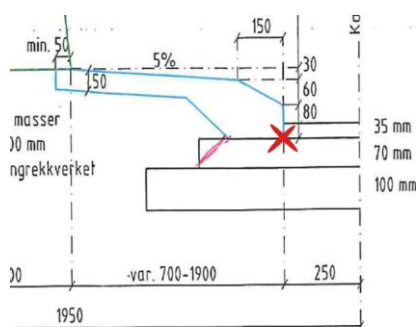
I henhold til gjeldne krav til dokumentasjon (se punkt 5.3) er det flere objekter som må måles inn og dokumenteres i en veitunnel. Objektene som i denne oppgaven er beskrevet og benyttet er objekter som i en ferdig tunnel ligger åpent og man kan se. Noen objekter krever innmåling underveis i byggefasen da disse forsvinner bak og under annet bygningsmateriale. Objektlisten for Kvivstunnelen (E39 Kvivsvegen tilbud 02) inneholder følgende objekter som også befinner seg i testfeltet.

6.1.4.1 Vegskulderkant

Vegskulderkanten er den ytterste delen av vegarealet, i denne tunnelen grenser den mot banketten. I henhold til punkt 14.3.2.1.14, SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for FKB - Veg, skal

vegskulderkanten dokumenteres som en kurve ved registrering av enkeltpunkter i sekvens. Grunnrissreferansen er satt så langt ut som vegarealet går, og høydereferansen er kjørebanelen. Målereferansen er merket med rødt kryss på figur 8.

Det er verdt å nevne at siste slitelag asfalt ikke var lagt på veien da målingene ble gjennomført, slik at høydereferansen på målingene ble 35 mm lavere.



Figur 8 – Vegskulderkant, utsnitt.

6.1.4.2 Skiltpunkt

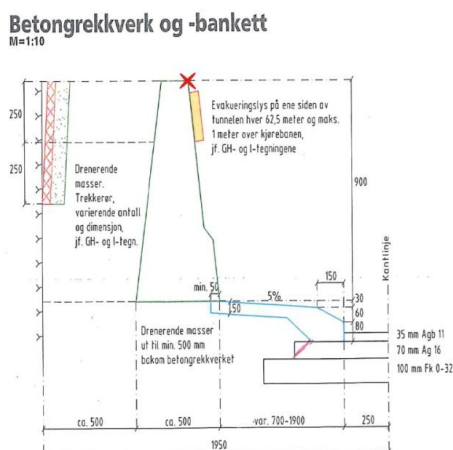
I henhold til punkt 14.3.2.6.2, SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for FKB - Veg, skal skilt dokumenteres ved et enkeltpunkt der grunnrissreferansen er satt til senter skiltpunkt, og høydereferansen er satt til fot skiltpunkt.

6.1.4.3 Sluk

Sluk er åpning med rist der overflatevann kan renne ned i avløpssystemet. I henhold til punkt 9.3.2.3, SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for FKB - LedningVa, skal sluk dokumenteres ved et enkeltpunkt plassert på terrengnivå i senter på sluket.

6.1.4.4 Vegrekkverk

Vegrekkverket i testfeltet består av betong og ble glidestøpt sammen med banketten. I henhold til punkt 14.3.2.8.1, SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for FKB - Veg, er grunnrissreferansen ved dokumentasjon satt til senter på rekkverket. Høydereferansen er fortrinnsvis satt til fot av rekkverket, men det tillates også høydereferanse på toppen. For å enklere kunne stedfeste linjeelementet ble referansepunktet lagt til knekkpunktet mellom topp og fremsiden av rekkverket, markert med rødt kryss på figur 9. Endelig linjeelement blir konstruert fra denne midlertidige linjen i programvare.



Figur 9 - Betongrekkverk, utsnitt.

6.2 Skanning

6.2.1 Valg av laserskanner

For skanning i denne oppgaven ble det benyttet en pulsbasert laserskanner av typen Leica ScanStation C10. Valget av laserskanner ble gjort med bakgrunn i følgende to kriterier:

Laserskannerens rekkevidde

En fasebasert laserskanner har en rekkevidde som tilsier at fastmerkene må være etablert relativt tett i forhold til hva som er vanlig i en tunnel der man primært benytter seg av totalstasjon. En pulsbasert laserskanner har imidlertid lengre rekkevidde og kan skanne targets på lengre avstander, noe som betyr at man kan etablere færre fastmerker for å få tilfredsstillende dekning.

Tilgjengelig utstyr

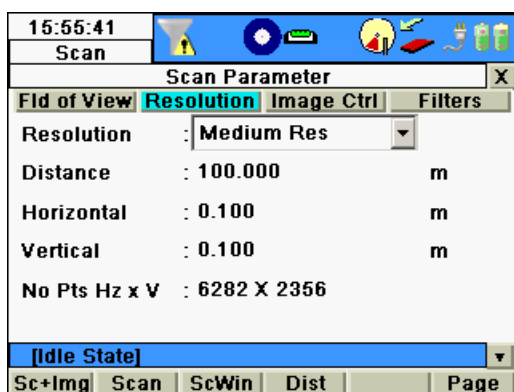
Pulsbaserte laserskannere er de mest tilgjengelige skannerne på markedet da de også er de mest allsidige med tanke på rekkevidde og pris. Tilgjengelighet var også et viktig kriterium for valget av laserskanner da arbeidsgiver i stor grad benytter seg av pulsbaserte laserskannere av denne typen.

6.2.2 Valg av skanne-oppsett

Det var fra tidlig i prosessen et viktig moment å finne det skanne-oppsettet som brukte kortest tid men samtidig opprettholdt den kvaliteten på målingene som trengtes. Det ble kommet fram til at et slikt optimalt oppsett måtte ha en oppløsning på 0,5 -1 punkt pr. cm² i hele punktskyen for å ha mulighet til å kunne identifisere og plukke objekter.

6.2.2.1 Oppløsning

Oppløsning innebærer hvor stor avstand det er mellom laserpunktene i et område på en gitt avstand. Leica ScanStation C10 oppgir denne oppløsningen på avstanden 100 meter. En fastsatt oppløsning varierer lineært med avstanden, dvs. er oppløsningen 0,1 x 0,1 m ved 100 meter er oppløsningen 0,01 x 0,01 m ved 10 meter. Dette fordi laserskanneren sender ut pulser ved gitte vinkelintervaller.



Figur 10 – Oppløsningsvalg i Leica ScanStation C10.

(Kilde: Leica ScanStation C10 System Field Manual)

Det er verdt å nevne at valget av oppløsning er sterkt korrelert til plasseringen av stasjonene i forhold til hverandre, da det ved lengre avstander krever høyere oppløsning for opprettholde punkttettheten i hele testfeltet.

6.2.2.2 Stasjonsplassering

Det er i hovedsak to momenter man må tenke på når man etablerer stasjonene inne i tunnelen; plassering av stasjonene i forhold til tunnelrommet og i forhold til hverandre.

Plasserer man laserskanneren inn mot kjørebanelikanten vil knøler raskt kunne kaste skygger, også ved korte distanser da vinkelen mot hvelvet blir mindre ved en slik stasjonsplassering. Kvaliteten av målingene blir også dårligere på grunn av den minkende vinkelen, jfr. punkt 5.2.2.

Som nevnt tidligere under punkt 5.2.1 i denne oppgaven skriver Lindheberg om forholdet mellom avstanden til det skannede området, vinkelen laserstrålen treffer flaten på og punkttettheten i dette området. Man må derfor tenke på hvordan man plasserer stasjonene i forhold til hverandre. Jo lengre fra hverandre man oppretter stasjonene, jo større blir avstanden til punktet hvor neste stasjons laserstråler har reist like langt. Dermed blir punkttettheten og kvaliteten på målingene dårligere. Etablerer man derimot stasjonene for tett vil man trenge flere stasjonsetableringer og bruker lengre tid.

6.2.2.3 Endelig valg

Det ble bestemt å teste 3 ulike skanner-oppsett. Følgende oppsett ble valgt med bakgrunn i kriteriene over:

1.
 - Medium (0,1 x 0,1 m ved 100m)
 - 30-40 meter mellom stasjonsetableringene

2.
 - Egendefinert (0,075 x 0,075 m ved 100m)
 - 40-50 meter mellom stasjonsetableringene

3.
 - Høy (0,05 x 0,05 m ved 100m)
 - Ca 50 meter mellom stasjonsetableringene

Det ble bestemt at alle stasjonsetableringene skulle ligge mot senter av tunnelloøpet for å minimere vinkeltapet mot veggene ved økende distanser. På samme vis skulle laserskanneren plasseres med så stor avstand fra dekke som mulig for å minimere vinkeltapet mot dette.

6.2.3 Skanning av testfelt

Sanningen av testfeltet ble utført over en periode på 4 dager i uke 11, 2012. For å unngå forstyrrende elementer i testområdet ble dette arbeidet utført etter klokken 2000 da alt annet arbeid var avsluttet inne i tunnelen.



Figur 11 - Skanning av tunnel

Oppstillinger

Skanningen ble delt i 3 bolker, en for hver oppløsning testområdet ble skannet i. Ved høyeste oppløsning ble hele testfeltet skannet med 4 oppstillinger. Grunnet lagring av arbeidsutstyr i deler av testfeltet ble jeg forhindret i å skanne hele feltet med oppløsningene medium og medium+. Ved disse oppløsningene ble halve testfeltet skannet med 2 oppstillinger hver.

Targets

For å kunne georeferere punktskyen og knytte sammen flere punktskyer under etterbehandlingen, ble det benyttet targets under skanningen. Targets er høyreflekterende blinker med en gitt diameter og konstant avstand fra innfestingspunktet til senterpunktet på skiven. Blinkene som ble benyttet under skanningen hadde en diameter på 6 inches (15,2 cm), og var festet slik at de kunne vippe i alle retninger. De hadde samme konstant som prismene som ble benyttet under etableringen av fastmerkenettet i tunnelen, slik at det ikke var nødvendig å koordinatbestemme disse på nytt under dette arbeidet. Leica ScanStation C10 har konstantverdiene til denne typen targets forhåndsinnlagt i skannerens minne. Festeordningen fra target til fjell består av en prismebolt som skrues fast i en innlimt hylse med gjenger.



Figur 12 - Target i fjell.

Utfordringer

Under skanningen dukket det opp noen utfordringer. Den største utfordringen var lysforholdene i tunnelen. Etersom det elektriske arbeidet i tunnelen ikke var ferdigstilt var ikke lysene operative. Ved stasjonsetableringen må man peke ut targetene man skal skanne inn via et kamera på laserskanneren. Dette ble problematisk da hodelykten måtte brukes som lyskilde samtidig som man navigerte laserskanneren. Hadde man hatt en synbar laserstråle på skanneren som viste hvor man pekte hadde prosessen vært betraktelig enklere.

6.3 Totalstasjonsmålinger

Totalstasjonsmålingene ble gjennomført ved en frioppstilling mot fastmerkenettet i testfeltet. For linjeelementene som skulle dokumenteres ble det benyttet en prismestang og hvert element ble definert som en linje. Avstanden mellom punktene som definerte linjen lå på 5 meter hvor man hadde en rett linje, men med kortere avstander ved radier. Objektene som skulle dokumenteres ved enkeltpunkt ble målt inn reflektorløst og siktet inn med synbar laserstråle.

6.4 Etterbehandling

6.4.1 Import

Fra laserskanneren skulle nå rådataene inn på pc for etterbehandling. Overføringen skjer via en USB-penn som tar imot hele mappestrukturen til skannene i det prosjektet man velger å overføre. Overføringstiden ved store datamengder tar noe tid.

6.4.2 Registrering

I Cyclone opprettes det en database og rådatafilene fra skanneren importeres. Ettersom rådataene må konverteres ved import og punktskyene er nokså komplekse, tar denne prosessen en del minutter.

I databasen organiseres alle stasjonsetableringene automatisk med respektive punktskyer i egne mapper. Ettersom det ble benyttet frioppstilling under etableringene er punktskyene nå midlertidig georeferert. Punktskyene med lik oppløsning settes nå sammen, dette kalles en registrering. Hvert target fra de ulike skannene er fra stasjonsetableringene lokalisert og registrert. Ved å importere en liste over alle targetenes innmålte koordinater (koordinatlisten på fastmerkene) i en egen scanworld kan man sette sammen punktskyene ved en registrering. Programmet utfører denne prosessen automatisk, og man får en rapport på hvor godt de lokaliserte targetene i punktskyen passer med de innmålte. Nå kan man velge å utelate noen targets for å se om transformasjonen passer bedre, slik man gjør i en utjevning i landmålingssammenheng. Når man er fornøyd med det endelige resultatet låser man registreringen og oppretter en egen modelspace med den sammensatte punktskyen. Punktskyene er nå klare for videre behandling.

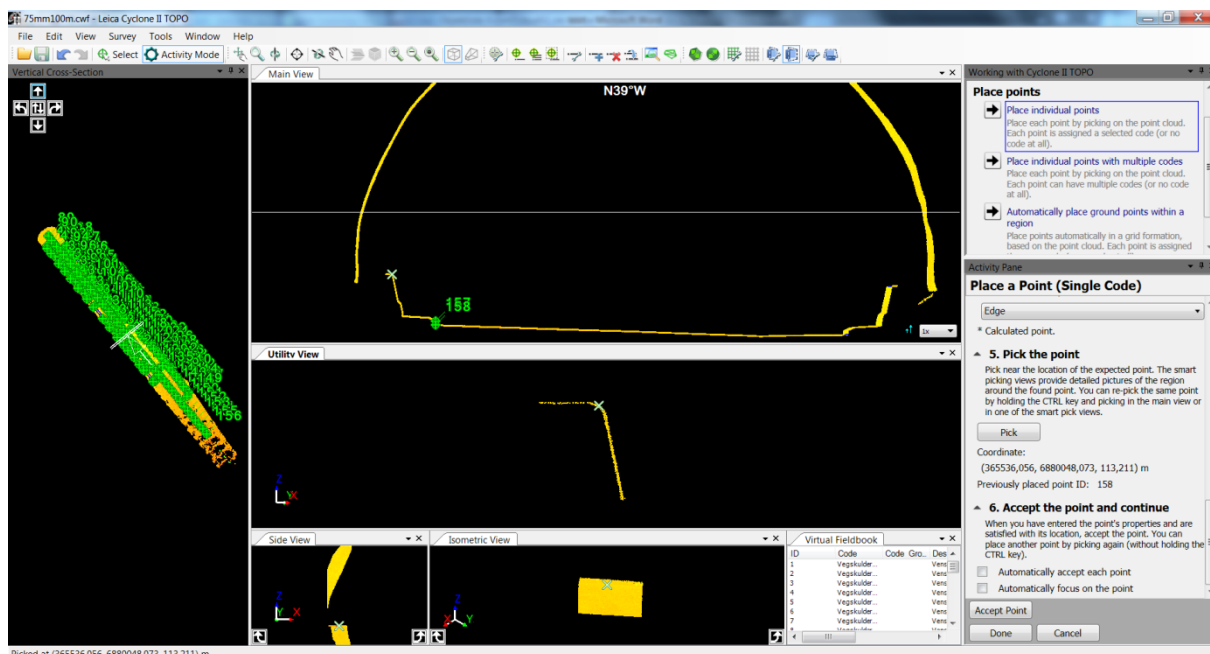
6.4.3 Plukking av objekter

Punktskyene er nå georeferert og ligger i ønsket koordinatsystem. Alt er nå klart til å plukke ut objektene som skal dokumenteres. Denne prosessen kan gjøres med ulike programvarer som håndterer punktskyer, også i modelspace som er tilgjengelig via Cyclone Navigator og som håndterer .imp filen punktskyen nå ligger i. Det ble imidlertid valgt å benytte Cyclone II Topo, en frittstående programvare fra Leica. Grunnen til dette er programmets «smart picking method», en funksjon som automatisk plasserer punkter etter gitte parametere. I tillegg er programmet brukervennlig og navigasjonen er enkel.

I programmet ble det opprettet koder for de ulike objektene som skulle plukkes ut. Kodene sto i samsvar med objektenes temakode, og ble opprettet for å senere kunne skille objektene fra hverandre.

Det ble plukket ut objekter fra alle de 3 punktskyene med ulik oppløsning. Dette for å se hvordan punkttettheten på de respektive punktskyene gjorde utslag i programmet og operatørens evne til å plukke ut objektene.

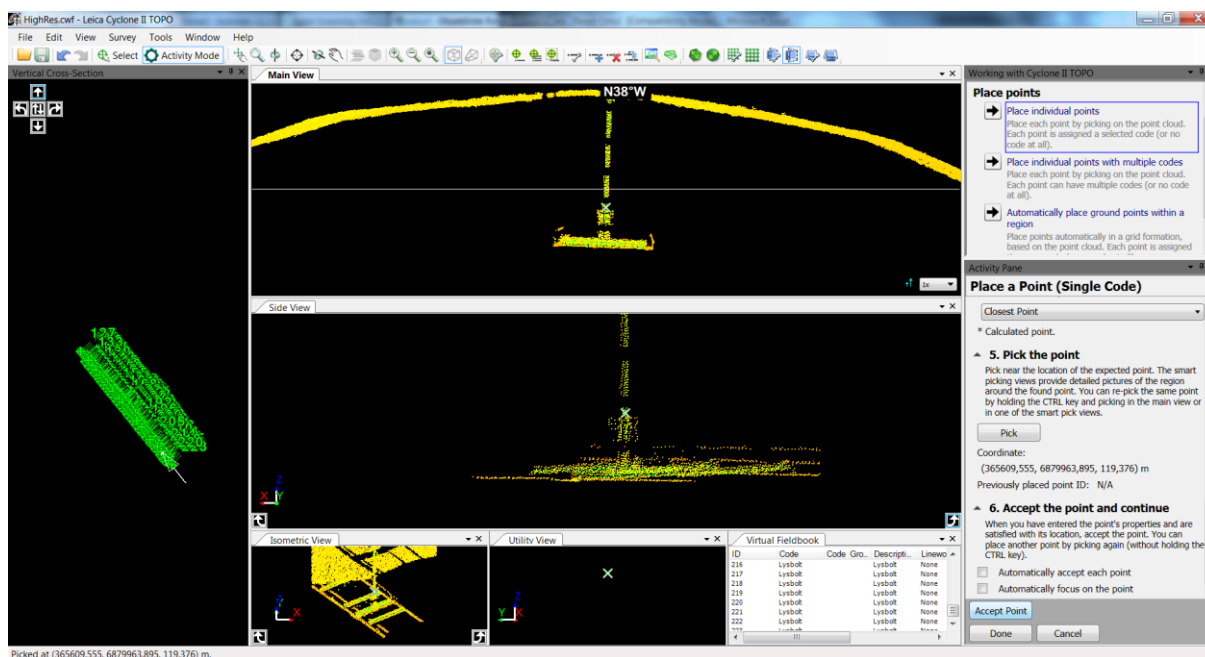
Vegrekkverk og vegskulderkant ble plukket ut med «edge» metoden. Denne metoden finner det nærmeste punktet i krysningspunktet mellom to flater i et definert område (pick zone). Om programmet ikke treffer 100 % der du vil ha plassert punktet, kan du enkelt flytte det i «utility view» (sidevisning) og akseptere. Disse objektene skulle i følge objektkatalogen ha geometritype kurve. Dette ble definert i opprettelsen av kodene for objektene, slik at det ble generert en linje mellom punktene etterhvert som de ble plukket ut.



Figur 13 - Edge-picking, skjermdump fra Cyclone II Topo.

Skiltpunkt, sluk og andre objekter som skulle ha geometritype punkt ble plukket ut med funksjonen "closest point". Dette er det nærmeste punktet i senter på pick zone. For å begrense informasjonen og flytte seg framover i tunnelen mens man plukket punkt ble det

brukt en funksjon som heter "vertical cross section". Det vil si at man genererer et tverrprofil av punktskyen, definerer tykkelse og rotasjon på profilet, og hvor langt frem man flytter neste profil. Plukkingen ble da enkel og oversiktlig.



Figur 14 – Punktplassing, skjermdump fra Cyclone II Topo.

6.4.4 Generering av SOSI-data

I henhold til objektlisten skal den geometriske dokumentasjonen leveres i SOSI-format.

Da Cyclone II Topo ikke håndterer SOSI-formatet måtte punktene og linjene eksporteres ut og importeres inn i et program som kunne generere filer i dette formatet. Gemini Terreng & Entreprenør støtter SOSI-formatet og håndterer FKB- og NVDB-datasett.

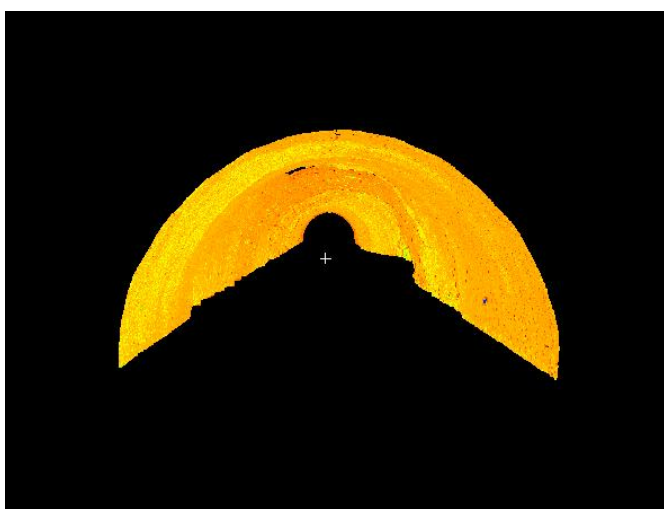
Dataene ble eksportert ut i .DXF-filer (Drawing Exchange Format), og importert inn i Gemini Terreng & Entreprenør. Det ble etablert ulike applikasjonslag som inneholdt datasett etter respektive objekters produktspesifikasjon (FKB-Veg [4.01], FKB-LedningEITele [4.01]).

Dataene fra .DXF-filen ble filtrert etter kodene gitt i Cyclone II Topo og lagt inn i korrekt applikasjonslag. Her blir de gitt egenskaper på lik linje som data fra innmåling med totalstasjon.

6.4.5 Profildokumentasjon

For profildokumentasjon ble programmet Bever Team Office (BTO) benyttet.

For å kunne utføre en profildokumentasjon ble punktskyen ryddet for all unødvendig støy slik at kun hvelvet ble stående igjen. Punktskyen gjennomgikk en punktreduksjon slik at gjennomsnittlig punkttetthet over hele punktskyen lå på 10 cm. Dette ble gjort for å redusere den totale mengden av punkter så Bever Team Office kunne takle mengden data. Denne punkttettheten er større enn hva som tidligere er benyttet under bruk av profileren fra Bever Control. Tidligere profileringer har blitt kjørt med en punkttetthet på 20 x 40 cm (jfr. vedlegg U).



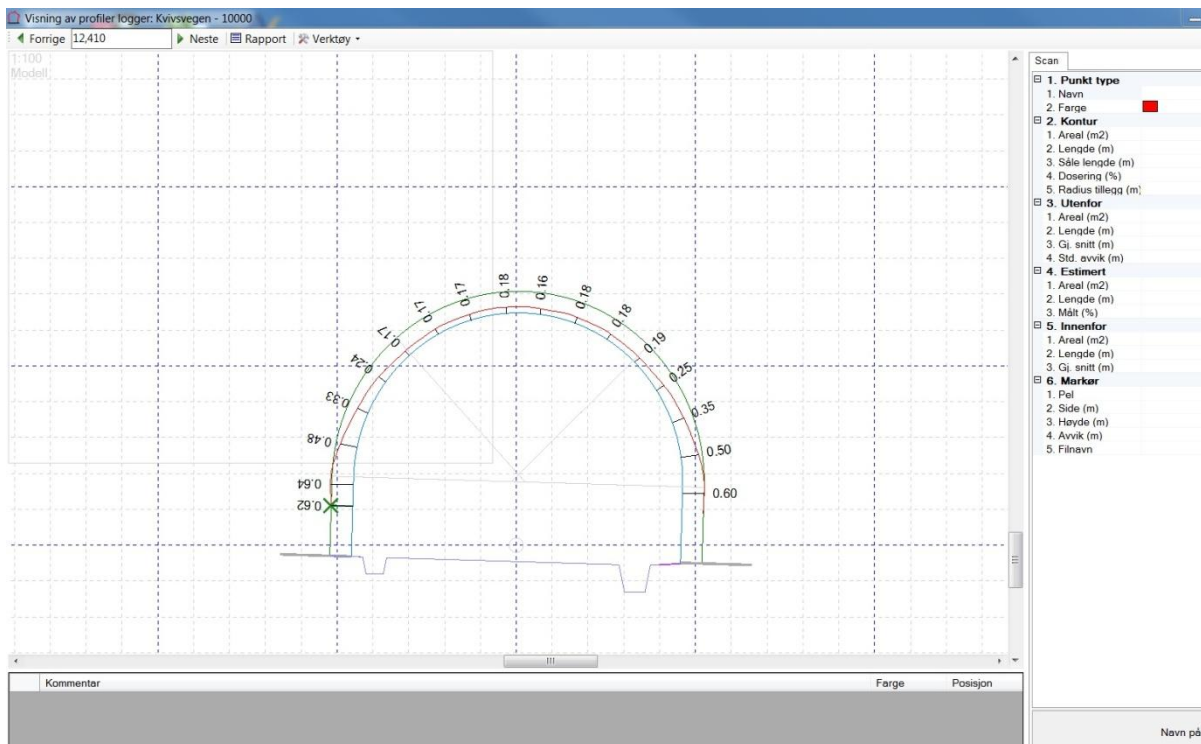
Figur 15 - Rensket punktsky, skjermdump fra Leica Cyclone.

Punktskyen ble eksportert ut i et tekstbasert survey format (.svy) for BTO til å kunne lese dette.

I BTO ble det etablert en database der den profilerte tunnelgeometrien med bl.a. sprengningsprofil og normalprofil ble lastet inn. Denne informasjonen ble brukt under drivingen av tunnelen for borreprofiler under sprengning og montering av vann-/frostsikring.

Funksjonen "Som bygget Geometri" ble benyttet for profildokumentasjonen. Hovedløpet av tunnelen ble valgt som referanse og punktskyen i .svy-formatet ble importert. For å få en god avbildning av det skannede profilet ble det gjort noen endringer på innstillinger og funksjoner. Triangulering ble slått på slik at profilet ble tegnet mellom punkter hver 50 mm langs dette konturet, pel delta (m) ble satt ned til 0,1 for å bruke denne bredden i midlingen av konturet og programmet ble satt til å skrive ut profiler hver 5 meter. Det ble så kjørt en

beregning og generert profiler hver 5 meter. Som det fremgår av figur 16 ser man normalprofilen i blått, sprengningskontur i grønt og det skannede konturet i rødt. Ettersom normalprofilen er brukt som konturlag er det her beregnet avstander inn mot dette og vises som tallverdier hver 1 meter langs konturet.



Figur 16 – Profildokumentasjon, skjermdump fra Bever Team Office 3.0.

Det ble så generert rapport både grafisk og flatekart. Den grafiske rapporten viser et grafisk profil hver 5 meter med diverse informasjon knyttet til konturets plassering i forhold til normalprofilen. Flatekartet viser en sammenhengende grafisk avbildning av konturet strukket ut med fargekoder knyttet til konturets avstand fra normalprofilen.

7 Resultater

7.1 Laserskanning

7.1.1 Registrering

Utjevningresultatene for alle sammensatte punktskyene viste meget gode resultater. Resultatene viste at avstandene til targetene som ble brukt i testfeltet ikke påvirket avviket nevneverdig. Lengste avstand til en target var på 73 meter og påvirket høyden på dette punktet under transformasjonen med bare 2 mm. Det ble derimot oppdaget at enkeltpunkter slo negativt ut på resultatet. Spesielt gjaldt dette punkt B132. Dette var en av de opprinnelige fastmerkene i tunnelen, og i registreringen måtte dette punktet utelates da det påvirket resultatet negativt. Ettersom det ble etablert ny-punkt etter frioppstilling mot andre kjentpunkt og det ikke ble kjørt en utjevning av disse, skyldes avviket trolig at det er noe tvang.

Det skal nevnes at de sammensatte punktskyene bestod av kun 4 oppstillinger, slik at en sammenstilling av flere punktskyer kan resultere i større feil, alt etter hvor godt nettet i tunnelen henger sammen. Dette betyr at et godt nett uten tvang er viktig for å få gode resultater under registreringen.

7.1.2 Plukking av objekter

For at metoden skulle ha en nyttefunksjon var et av kravene at man måtte kunne hente ut geografisk data fra punktskyen. Det ble sett på muligheten for uthenting av data for de respektive objektene på ulike distanser og oppløsninger. Fordi distansen mellom stasjonsetableringene direkte påvirker den totale tidsbruken på dokumentasjonsprosessen, var det ønskelig å finne den maksimale avstanden hvor man kan hente ut geografisk data på objektene fra de forskjellige oppløsningene.

Definisjonen "avstand" i disse testene betyr avstanden til nærmeste stasjonsetablering.

Det ble også utført en geometrisk kontroll mellom noen av de skannede og innmålte dataene for å finne eventuelle feil i punktskyen og se hvordan ulike oppløsninger og avstander påvirker plukkingen av objekter. Årsaken til at de innmålte dataene brukes som kontroll er fordi de prosjekterte dataene ikke trenger å stemme med hvordan objektene er plassert i virkeligheten, avvik under bygging kan ha forekommet.

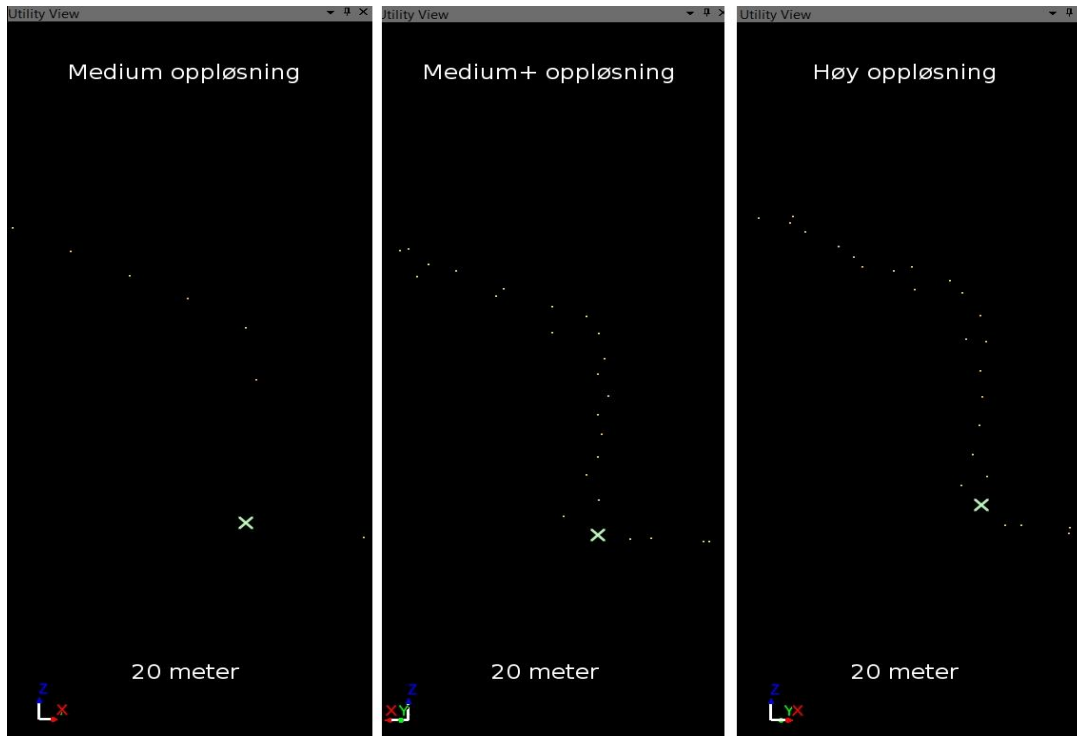
7.1.2.1 Vegskulderkant

For å kunne plassere punkter og etablere et linjeelement som definerer vegskulderkanten er man avhengig av å ha et markert skille mellom veien og skulderen, altså et tilnærmet vertikalt og horisontalt skille. Punktene må kunne plasseres i det punktet som definerer dette skillet.

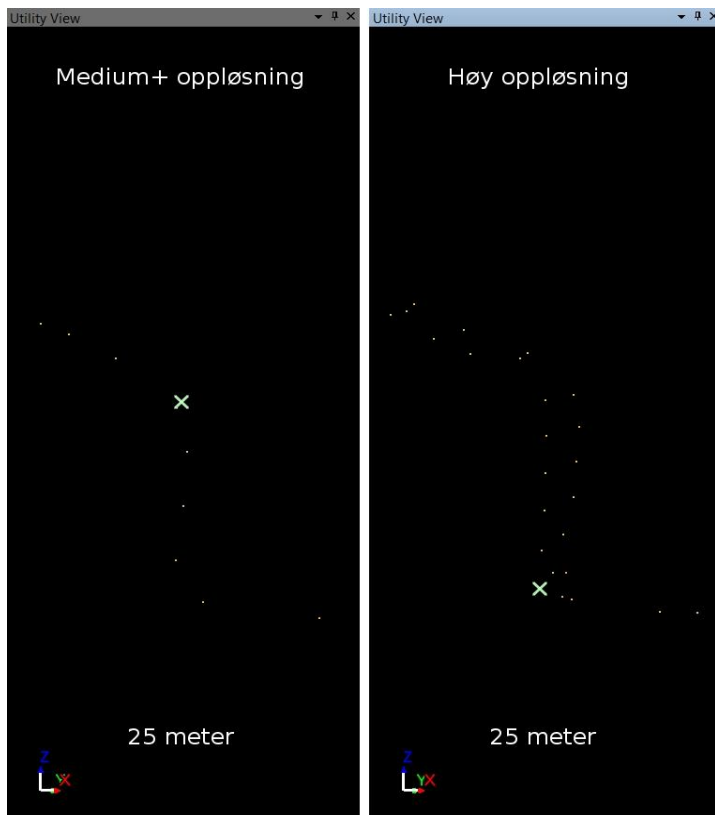
Under testingen kom det frem at ved avstander opp mot 20 meter ble det vanskelig å definere et klart skille mellom vei og skulder ved medium oppløsning. Det var for få punkter på det horisontale planet (dekke) til å plassere punkter med god nok presisjon. Med en økning i avstanden til 25 meter ble det også vanskelig med oppløsningen medium+ grunnet for få punkter i det horisontale planet til å danne et definert skille. Ved 30 meter så man at den samme tendensen forekom ved høy oppløsning.

Den geometriske kontrollen mot de innmålte dataene viser at punktdifferansen er noe høy. Jevnt over datasettet ser man at det er høydedifferansen som er størst og ligger konstant med negativt fortegn. Dette betyr at linjen plukket fra punktskyen ligger over den innmålte linjen. Dette kunne ha skyldtes avvik ved registreringen eller dårlig geometri ved stasjonsetableringen av totalstasjonen, slik at hele datasettet i punktskyen lå høyere de innmålte dataene. Men ved å studere differansen på de andre objektene ser man at trenden med negativ høydevektor ikke vedvarer. Trolig er årsaken at på grunn av dårlig punkttetthet, er linjen i punktskyen plukket fra punkt som ligger oppe på selve kantsteinen da det ikke finnes punkt i selve skillet mellom vei og skulder.

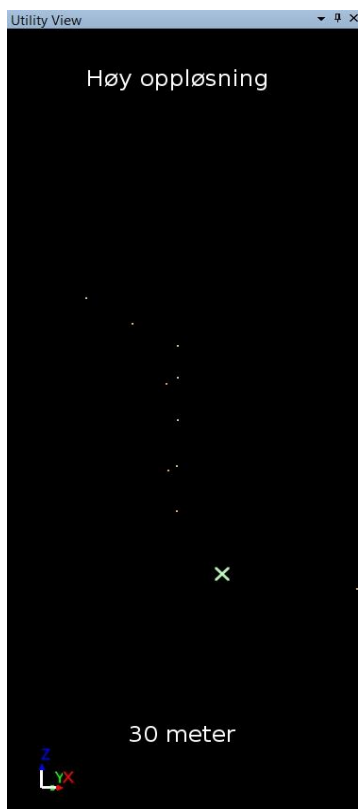
Standardavviket på ligger under 10mm, noe som forteller oss at spredningen av differansene er lave.



Figur 17 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 20 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.



Figur 18 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 25 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.

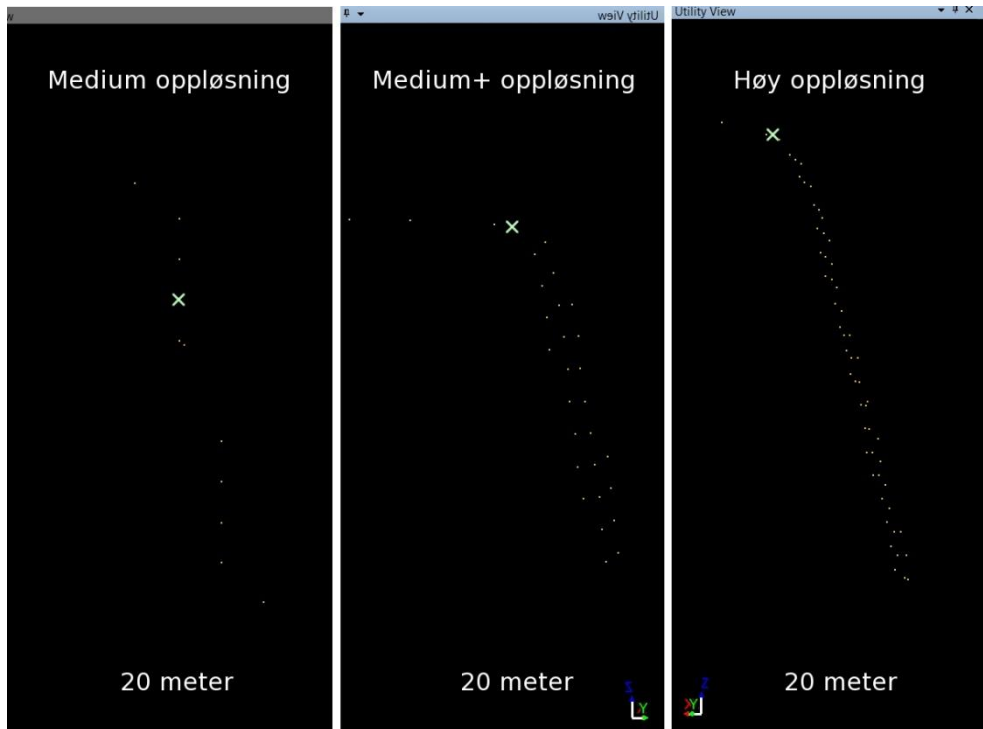


Figur 19 - Tverrsnitt vegskulderkant ved avstand på 30 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.

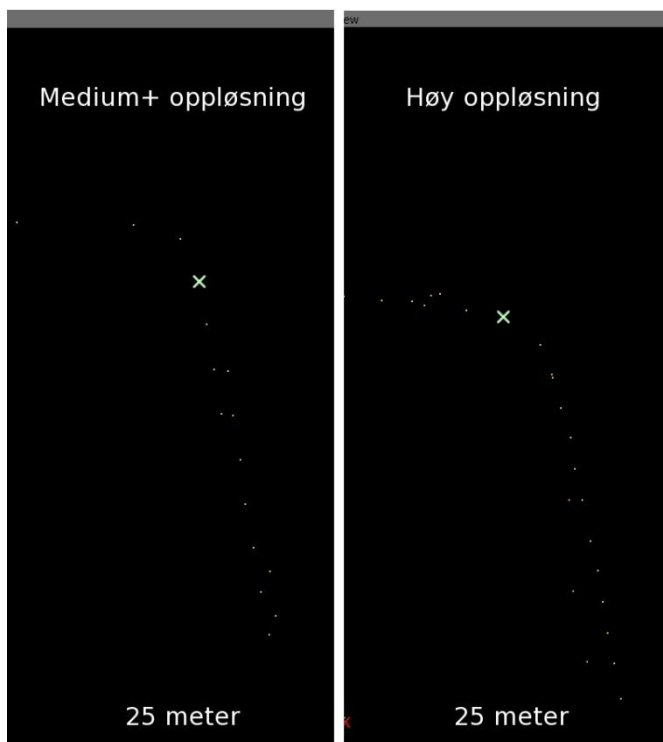
7.1.2.2 Vegrekkverk

I likhet med vegskulderkanten opptrer punktettheten på vegrekkverket slik at det er den horisontale toppen av rekkverket som "mister" punkter hurtigst ved økende distanser. Det blir vanskelig å identifisere knekkpunktet og dermed blir nøyaktigheten på plasseringen dårligere. Maksimumdistansene for identifisering ved de ulike oppløsningene ser også ut til å være de samme, noe som er naturlig da laserstrålen treffer flatene med nesten samme vinkel.

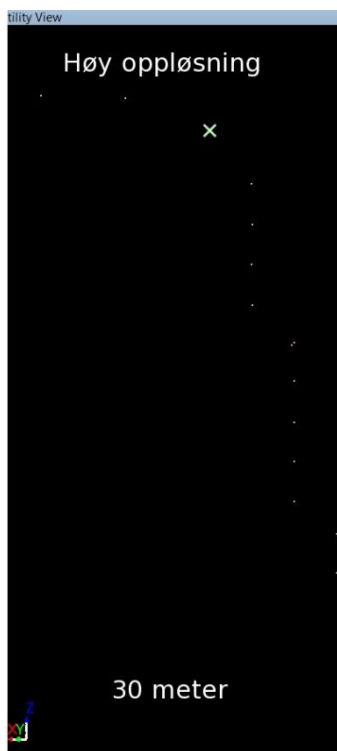
Den geometriske kontrollen mot de innmålte dataene ser imidlertid ut til å være noe bedre. Spesielt gjelder dette høydene da man ikke får effekten av å måtte plassere punktene høyere eller lavere enn referansen på grunn av punktettheten. Standardavviket er relativt lavt, slik at selv med et avrundet knekkpunkt ser det ut som man greier å plassere punktene på samme gjennom hele testfeltet.



Figur 20 - Tverrsnitt vegrekkverk ved avstand på 20 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.



Figur 21 - Tverrsnitt vegrekkverk ved avstand på 25 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.



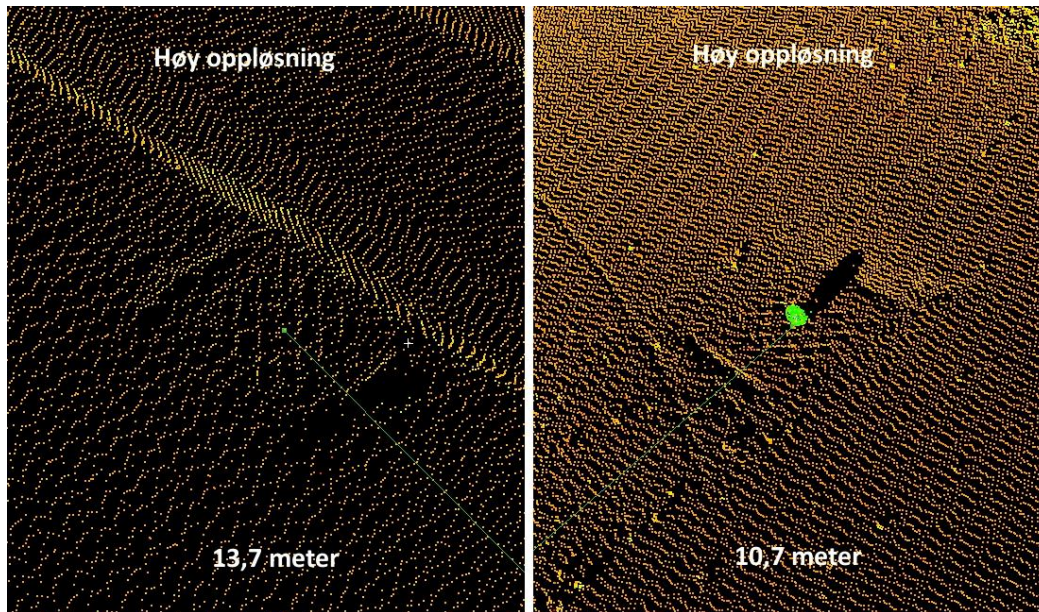
Figur 22 – Tverrsnitt vegrekkeverk ved avstand på 30 meter, skjermdump Leica Cyclone II Topo.

7.1.2.3 Sluk

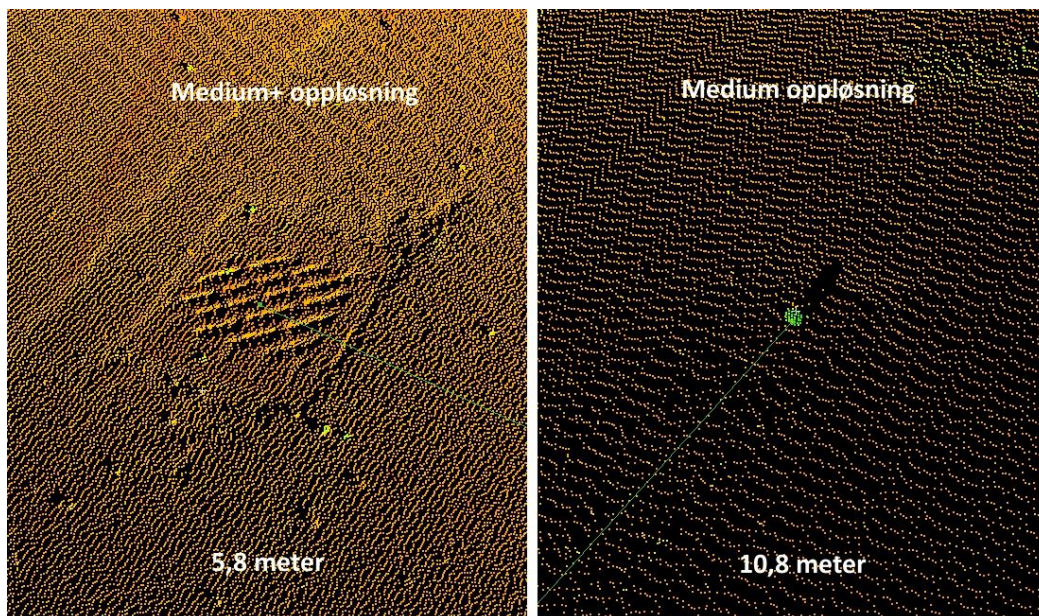
Sluk er et vanskelig objekt å lokalisere og stedfeste på avstander over 10 meter, uansett hvilke av de 3 oppløsningene som ble benyttet. Årsaken til dette er trolig slukets horisontale utforming og den hurtige minskningen i punkttetthet på det horisontale dekke. Selv når sluket er lokalisert i punktskyen er det vanskelig å definere referansepunktet som ligger i senter.

Det ble på noen skann plassert en reflektor i form av et hvit plastikk-objekt over senter på sluket for å se hvorvidt dette gjorde det enklere å identifisere slukets plassering og referansepunkt. Som det går frem av figurene 23 og 24 ser man at reflektoren vises godt i punktskyen og gjør det mye enklere å lokalisere slukene.

Den geometriske kontrollen viser at punktdifferansen mellom skannet og innmålte sluk er gode. Man kan se en liten økning i differansen hvor ingen reflektor er benyttet, men denne er ikke signifikant nok ved disse avstandene til å kunne trekke en konklusjon. Ved økning i avstanden vil man derimot kunne forvente at sluket ikke er identifiserbart i punktskyen pga. minkende punkttetthet. Testene viser altså at reflektor over sluk er en nødvendighet ved skanning der avstandene er over 10 meter, både for identifisering og plassering av punkt.



Figur 23 - Sluk, høy oppløsning, skjermdump fra Leica Cyclone

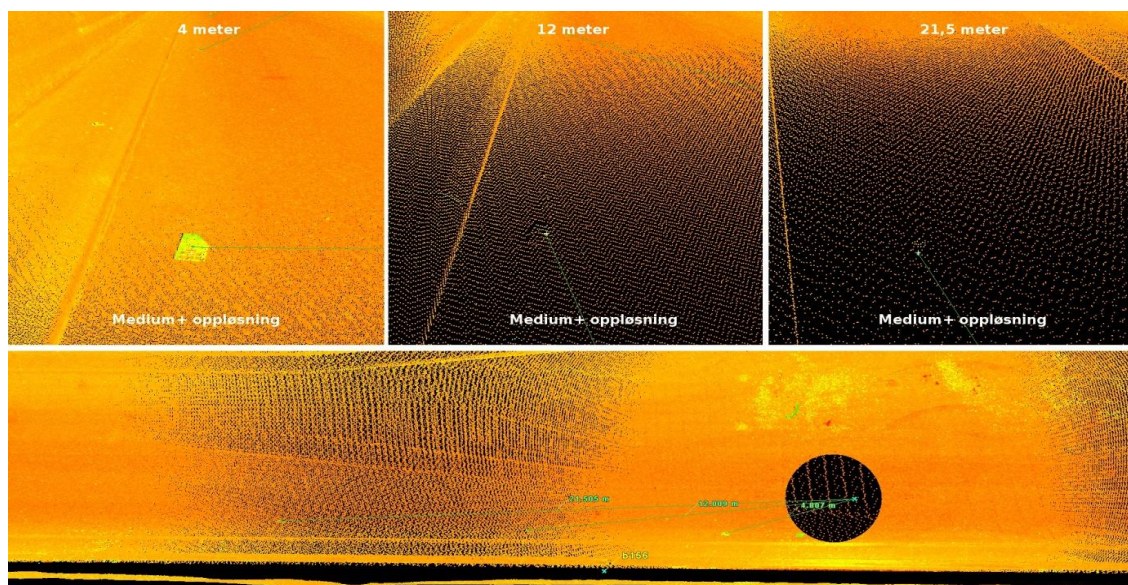


Figur 24 - Sluk, medium og medium+ oppløsning, skjermdump fra Leica Cyclone.

7.1.2.4 Vegoppmerking

Under skanningen på oppløsningen medium+ ble det plassert ut reflekterende papir¹ på ulike distanser for å simulere veioppmerkingen og se på muligheten for identifisering av denne i punktskyen. Denne løsningen ble valgt da det ikke var utført noe veioppmerking i testfeltet eller andre områder i tunnelen.

Tabell 2 viser tydelig at intensitetsverdien til papiret endrer seg ved økning i distanse og synkende innfallsvinkel. Allerede ved 12 meter er verdien på nesten samme nivå som veioverflaten. Dette betyr at selv ved en økning i punkttetthet vil ikke oppmerkingen kunne synes bedre i punktskyen. På figur 25 kan man se at ved 21,5 meter ble det plassert en reflektor bak papiret for lokalisering av papirets plassering. Uten denne ville man ikke kunne se at det var plassert noe annet på dekke.



Figur 25 – Vegoppmerking på varierende avstander, skjermdump fra Leica Cyclone.

Tabell 2 - Intensitet vegoppmerking

Intensitet vegoppmerking			
Avstand (m)	Vinkel	Intensitet oppmerking	Intensitet kjørebane
4,4	22,9°	0,3160	0,2188
12,0	9,2°	0,2372	0,2076
21,5	5,4°	0,2084	0,2044

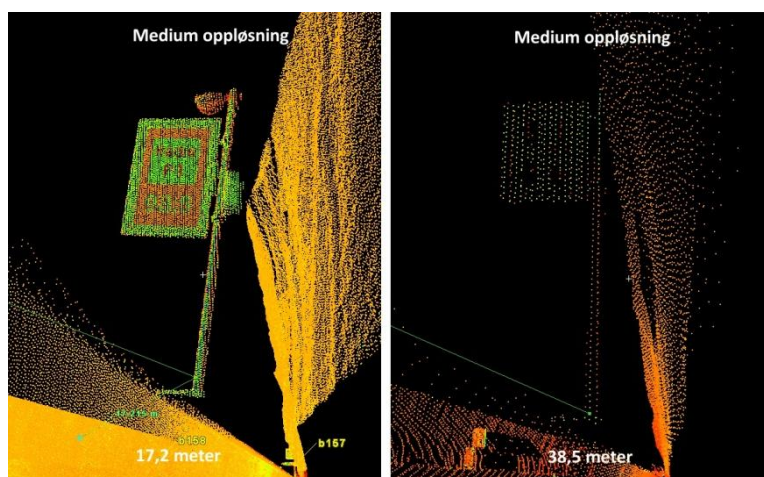
¹Det er ikke tatt hensyn til retrorefleksjonskoeffisienten, luminanskoeffisienten eller fargekodene i denne testen.

7.1.2.5 Skilt

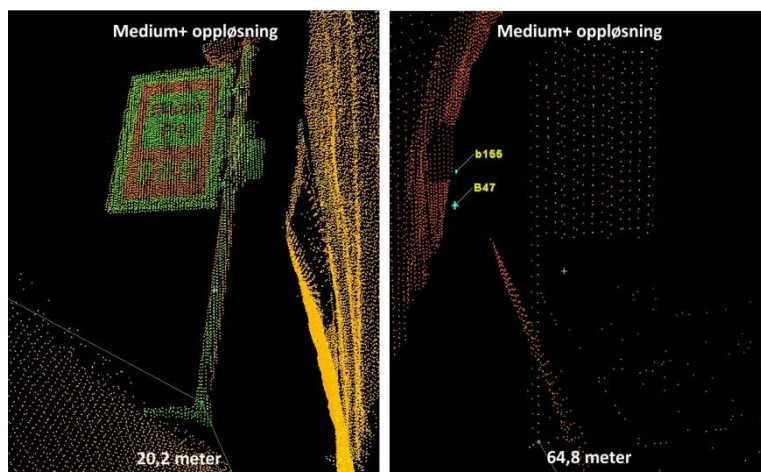
Testene viste at selv på forholdsvis lange avstander, opp mot 30 meter, var det ikke problematisk for noen av oppløsningene å få en høy nok punkttetthet og god avbildning av skiltplaten, stolpen og fundamentet. Årsaken til dette er skiltets vertikale utstrekning på tvers av tunnelens lengderetning. Dette fører til at laserstrålen treffer skiltet med en større innfallsvinkel ved en økning i avstanden mellom skanneren og skiltet. Dette fører igjen til høyere punkttetthet på respektive avstander i forhold til objekter med horisontal utstrekning eller retningsplassering langs med tunnelens lengderetning.

Ved stasjonsetablering bør man derfor strebe etter å få et skiltobjekt mot midten av to stasjoner.

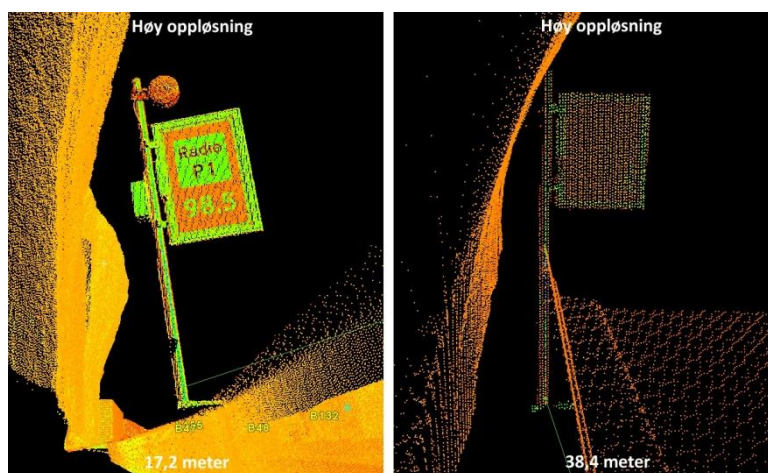
Et moment som imidlertid må bemerkes er høydereferansen på skiltene som iht. produktspesifikasjonen er satt til fot skilt. Skiltene er festet slik at fot skilt ligger noe lavere enn topp betongrekkverk. Man må påse ved etablering av stasjonene at laserskanneren kommer høyt nok opp fra dekke til å ha fri sikt mot fot skilt.



Figur 26 - Skilt, medium oppløsning



Figur 27 - Skilt, medium+ oppløsning



Figur 28 - Skilt, høy oppløsning.

7.1.3 Profildokumentasjon

Profildokumentasjon ved bruk av punktskyen fra skanningen gikk smertefritt. Punktskyen måtte imidlertid reduseres for å kunne brukes i Bever Team Office. Årsaken til dette ligger trolig i programvaren da denne sluttet å fungere ved import av ureduerte punktskyer. Som man kan lese fra tabell 3 så inneholder punktskyen av hvelvet med høy oppløsning hele 164 millioner punkt før reduksjonen, noe som bare er fra 4 skann. Etter reduksjon i punkttetthet til 10 cm inneholder punktskyen brukt til profildokumentasjonen 4 millioner punkter, noe som er lettere å håndtere for BTO.

Dataflyten mellom Cyclone og BTO fungerte også godt. Survey formatet (.svy) håndteres av begge programvarene og eksporteres raskt ut fra Cyclone.

Tabell 3 - Punktreduksjon for profildokumentasjon v/høy oppløsning

Punktsky	Ant. punkter
Original	235861982
Kun hvelv	164524704
Hvelv, redusert punkttetthet til 10 cm	4015042

7.1.4 Vurdering av laserskanningsdata

Slik resultatene foreligger kan man trekke en konklusjon rundt forholdet mellom oppløsning og maksimal avstand mellom stasjonsetableringene.

Man ser som forventet at ved høyere oppløsning er objektene identifiserbare ved lengre avstander. Problemområdet ligger i dekke hvor punkttettheten og innfallsvinkelen raskt minker. Spesielt gjelder dette objekttypen sluk hvor man ved avstander over 10 meter bør påse å markere referansepunktet med reflektor.

Breddeutvidelsen har ikke påvirket metodens evne til å kunne identifisere objekter, og man ser ikke forskjell i kvaliteten av plukkingen i dette området spesielt. Det er imidlertid *vanskeligere* å definere linjeelement som følger utvidelsen da man må påse å definere start og slutt av radier.

Tabell 4 - Maksimale stasjonsavstander.

Maksimale stasjonsavstander			
	Oppløsning		
	Medium	Medium+	Høy
Avstand (m)	30	40	50

Å benytte seg av punktskyene for generering av geometrisk dokumentasjon av objekter og profil virker tilfredsstillende. Man ser at ved å redusere avstanden mellom stasjonsetableringene i forhold til oppløsningen greier man å identifisere objekter og hente ut data med tilfredsstillende kvalitet.

Datamengdene som samles inn under skanning blir imidlertid meget store. Ved dokumentasjon av større tunneler bør man vurdere å dele tunnelen opp i seksjoner slik at man arbeider med mindre datamengder i programvarene.

7.2 Tidsbruk

Å definere tidsbruk på *menneskelig aktivitet* er vanskelig da dette er svært individuelt.

Tidene oppgitt i denne oppgaven som angår menneskelig aktivitet må *anses som veiledende* da de operasjonene dette angår er utført av én person. Tidene er et gjennomsnitt av minimum 5 gjentakelser per operasjon.

Instrumentell aktivitet, som tiden en laserskanner bruker på å skanne et definert område med gitt oppløsning, er enklere å definere. Man kan med rimelig sikkerhet si at disse tidene er universelle så lenge variablene er like.

7.2.1 Skanning

Skanningstidene viser at det mest effektive skanningsoppsettet er å benytte seg av medium+ oppløsning med en avstand mellom stasjonene på 40 meter. Forholdet mellom skanningstid og stasjonsavstand viser at dette oppsettet bruker 18 % mindre tid enn medium oppløsning, og hele 36 % mindre tid enn høy oppløsning.

I forhold til profileren fra Bever Team ser man at både oppløsningen medium og medium+ har en teoretisk bedre total tid ved skanning av en 1000 meter lang tunnelseksjon. I tidsenhet vil forskjellen i tid variere med tunnelens lengde.

Tabell 5 – Faktiske skanningstider

Skanningstider (minutter)				
Oppgave	Leica ScanStation C10			Bever Control profiler
	Medium	Medium +	Høy	20 x 40 cm
Flytting og stasjonsetablering	15	15	15	10
Skanning	6	8	30	20
Totalt per skann	21	23	45	30

Tabell 6 - Teoretisk skanningstider tunnel

Skanningstider				
	Leica ScanStation C10			Bever Control profiler
	Medium	Medium +	Høy	20 x 40 cm
Tid pr.oppstilling (min)	21	23	45	30
Stasjonsavstand (m)	30	40	50	40
Lengde tunnel (m)	1000	1000	1000	1000
Total tid brukt (min)	700	575	900	750

7.2.2 Innmåling/plukking av objekter

Tidsbruken viste at plukking av objekter i punktskyen kunne foretas like raskt som innmåling ved totalstasjon. Linjeelementene ble både ved tradisjonell innmåling og ved plukking i punktskyen utført med et gjennomsnitt på 5 punkter/minutt. Enkeltojekter kan man over avstander forvente å plukke raskere i punktskyen da man beveger seg raskere i denne enn ved fysisk bevegelse i tunnelen. Et viktig moment ved bruk av punktskyen er at man slipper å foreta stasjonsetableringer når man plukker objekter. Ved tradisjonell innmåling er man avhengig av å flytte totalstasjonen etterhvert som man måler. Plukking av objekter i punktskyen foretas sømløst etter at selve skanningen først er gjennomført.

7.2.3 Vurdering av tidsbruk

En helhetsvurdering av tidsbruken viser at man isolert sett kan oppnå en kortere totaltid på innhenting og prosessering av data ved å i større grad benytte seg av laserskanner i dokumentasjonsprosessen. Både skanningen og plukking av objekter foretas raskere enn profilering og innmåling.

Tar man imidlertid med i betraktningen hvordan innmålingsprosessen av objekter foregår i praksis blir situasjonen en annen. På et tunnelprosjekt vil man som regel ha en fast stikningsingeniør med ansvar for utsetting, innmåling og dokumentasjon. Kontroll av tunnelgeometrien og innmåling av objekter foregår kontinuerlig underveis i byggefasen, slik at tidsbruken fordeler seg og ikke kan betraktes som en samlet tid. Stikningsingeniøren utfører med andre ord denne dokumentasjonen ved ledige anledninger og i forbindelse med annen måling.

7.3 Kostnader

7.3.1 Instrumentleie

Anleggsprosjekter i Skanska låner i hovedsak innmålingsutstyr fra survey-avdelingen.

Grunnet interne priser og avtaler vil det være vanskelig å komme med en nøyaktig pris for utlån av ScanStation C10 fra Skanska Survey til et tunnelprosjekt. Men man kan anta en månedspris som ligger på rundt kr 30000,-. Ved lån på ukesbasis forventes det en pris på kr 5000,-.¹

Leie av profiler fra Bever Control er estimert å ligge på rundt kr 30000,- i måneden. Ingen ukespris foreligger.²

Det regnes ikke pris på lån av totalstasjon i denne sammenligningen da man uavhengig av dokumentasjonsprosess bruker denne til andre oppgaver i prosjektet.

Instrument	Månedspris	Ukespris
Bever Control profiler	30000,00	N/A
Leica ScanStation C10	30000,00	5000,00
Totalstasjon	Beregnes ikke	Beregnes ikke

¹Prisestimat gitt muntlig av Skanska Survey. Operatør inngår ikke i prisene.

²Prisestimat gitt muntlig av anleggsleder Arild Melchiorson med bakgrunn i tidligere leie av utstyr.

7.3.2 Vurdering av kostnader

Ved å se på skanningstid og priser for leie av instrumenter ser man at det vil være lønnsomt å skanne tunnelen med Leica ScanStation C10, uansett om man benytter dataene til objektdokumentasjon eller kun profildokumentasjon. Dette forutsetter imidlertid et fastmerkenett i tunnelen som er tett nok til å kunne benyttes av skanneren slik at ingen ekstra utgifter går med på fortetting av dette.

8 Konklusjon

Konklusjonen er at man ikke kan oppnå en total kost-/nyttefunksjon ved å basere seg på detaljiskanning som primærkilde for innhenting av data til den geometriske dokumentasjonen. Man ser at skanningsdataene har en nyttefunksjon ved at de kan benyttes som dokumentasjonsdata, og isolert sett reduserer man den samlede tidsbruken på dokumentasjonsprosessen. Men fordi deler av dokumentasjonen utføres kontinuerlig under prosjektet og ikke samlet, vil det både prismessig og praktisk ikke lønne seg.

Testene viser imidlertid at man kan oppnå en raskere profileringstid ved å benytte seg av Leica ScanStation C10 under *profildokumentasjonen*.

8.1 Egevaluering

Jeg synes jeg har kommet godt i mål med oppgaven og har svart problemstillingen på en tilfredsstillende måte. Læringsutbyttet av oppgaveprosessen har vært stor. Gjennom å ha arbeidet mot problemstillingen og målsettingene har jeg økt min kompetanse på laserskanning og dokumentasjonsprosessen av veitunnel.

Det har vært flere utfordringer under arbeidet med denne oppgaven. Presentasjonen av resultatene har vært den største utfordringen med store datamengder som må filtreres og legges fram på en fornuftig måte. I ettertid ser jeg også at jeg burde ha hatt større innblikk i det økonomiske aspektet ved dokumentasjonen. Ved å ha tilegnet meg kunnskap om kontraktsposter og priser tidligere i oppgaveprosessen kunne jeg ha presentert en bedre kostnadsberegning.

Kontakten med resurspersoner i Skanska har fungert meget godt og har vært preget av samarbeidvilje og hjelpsomhet. Med denne hjelpen har jeg kunnet fullføre oppgaveprosessen.

9 Litteraturliste

1. vegvesen, S., *Håndbok 018 Vegbygging*, 2011.
2. vegvesen, S., *Håndbok 151 Styring av utbyggings-, drifts- og vedlikeholdsprosjekter*, 2008.
3. Institutt, N.G. *New technology will provide secure tunnels*. 2010; Available from: <http://www.ngi.no/en/Project-pages/Tunnel-stability/News/For-the-first-time/>.
4. Norbert Pfeifer, C.B., *LASER SCANNING – PRINCIPLES AND APPLICATIONS*, 2007.
5. Roderik Lindenbergh, N.P., Tahir Rabbani, *ACCURACY ANALYSIS OF THE LEICA HDS3000 AND FEASIBILITY OF TUNNEL DEFORMATION MONITORING*, 2005.
6. Sylvie Soudarissanane, R.L., Massimo Menenti, Peter Teunissen, *INCIDENCE ANGLE INFLUENCE ON THE QUALITY OF TERRESTRIAL LASER SCANNING POINTS*, 2008.
7. Samferdselsdepartementet, *INSTRUKS FOR STATENS VEGVESEN*, 2011.
8. vegvesen, S., *Håndbok 025 Prosesskode 1*. 2007.
9. Stadheim, J.O., *Objektliste for ferdigvegsdata til kart og Nasjonal VegDataBank (NVDB)*, 2009.
10. Geosystems, L. *Leica Cyclone*. 2012; Available from: http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-Cyclone_6515.htm.
11. Geosystems, L., *Leica Cyclone II TOPO*. 2012.
12. Powel. *Gemini Terreng & Entreprenør*. 2012; Available from: <http://www.powel.no/produkter/Gemini/terreng-og-entreprenor/>.
13. AS, B.C. *Bever Team Office 3.0*. 2012; Available from: http://bevercontrol.com/products_1/bever_team_office_v3_0/.

10 Vedlegg

10.1 Vedleggsliste

- Vedlegg A - Registreringsrapport høy oppløsning
- Vedlegg B – Registreringsrapport medium+ oppløsning
- Vedlegg C – Registreringsrapport medium oppløsning
- Vedlegg D – Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, høy oppløsning
- Vedlegg E – Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, høy oppløsning
- Vedlegg F - Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium+ oppløsning
- Vedlegg G – Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium+ oppløsning
- Vedlegg H – Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium oppløsning
- Vedlegg I - Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium oppløsning
- Vedlegg J – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, høy oppløsning
- Vedlegg K – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, høy oppløsning
- Vedlegg L – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium+ oppløsning
- Vedlegg M – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium+ oppløsning
- Vedlegg N - Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium oppløsning
- Vedlegg O – Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium oppløsning
- Vedlegg P – Punktkontroll sluk, høy oppløsning m/reflektor - 10,7 meter
- Vedlegg Q – Punktkontroll sluk, høy oppløsning u/reflektor - 13,7 meter
- Vedlegg R – Punktkontroll sluk, medium+ oppløsning u/reflektor - 5,8 meter
- Vedlegg S – Punktkontroll sluk, medium oppløsning m/reflektor - 10,8 meter
- Vedlegg T – Innmålingsdata totalstasjon
- Vedlegg U – Relevant e-post korrespondanse

10.2 Vedlegg A - Registreringsrapport høy oppløsning

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

for Enabled Constraints = 0.003 m

for Disabled Constraints = 0.038 m

Date: 2012.04.25 14:17:30

Database name : Kvivstunnelen_HighRes

ScanWorlds

KjenteKoordinater (Leveled)

Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)

Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)

Constraints

Name	ScanWorld	ScanWorld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector
Horz	Vert						
unlabeled - b157	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (0.002, 0.001, 0.000) m	0.002 m 0.000 m
unlabeled - b157	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (0.001, 0.001, -0.001) m	0.001 m -0.001 m
unlabeled - b158	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (-0.002, -0.001, 0.001) m	0.002 m 0.001 m
unlabeled - b158	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (-0.001, -0.001, 0.001) m	0.001 m 0.001 m
unlabeled - B132	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.012 m (-0.008, 0.008, 0.000) m	0.012 m 0.000 m
unlabeled - B48	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.000, -0.001, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
unlabeled - B48	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.004 m (0.003, -0.002, 0.001) m	0.004 m 0.001 m
unlabeled - B47	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.000, 0.000, -0.001) m	0.000 m -0.001 m
unlabeled - B47	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m (0.001, -0.003, -0.001) m	0.003 m -0.001 m
unlabeled - b155	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.005 m (0.004, -0.003, 0.001) m	0.005 m 0.001 m
B48	Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m (0.003, -0.001, 0.001) m	0.003 m 0.001 m
B47	Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m (0.001, -0.003, -0.001) m	0.003 m -0.001 m
B132	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	Off	1.0000	0.038 m (0.011, -0.036, -0.001) m	0.038 m -0.001 m
B132	Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	Off	1.0000	0.039 m (0.011, -0.037, 0.000) m	0.039 m 0.000 m
b158	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
B132	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.000, 0.000, 0.001) m	0.000 m 0.001 m
b157	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (-0.001, 0.000, -0.001) m	0.001 m -0.001 m

ScanWorld Transformations

KjenteKoordinater (Leveled)

translation: (0.000, 0.000, 0.000) m

rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled)
translation: (365602.446, 6879973.003, 114.729) m
rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-106.395 deg

Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled)
translation: (365570.598, 6880010.237, 114.258) m
rotation: (-0.0000, -0.0000, -1.0000):41.753 deg

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)
translation: (365538.060, 6880052.851, 113.710) m
rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-162.573 deg

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)
translation: (365518.336, 6880075.478, 113.429) m
rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-161.158 deg

Unused ControlSpace Objects
KjenteKoordinater (Leveled):
Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12425: SW-001 (Leveled):
Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12475: SW-001 (Leveled):
Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled):
Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled):
Vertex : unlabeled

10.3 Vedlegg B – Registreringsrapport medium+ oppløsning

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

for Enabled Constraints = 0.001 m

for Disabled Constraints = 0.024 m

Date: 2012.04.25 14:16:36

Database name : Kvivstunnelen_75mm100m

ScanWorlds

Known Coordinates (Leveled)

75mm100m1: SW-001 (Leveled)

75mm100m2: SW-001 (Leveled)

Constraints

Name	ScanWorld	ScanWorld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector	Horz
Vert								
B132	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.000, -0.002) m	0.000 m -0.002 m
b157	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
b158	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, -0.001, 0.001) m	0.001 m 0.001 m
B132	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	Off	1.0000	0.024 m	(0.010, -0.022, 0.000) m	0.024 m 0.000 m
B132	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	Off	1.0000	0.024 m	(0.010, -0.022, -0.002) m	0.024 m -0.002 m
b158	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
b158	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m	0.001 m 0.001 m
b157	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m1: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
b157	Known Coordinates (Leveled)	75mm100m2: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, -0.001) m	0.001 m -0.001 m

ScanWorld Transformations

Known Coordinates (Leveled)

translation: (0.000, 0.000, 0.000) m

rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

75mm100m1: SW-001 (Leveled)

translation: (365541.557, 6880045.559, 114.030) m

rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-86.925 deg

75mm100m2: SW-001 (Leveled)

translation: (365518.381, 6880080.349, 113.525) m

rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):24.034 deg

Unused ControlSpace Objects

Known Coordinates (Leveled):

75mm100m1: SW-001 (Leveled):

Vertex : unlabeled

75mm100m2: SW-001 (Leveled):

Vertex : unlabeled

10.4 Vedlegg C – Registreringsrapport medium oppløsning

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

for Enabled Constraints = 0.001 m

for Disabled Constraints = 0.000 m

Date: 2012.04.25 14:17:12

Database name : Kvivstunnelen_MediumRes

ScanWorlds

KjenteKoordinater (Leveled)

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)

Constraints

Name	ScanWorld	ScanWorld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector
Horz	Vert						
unlabeled - b157	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (0.002, 0.001, 0.000) m	0.002 m 0.000 m
unlabeled - b157	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (0.001, 0.001, -0.001) m	0.001 m -0.001 m
unlabeled - b158	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m (-0.002, -0.001, 0.001) m	0.002 m 0.001 m
unlabeled - b158	KjenteKoordinater (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (-0.001, -0.001, 0.001) m	0.001 m 0.001 m
B132	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.000, 0.000, 0.001) m	0.000 m 0.001 m
b158	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m 0.000 m
b157	Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)	Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m (-0.001, 0.000, -0.001) m	0.001 m -0.001 m

ScanWorld Transformations

KjenteKoordinater (Leveled)

translation: (0.000, 0.000, 0.000) m

rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled)

translation: (365538.060, 6880052.851, 113.710) m

rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-162.573 deg

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled)

translation: (365518.336, 6880075.478, 113.429) m

rotation: (0.0000, 0.0000, 1.0000):-161.158 deg

Unused ControlSpace Objects

KjenteKoordinater (Leveled):

Vertex : unlabeled

Vertex : unlabeled

Vertex : unlabeled

Vertex : unlabeled

Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12525: SW-001 (Leveled):

Vertex : unlabeled

Oppstilling_pr12575: SW-001 (Leveled):

Vertex : unlabeled

10.5 Vedlegg D – Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, høy oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VSKHS3	0,006	0,005	-0,010	2	0,013		365615,160	6879962,201	113,098
VSKHS4	0,005	0,004	-0,007	2	0,009		365611,876	6879966,275	113,051
VSKHS5	-0,001	-0,001	-0,007	2	0,008		365608,394	6879970,582	112,991
VSKHS6	0,002	0,002	-0,007	2	0,008		365604,692	6879975,183	112,926
VSKHS7	0,007	0,005	-0,012	2	0,015		365601,141	6879979,594	112,857
VSKHS8	0,002	0,001	-0,014	2	0,014		365598,084	6879983,373	112,788
VSKHS9	0,015	0,012	-0,008	2	0,021		365595,020	6879987,196	112,734
VSKHS10	0,003	0,002	-0,001	2	0,004		365592,130	6879990,788	112,699
VSKHS11	-0,004	-0,003	-0,006	2	0,008		365588,945	6879994,728	112,665
VSKHS12	-0,001	-0,001	-0,013	2	0,013		365586,816	6879997,375	112,627
VSKHS13	-0,002	-0,002	-0,013	2	0,013		365585,546	6879998,964	112,606
VSKHS14	0,008	0,005	-0,008	2	0,013		365583,989	6880001,258	112,577
VSKHS15	0,004	0,002	-0,003	2	0,006		365581,637	6880004,877	112,563
VSKHS16	0,000	0,000	-0,009	2	0,009		365579,005	6880008,902	112,529
VSKHS17	-0,004	-0,002	-0,006	2	0,008		365576,700	6880012,448	112,494
VSKHS18	0,000	0,000	-0,009	2	0,009		365574,232	6880016,259	112,482
VSKHS19	-0,006	-0,004	0,002	2	0,007		365571,683	6880020,149	112,463
VSKHS20	0,006	0,004	-0,007	2	0,010		365569,344	6880023,734	112,420
VSKHS21	0,003	0,002	-0,007	2	0,008		365567,938	6880025,683	112,398
VSKHS22	-0,002	-0,001	-0,013	2	0,013		365565,829	6880028,312	112,371
VSKHS23	-0,003	-0,003	-0,004	2	0,005		365562,939	6880031,923	112,356
VSKHS24	0,005	0,004	-0,001	2	0,006		365560,030	6880035,559	112,313
VSKHS25	0,008	0,006	-0,006	2	0,012		365557,218	6880039,077	112,253
VSKHS26	0,005	0,004	-0,007	2	0,010		365554,073	6880042,980	112,188
VSKHS27	0,005	0,005	-0,006	2	0,010		365550,866	6880046,367	112,125
VSKHS28	0,003	0,003	-0,007	2	0,008		365547,662	6880049,624	112,066
VSKHS29	0,009	0,008	-0,008	2	0,014		365544,017	6880053,361	111,966
VSKHS30	0,005	0,005	-0,011	2	0,013		365540,558	6880056,896	111,907
VSKHS31	0,008	0,007	-0,006	2	0,012		365537,156	6880060,364	111,841
VSKHS32	0,009	0,008	-0,009	2	0,015		365533,345	6880064,276	111,778
VSKHS33	0,010	0,007	-0,011	2	0,017		365531,025	6880067,038	111,739
VSKHS34	0,009	0,007	-0,009	2	0,015		365527,759	6880071,141	111,688
VSKHS35	0,006	0,005	-0,011	2	0,014		365524,488	6880075,241	111,632
VSKHS36	0,007	0,005	-0,007	2	0,011		365521,303	6880079,246	111,582
VSKHS37	0,011	0,008	-0,009	2	0,016		365518,194	6880083,153	111,530
VSKHS38	0,003	0,002	-0,005	2	0,006		365515,355	6880086,693	111,493
VSKHS39	0,007	0,005	-0,009	2	0,013		365512,122	6880090,755	111,445
VSKHS40	0,006	0,005	-0,012	2	0,014		365509,656	6880093,856	111,401
VSKHS41	0,007	0,006	-0,012	2	0,015		365509,508	6880094,045	111,398

Totalt antall målepunkt:	39
Punkt innenfor krav:	39
Punkt utenfor krav (avvist):	0
Standardavvik:	0,004
Middel:	0,011
Minimum:	0,004
Maksimum:	0,021
Minimum absolutt verdi:	0,004
Maksimum absolutt verdi:	0,021

10.6 Vedlegg E - Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, høy oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VSKVS12	-0,001	-0,001	-0,011	2	0,011		365500,974	6880093,553	111,556
VSKVS13	-0,008	-0,006	-0,010	2	0,014		365504,006	6880089,741	111,608
VSKVS14	0,002	0,001	-0,013	2	0,013		365506,860	6880086,171	111,654
VSKVS15	0,000	0,000	-0,012	2	0,012		365510,253	6880081,885	111,715
VSKVS16	0,009	0,007	-0,011	2	0,016		365513,334	6880078,023	111,770
VSKVS17	0,015	0,012	-0,010	2	0,021		365516,203	6880074,423	111,822
VSKVS18	0,005	0,004	-0,007	2	0,010		365519,584	6880070,158	111,884
VSKVS19	0,011	0,008	-0,006	2	0,015		365522,873	6880066,048	111,943
VSKVS20	0,007	0,006	-0,001	2	0,009		365525,946	6880062,196	111,999
VSKVS21	0,011	0,009	-0,004	2	0,015		365528,940	6880058,458	112,044
VSKVS22	0,010	0,008	-0,007	2	0,014		365531,656	6880055,053	112,080
VSKVS23	0,006	0,004	-0,011	2	0,013		365534,844	6880051,052	112,121
VSKVS24	0,009	0,007	-0,001	2	0,012		365538,383	6880046,637	112,189
VSKVS25	0,005	0,004	-0,005	2	0,008		365541,508	6880042,723	112,234
VSKVS26	0,004	0,003	-0,004	2	0,007		365544,637	6880038,806	112,279
VSKVS27	0,001	0,001	-0,003	2	0,004		365547,574	6880035,126	112,325
VSKVS28	0,006	0,005	-0,003	2	0,008		365550,478	6880031,503	112,375
VSKVS29	0,006	0,005	-0,009	2	0,012		365553,354	6880027,917	112,417
VSKVS30	0,000	0,000	-0,004	2	0,004		365556,270	6880024,277	112,471
VSKVS31	0,001	0,001	-0,004	2	0,004		365559,252	6880020,554	112,517
VSKVS32	0,002	0,002	-0,005	2	0,006		365561,872	6880017,289	112,554
VSKVS33	0,000	0,000	-0,005	2	0,005		365564,767	6880013,674	112,595
VSKVS34	0,003	0,002	-0,009	2	0,009		365567,613	6880010,127	112,632
VSKVS35	0,004	0,004	-0,004	2	0,007		365571,019	6880005,887	112,690
VSKVS36	0,000	0,000	-0,006	2	0,006		365574,299	6880001,796	112,744
VSKVS37	0,004	0,003	-0,007	2	0,009		365577,218	6879998,172	112,790
VSKVS38	0,001	0,001	-0,006	2	0,006		365580,241	6879994,402	112,840
VSKVS39	0,001	0,001	-0,007	2	0,007		365583,160	6879990,766	112,885
VSKVS40	-0,006	-0,005	-0,010	2	0,012		365586,265	6879986,898	112,943
VSKVS41	-0,001	-0,001	-0,012	2	0,012		365589,790	6879982,534	113,008
VSKVS42	0,001	0,001	-0,009	2	0,009		365592,573	6879979,085	113,059
VSKVS43	0,000	0,000	-0,012	2	0,012		365595,747	6879975,140	113,108
VSKVS44	-0,002	-0,002	-0,014	2	0,015		365598,690	6879971,479	113,151
VSKVS45	0,002	0,001	-0,014	2	0,014		365602,070	6879967,295	113,203

Totalt antall målepunkt: 34
Punkt innenfor krav: 34
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,004
Middel: 0,010
Minimum: 0,004
Maksimum: 0,021
Minimum absolutt verdi: 0,004
Maksimum absolutt verdi: 0,021

10.7 Vedlegg F - Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium+ oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Målt punkt		
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist	Øst	Nord	Høyde
VSKHS23	-0,002	-0,002	-0,007	2	0,008		365562,939	6880031,923	112,356
VSKHS24	0,000	0,000	-0,001	2	0,001		365560,030	6880035,559	112,313
VSKHS25	0,005	0,004	-0,004	2	0,007		365557,218	6880039,077	112,253
VSKHS26	0,001	0,001	-0,007	2	0,007		365554,073	6880042,980	112,188
VSKHS27	0,005	0,004	-0,013	2	0,015		365550,866	6880046,367	112,125
VSKHS28	-0,002	-0,002	-0,010	2	0,010		365547,662	6880049,624	112,066
VSKHS29	-0,001	-0,001	-0,019	2	0,019		365544,017	6880053,361	111,966
VSKHS30	-0,001	-0,001	-0,008	2	0,008		365540,558	6880056,896	111,907
VSKHS31	0,002	0,002	-0,017	2	0,017		365537,156	6880060,364	111,841
VSKHS32	-0,035	-0,031	-0,013	2	0,049	X	365533,345	6880064,276	111,778
VSKHS33	0,003	0,002	-0,014	2	0,015		365531,025	6880067,038	111,739
VSKHS34	0,004	0,003	-0,013	2	0,014		365527,759	6880071,141	111,688
VSKHS35	-0,002	-0,001	-0,012	2	0,012		365524,488	6880075,241	111,632
VSKHS36	0,003	0,002	-0,008	2	0,008		365521,303	6880079,246	111,582
VSKHS37	0,005	0,004	-0,009	2	0,011		365518,194	6880083,153	111,530
VSKHS38	-0,004	-0,003	-0,007	2	0,009		365515,355	6880086,693	111,493
VSKHS39	0,000	0,000	-0,008	2	0,008		365512,122	6880090,755	111,445
VSKHS40	0,004	0,003	-0,011	2	0,012		365509,656	6880093,856	111,401
VSKHS41	0,006	0,005	-0,010	2	0,013		365509,508	6880094,045	111,398

Totalt antall målepunkt: 19
Punkt innenfor krav: 18
Punkt utenfor krav (avvist): 1

Standardavvik: 0,010
Middel: 0,013
Minimum: 0,001
Maksimum: 0,049
Minimum absolutt verdi: 0,001
Maksimum absolutt verdi: 0,049

10.8 Vedlegg G – Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium+ oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VSKVS12	0,005	0,004	-0,011	2	0,013		365500,974	6880093,553	111,556
VSKVS13	0,000	0,000	-0,011	2	0,011		365504,006	6880089,741	111,608
VSKVS14	0,011	0,009	-0,013	2	0,019		365506,860	6880086,171	111,654
VSKVS15	0,004	0,003	-0,011	2	0,012		365510,253	6880081,885	111,715
VSKVS16	0,009	0,007	-0,011	2	0,016		365513,334	6880078,023	111,770
VSKVS17	0,013	0,010	-0,011	2	0,020		365516,203	6880074,423	111,822
VSKVS18	0,001	0,001	-0,006	2	0,006		365519,584	6880070,158	111,884
VSKVS19	0,007	0,006	-0,007	2	0,011		365522,873	6880066,048	111,943
VSKVS20	0,000	0,000	0,001	2	0,001		365525,946	6880062,196	111,999
VSKVS21	-0,001	-0,001	-0,001	2	0,002		365528,940	6880058,458	112,044
VSKVS22	-0,005	-0,004	-0,003	2	0,007		365531,656	6880055,053	112,080
VSKVS23	-0,001	-0,001	-0,011	2	0,011		365534,844	6880051,052	112,121
VSKVS24	0,005	0,004	-0,007	2	0,010		365538,383	6880046,637	112,189
VSKVS25	0,000	0,000	-0,007	2	0,007		365541,508	6880042,723	112,234
VSKVS26	0,003	0,003	-0,008	2	0,009		365544,637	6880038,806	112,279
VSKVS27	0,000	0,000	-0,006	2	0,006		365547,574	6880035,126	112,325
VSKVS28	-0,001	-0,001	-0,003	2	0,004		365550,478	6880031,503	112,375
VSKVS29	-0,003	-0,002	-0,005	2	0,006		365553,354	6880027,917	112,417

Totalt antall målepunkt: 18
Punkt innenfor krav: 18
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,005
Middel: 0,009
Minimum: 0,001
Maksimum: 0,020
Minimum absolutt verdi: 0,001
Maksimum absolutt verdi: 0,020

10.9 Vedlegg H - Linjekontroll vegskulderkant, høyre side, medium oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VSKHS25	0,015	0,012	-0,001	2	0,019		365557,218	6880039,077	112,253
VSKHS26	0,000	0,000	-0,004	2	0,004		365554,073	6880042,980	112,188
VSKHS27	-0,004	-0,004	-0,007	2	0,009		365550,866	6880046,367	112,125
VSKHS28	-0,006	-0,006	-0,007	2	0,011		365547,662	6880049,624	112,066
VSKHS29	-0,003	-0,003	-0,007	2	0,009		365544,017	6880053,361	111,966
VSKHS30	-0,004	-0,004	-0,010	2	0,012		365540,558	6880056,896	111,907
VSKHS31	0,004	0,004	-0,012	2	0,014		365537,156	6880060,364	111,841
VSKHS32	0,005	0,005	-0,009	2	0,011		365533,345	6880064,276	111,778
VSKHS33	0,003	0,002	-0,009	2	0,010		365531,025	6880067,038	111,739
VSKHS34	-0,002	-0,001	-0,012	2	0,012		365527,759	6880071,141	111,688
VSKHS35	-0,007	-0,006	-0,012	2	0,015		365524,488	6880075,241	111,632
VSKHS36	-0,004	-0,004	-0,009	2	0,010		365521,303	6880079,246	111,582
VSKHS37	0,000	0,000	-0,008	2	0,008		365518,194	6880083,153	111,530
VSKHS38	-0,008	-0,007	-0,007	2	0,013		365515,355	6880086,693	111,493
VSKHS39	-0,003	-0,002	-0,007	2	0,008		365512,122	6880090,755	111,445

Totalt antall målepunkt:	15
Punkt innenfor krav:	15
Punkt utenfor krav (avvist):	0
Standardavvik:	0,004
Middel:	0,011
Minimum:	0,004
Maksimum:	0,019
Minimum absolutt verdi:	0,004
Maksimum absolutt verdi:	0,019

10.10 Vedlegg I - Linjekontroll vegskulderkant, venstre side, medium oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VSKVS16	0,008	0,006	-0,010	2	0,014		365513,334	6880078,023	111,770
VSKVS17	0,015	0,011	-0,009	2	0,021		365516,203	6880074,423	111,822
VSKVS18	0,003	0,002	-0,006	2	0,007		365519,584	6880070,158	111,884
VSKVS19	0,011	0,008	-0,007	2	0,015		365522,873	6880066,048	111,943
VSKVS20	0,007	0,005	-0,005	2	0,010		365525,946	6880062,196	111,999
VSKVS21	0,012	0,009	-0,004	2	0,016		365528,940	6880058,458	112,044
VSKVS22	0,010	0,008	-0,004	2	0,014		365531,656	6880055,053	112,080
VSKVS23	0,004	0,003	-0,009	2	0,011		365534,844	6880051,052	112,121
VSKVS24	0,007	0,005	-0,005	2	0,010		365538,383	6880046,637	112,189
VSKVS25	0,003	0,002	-0,003	2	0,005		365541,508	6880042,723	112,234
VSKVS26	0,005	0,004	-0,009	2	0,011		365544,637	6880038,806	112,279
VSKVS27	0,000	0,000	-0,002	2	0,002		365547,574	6880035,126	112,325
VSKVS28	-0,002	-0,001	0,002	2	0,003		365550,478	6880031,503	112,375
VSKVS29	0,003	0,002	-0,002	2	0,004		365553,354	6880027,917	112,417

Totalt antall målepunkt: 14
Punkt innenfor krav: 14
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,006
Middel: 0,010
Minimum: 0,002
Maksimum: 0,021
Minimum absolutt verdi: 0,002
Maksimum absolutt verdi: 0,021

10.11 Vedlegg J – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, høy oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VRVVS2	0,007	0,006	-0,002	2	0,009		365497,689	6880096,222	112,579
VRVVS3	0,000	0,000	-0,005	2	0,005		365503,035	6880089,484	112,660
VRVVS4	0,004	0,003	-0,007	2	0,008		365508,515	6880082,607	112,758
VRVVS5	0,001	0,001	-0,004	2	0,004		365513,808	6880075,948	112,855
VRVVS6	0,000	0,000	0,001	2	0,001		365518,760	6880069,724	112,940
VRVVS7	-0,016	-0,013	0,009	2	0,023		365523,657	6880063,557	113,035
VRVVS8	-0,007	-0,006	0,003	2	0,009		365528,667	6880057,297	113,105
VRVVS9	0,000	0,000	-0,003	2	0,003		365533,228	6880051,609	113,163
VRVVS10	-0,008	-0,007	-0,001	2	0,011		365538,064	6880045,539	113,246
VRVVS11	0,003	0,003	0,002	2	0,005		365542,755	6880039,706	113,320
VRVVS12	-0,002	-0,001	-0,004	2	0,004		365547,710	6880033,471	113,401
VRVVS13	0,004	0,003	-0,003	2	0,006		365552,982	6880026,933	113,481
VRVVS14	-0,005	-0,004	0,002	2	0,007		365557,897	6880020,769	113,566
VRVVS15	-0,001	-0,001	-0,005	2	0,005		365563,696	6880013,546	113,640
VRVVS16	0,003	0,002	0,000	2	0,003		365568,857	6880007,130	113,720
VRVVS17	-0,004	-0,003	-0,006	2	0,008		365574,079	6880000,615	113,803
VRVVS18	0,001	0,001	-0,004	2	0,004		365579,723	6879993,612	113,890
VRVVS19	0,006	0,004	-0,008	2	0,011		365585,189	6879986,800	113,991
VRVVS20	0,004	0,003	-0,005	2	0,007		365590,954	6879979,647	114,092
VRVVS21	-0,001	-0,001	-0,017	2	0,017		365596,059	6879973,307	114,167
VRVVS22	-0,006	-0,005	-0,002	2	0,008		365601,609	6879966,408	114,270
VRVVS23	-0,004	-0,003	0,000	2	0,005		365607,048	6879959,652	114,357
VRVVS24	0,006	0,004	-0,014	2	0,015		365611,882	6879953,672	114,427

Totalt antall målepunkt: 23
Punkt innenfor krav: 23
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,005
Middel: 0,008
Minimum: 0,001
Maksimum: 0,023
Minimum absolutt verdi: 0,001
Maksimum absolutt verdi: 0,023

10.12 Vedlegg K - Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, høy oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Målt punkt		
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist	Øst	Nord	Høyde
VRVHS23	-0,007	-0,005	0,007	2	0,011		365556,177	6880041,932	113,214
VRVHS24	0,006	0,006	0,005	2	0,010		365554,068	6880044,497	113,175
VRVHS25	0,001	0,001	0,007	2	0,007		365550,145	6880048,527	113,091
VRVHS26	0,001	0,001	0,009	2	0,009		365546,927	6880051,805	113,026
VRVHS27	0,004	0,003	-0,003	2	0,006		365543,904	6880054,893	112,956
VRVHS28	-0,001	-0,001	0,002	2	0,003		365540,597	6880058,266	112,909
VRVHS29	-0,008	-0,008	0,001	2	0,012		365537,747	6880061,157	112,876
VRVHS30	0,001	0,001	0,000	2	0,002		365534,982	6880064,002	112,845
VRVHS31	0,003	0,003	0,004	2	0,006		365533,205	6880065,943	112,813
VRVHS32	0,002	0,002	-0,006	2	0,007		365527,294	6880073,339	112,716
VRVHS33	-0,007	-0,006	-0,002	2	0,010		365524,545	6880076,768	112,677
VRVHS34	0,005	0,004	0,000	2	0,006		365522,210	6880079,707	112,647
VRVHS35	0,000	0,000	0,004	2	0,004		365519,459	6880083,163	112,605
VRVHS36	0,001	0,001	-0,002	2	0,002		365516,516	6880086,854	112,551
VRVHS37	-0,003	-0,002	0,000	2	0,003		365514,008	6880089,992	112,512
VRVHS38	-0,002	-0,002	0,009	2	0,010		365510,840	6880093,963	112,465
VRVHS39	0,001	0,001	0,009	2	0,009		365509,144	6880096,096	112,435
VRVHS40	-0,003	-0,002	0,010	2	0,011		365508,740	6880096,594	112,429

Totalt antall målepunkt: 18
Punkt innenfor krav: 18
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,003
Middel: 0,007
Minimum: 0,002
Maksimum: 0,012
Minimum absolutt verdi: 0,002
Maksimum absolutt verdi: 0,012

10.13 Vedlegg L – Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium+ oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Målt punkt		
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist	Øst	Nord	Høyde
VRVHS23	-0,008	-0,007	0,003	2	0,011		365556,177	6880041,932	113,214
VRVHS24	0,007	0,007	0,001	2	0,010		365554,068	6880044,497	113,175
VRVHS25	-0,002	-0,002	-0,003	2	0,005		365550,145	6880048,527	113,091
VRVHS26	-0,002	-0,002	-0,001	2	0,003		365546,927	6880051,805	113,026
VRVHS27	-0,002	-0,002	-0,008	2	0,008		365543,904	6880054,893	112,956
VRVHS28	-0,001	-0,001	-0,002	2	0,002		365540,597	6880058,266	112,909
VRVHS29	-0,009	-0,008	-0,001	2	0,012		365537,747	6880061,157	112,876
VRVHS30	0,002	0,002	0,002	2	0,003		365534,982	6880064,002	112,845
VRVHS31	-0,009	-0,008	-0,003	2	0,012		365533,205	6880065,943	112,813
VRVHS32	-0,002	-0,002	-0,003	2	0,004		365527,294	6880073,339	112,716
VRVHS33	-0,009	-0,007	-0,003	2	0,012		365524,545	6880076,768	112,677
VRVHS34	0,001	0,001	0,003	2	0,003		365522,210	6880079,707	112,647
VRVHS35	-0,001	0,000	0,004	2	0,004		365519,459	6880083,163	112,605
VRVHS36	-0,004	-0,003	0,003	2	0,006		365516,516	6880086,854	112,551
VRVHS37	-0,001	-0,001	0,002	2	0,003		365514,008	6880089,992	112,512
VRVHS38	-0,002	-0,002	0,006	2	0,007		365510,840	6880093,963	112,465
VRVHS39	-0,002	-0,002	0,005	2	0,006		365509,144	6880096,096	112,435

Totalt antall målepunkt: 17
Punkt innenfor krav: 17
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,004
Middel: 0,007
Minimum: 0,002
Maksimum: 0,012
Minimum absolutt verdi: 0,002
Maksimum absolutt verdi: 0,012

10.14 Vedlegg M - Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium+ oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Målt punkt		
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist	Øst	Nord	Høyde
VRVVS3	-0,002	-0,002	-0,002	2	0,004		365503,035	6880089,484	112,660
VRVVS4	0,000	0,000	0,000	2	0,000		365508,515	6880082,607	112,758
VRVVS5	-0,001	-0,001	-0,007	2	0,007		365513,808	6880075,948	112,855
VRVVS6	-0,002	-0,002	0,002	2	0,004		365518,760	6880069,724	112,940
VRVVS7	-0,020	-0,016	0,006	2	0,026		365523,657	6880063,557	113,035
VRVVS8	-0,018	-0,014	0,004	2	0,023		365528,667	6880057,297	113,105
VRVVS9	-0,006	-0,005	0,002	2	0,007		365533,228	6880051,609	113,163
VRVVS10	-0,015	-0,012	-0,002	2	0,019		365538,064	6880045,539	113,246
VRVVS11	0,005	0,004	-0,004	2	0,008		365542,755	6880039,706	113,320
VRVVS12	-0,010	-0,008	0,009	2	0,016		365547,710	6880033,471	113,401

Totalt antall målepunkt:	10
Punkt innenfor krav:	10
Punkt utenfor krav (avvist):	0
Standardavvik:	0,009
Middel:	0,011
Minimum:	0,000
Maksimum:	0,026
Minimum absolutt verdi:	0,000
Maksimum absolutt verdi:	0,026

10.15 Vedlegg N - Linjekontroll vegrekkverk, høyre side, medium oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Målt punkt		
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist	Øst	Nord	Høyde
VRVHS23	0,000	0,000	0,012	2	0,012		365556,177	6880041,932	113,214
VRVHS24	0,002	0,002	0,000	2	0,003		365554,068	6880044,497	113,175
VRVHS25	0,000	0,000	0,004	2	0,004		365550,145	6880048,527	113,091
VRVHS26	-0,001	-0,001	0,002	2	0,002		365546,927	6880051,805	113,026
VRVHS27	-0,001	-0,001	-0,003	2	0,003		365543,904	6880054,893	112,956
VRVHS28	-0,005	-0,005	-0,002	2	0,007		365540,597	6880058,266	112,909
VRVHS29	-0,002	-0,002	0,002	2	0,003		365537,747	6880061,157	112,876
VRVHS30	0,004	0,004	0,003	2	0,007		365534,982	6880064,002	112,845
VRVHS31	-0,003	-0,002	-0,003	2	0,005		365533,205	6880065,943	112,813
VRVHS32	0,002	0,001	-0,002	2	0,003		365527,294	6880073,339	112,716
VRVHS33	-0,008	-0,006	-0,002	2	0,010		365524,545	6880076,768	112,677
VRVHS34	0,001	0,001	-0,003	2	0,003		365522,210	6880079,707	112,647
VRVHS35	-0,002	-0,002	0,005	2	0,006		365519,459	6880083,163	112,605
VRVHS36	-0,003	-0,003	-0,002	2	0,004		365516,516	6880086,854	112,551
VRVHS37	-0,001	-0,001	0,002	2	0,002		365514,008	6880089,992	112,512
VRVHS38	-0,007	-0,005	0,003	2	0,009		365510,840	6880093,963	112,465

Totalt antall målepunkt: 16
Punkt innenfor krav: 16
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,003
Middel: 0,005
Minimum: 0,002
Maksimum: 0,012
Minimum absolutt verdi: 0,002
Maksimum absolutt verdi: 0,012

10.16 Vedlegg O - Linjekontroll vegrekkverk, venstre side, medium oppløsning

Punkt	Vektor fra teo. punkt				Linjekontroll		Øst	Målt punkt	
	Dx	Dy	Dz	Fotpunkt	Differanse	Avvist		Nord	Høyde
VRVVS5	0,011	0,008	-0,010	2	0,017		365513,808	6880075,948	112,855
VRVVS6	0,004	0,003	0,000	2	0,005		365518,760	6880069,724	112,940
VRVVS7	-0,002	-0,001	-0,003	2	0,003		365523,657	6880063,557	113,035
VRVVS8	-0,003	-0,003	-0,002	2	0,005		365528,667	6880057,297	113,105
VRVVS9	0,001	0,001	-0,002	2	0,003		365533,228	6880051,609	113,163
VRVVS10	-0,015	-0,012	0,001	2	0,019		365538,064	6880045,539	113,246
VRVVS11	0,008	0,006	-0,004	2	0,011		365542,755	6880039,706	113,320
VRVVS12	0,004	0,003	0,000	2	0,005		365547,710	6880033,471	113,401
VRVVS13	0,004	0,003	0,003	2	0,006		365552,982	6880026,933	113,481

Totalt antall målepunkt: 9
Punkt innenfor krav: 9
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik: 0,006
Middel: 0,008
Minimum: 0,003
Maksimum: 0,019
Minimum absolutt verdi: 0,003
Maksimum absolutt verdi: 0,019

10.17 Vedlegg P – Punktkontroll sluk, høy oppløsning m/reflektor - 10,7 meter

Punkt	Vektor fra teo. punkt			Differansekontroll		
	Dx	Dy	Dz	Differanse	Avvist	Teo.punkt
Sluk_highRes_10,7m_mRef	0,003	-0,005	0,001	-0,006		Sluk2
	Teoretisk punkt			Målt punkt		
	Øst	Nord	Høyde	Øst	Nord	Høyde
	365546,840	6880046,887	111,991	365546,843	6880046,882	111,992

Totalt antall målepunkt: 1
Punkt innenfor krav: 1
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik:
Middel: -0,006
Minimum: -0,006
Maksimum: -0,006
Minimum absolutt verdi: 0,006
Maksimum absolutt verdi: 0,006

10.18 Vedlegg Q – Punktkontroll sluk, høy oppløsning u/reflektor - 13,7 meter

Punkt	Vektor fra teo. punkt			Differansekontroll		
	Dx	Dy	Dz	Differanse	Avvist	Teo.punkt
Sluk_higRes_13,7m_uRef	0,006	0,005	0,004	0,009		Sluk1
	Teoretisk punkt			Målt punkt		
	Øst	Nord	Høyde	Øst	Nord	Høyde
	365596,441	6879985,121	112,765	365596,447	6879985,126	112,769

Totalt antall målepunkt: 1
Punkt innenfor krav: 1
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik:
Middel: 0,009
Minimum: 0,009
Maksimum: 0,009
Minimum absolutt verdi: 0,009
Maksimum absolutt verdi: 0,009

10.19 Vedlegg R – Punktkontroll sluk, medium+ oppløsning u/reflektor - 5,8 meter

Punkt	Vektor fra teo. punkt			Differansekontroll		
	Dx	Dy	Dz	Differanse	Avvist	Teo.punkt
Sluk_medium+_5,8m_uRef	0,007	-0,008	0,003	-0,011		Sluk2
	Teoretisk punkt			Målt punkt		
	Øst	Nord	Høyde	Øst	Nord	Høyde
	365546,840	6880046,887	111,991	365546,847	6880046,879	111,994

Totalt antall målepunkt: 1
Punkt innenfor krav: 1
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik:
Middel: -0,011
Minimum: -0,011
Maksimum: -0,011
Minimum absolutt verdi: 0,011
Maksimum absolutt verdi: 0,011

10.20 Vedlegg S – Punktkontroll sluk, medium oppløsning m/reflektor - 10,8 meter

Punkt	Vektor fra teo. punkt			Differansekontroll		
	Dx	Dy	Dz	Differanse	Avvist	Teo.punkt
Sluk_medium_10,8m_mRef	0,003	-0,005	0,006	0,008		Sluk2
	Teoretisk punkt			Målt punkt		
	Øst	Nord	Høyde	Øst	Nord	Høyde
	365546,840	6880046,887	111,991	365546,843	6880046,882	111,997

Totalt antall målepunkt: 1
Punkt innenfor krav: 1
Punkt utenfor krav (avvist): 0

Standardavvik:
Middel: 0,008
Minimum: 0,008
Maksimum: 0,008
Minimum absolutt verdi: 0,008
Maksimum absolutt verdi: 0,008

10.21 Vedlegg T - Innmålingsdata totalstasjon

```

-00 FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
-01 OOOOOOOOOOOO DDDDDDDDDDDD VVVVVVVVVVVV KKKKKKKKKKKK OOOOOOOOOOOO
-02 SSSSSSSSSS KKKKKKKK NNNNNNNN TTTTTTTT TTTTTTTT II.III Bk MMMMMMMM
-03 TTTTTTTTTT KKKKKKKK HHH.HHHH VVV.VVVV AAAA.AAA SS.SSS Bk MMMMMMMM
-04 TTTTTTTTTT KKKKKKKK HHH.HHHH DDDD.DDD AAAA.AAA SS.SSS Bk MMMMMMMM
-05 PPPPPPPPPP KKKKKKKK XXXXXXXX.XXX YYYYYYY.YYY ZZZZ.ZZZ Bk MMMMMMMM
-06 PPPPPPPPPP KKKKKKKK PPPPPPPP.PPP AAAAAAA.AAA ZZZZ.ZZZ Bk MMMMMMMM
-07 PPPPPPPPPP KKKKKKKK dXXXXXXXX.XXX dYYYYYY.YYY dZZZ.ZZZ Bk MMMMMMMM
-08 Epi E1 E2 E3 E4
00 -09_Pi Sammenheng FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF MMMMMMMM
-00 Leica Geosystems AG
-00 Instrument: TS15 I 3" R1000 Måledato: 14.03.2012
-00 Målejobb: kviv maaling Operatør: jwinge
-00 Jobbeskrivelse: bacheloroppgave kun maalinger
05 14021201 6880024.491 365561.785 114.051 0.011
05 B47 6879987.747 365596.684 114.221 0.000
05 B48 6879980.627 365588.995 114.296 0.000
05 B158 6880097.474 365495.972 113.617 0.000
05 14031202 6880024.491 365561.786 114.053 0.010
09_91
05 VSKVS1 6880127.326 365474.151 111.134 0.007
05 VSKVS2 6880123.760 365476.976 111.180 0.006
05 VSKVS3 6880119.667 365480.232 111.234 0.006
05 VSKVS4 6880116.428 365482.804 111.274 0.006
05 VSKVS5 6880113.192 365485.370 111.318 0.006
05 VSKVS6 6880109.712 365488.129 111.356 0.006
05 VSKVS7 6880105.697 365491.314 111.403 0.006
05 VSKVS8 6880105.696 365491.306 111.404 0.006
05 VSKVS9 6880105.696 365491.314 111.403 0.006
05 VSKVS10 6880101.263 365494.831 111.455 0.006
05 VSKVS11 6880097.547 365497.799 111.504 0.006
05 VSKVS12 6880093.553 365500.974 111.556 0.006
05 VSKVS13 6880089.741 365504.006 111.608 0.006
05 VSKVS14 6880086.171 365506.860 111.654 0.006
05 VSKVS15 6880081.885 365510.253 111.715 0.006
05 VSKVS16 6880078.023 365513.334 111.770 0.006
05 VSKVS17 6880074.423 365516.203 111.822 0.005
05 VSKVS18 6880070.158 365519.584 111.884 0.005
05 VSKVS19 6880066.048 365522.873 111.943 0.005
05 VSKVS20 6880062.196 365525.946 111.999 0.005
05 VSKVS21 6880058.458 365528.940 112.044 0.005
05 VSKVS22 6880055.053 365531.656 112.080 0.005
05 VSKVS23 6880051.052 365534.844 112.121 0.005
05 VSKVS24 6880046.637 365538.383 112.189 0.005
05 VSKVS25 6880042.723 365541.508 112.234 0.005
05 VSKVS26 6880038.806 365544.637 112.279 0.005
05 VSKVS27 6880035.126 365547.574 112.325 0.005
05 VSKVS28 6880031.503 365550.478 112.375 0.005
05 VSKVS29 6880027.917 365553.354 112.417 0.005
05 VSKVS30 6880024.277 365556.270 112.471 0.005

```

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

05 VSKVS31	6880020.554	365559.252	112.517	0.005
05 VSKVS32	6880017.289	365561.872	112.554	0.005
05 VSKVS33	6880013.674	365564.767	112.595	0.005
05 VSKVS34	6880010.127	365567.613	112.632	0.005
05 VSKVS35	6880005.887	365571.019	112.690	0.005
05 VSKVS36	6880001.796	365574.299	112.744	0.005
05 VSKVS37	6879998.172	365577.218	112.790	0.005
05 VSKVS38	6879994.402	365580.241	112.840	0.005
05 VSKVS39	6879990.766	365583.160	112.885	0.005
05 VSKVS40	6879986.898	365586.265	112.943	0.005
05 VSKVS41	6879982.534	365589.790	113.008	0.005
05 VSKVS42	6879979.085	365592.573	113.059	0.005
05 VSKVS43	6879975.140	365595.747	113.108	0.005
05 VSKVS44	6879971.479	365598.690	113.151	0.005
05 VSKVS45	6879967.295	365602.070	113.203	0.006
05 VSKVS46	6879949.767	365616.200	113.429	0.006
09_99				
05 14031203	6880024.490	365561.785	114.052	0.010
09_91				
05 VSKHS1	6879953.755	365621.968	113.209	0.006
05 VSKHS2	6879957.597	365618.881	113.157	0.006
05 VSKHS3	6879962.201	365615.160	113.098	0.006
05 VSKHS4	6879966.275	365611.876	113.051	0.006
05 VSKHS5	6879970.582	365608.394	112.991	0.006
05 VSKHS6	6879975.183	365604.692	112.926	0.005
05 VSKHS7	6879979.594	365601.141	112.857	0.005
05 VSKHS8	6879983.373	365598.084	112.788	0.005
05 VSKHS9	6879987.196	365595.020	112.734	0.005
05 VSKHS10	6879990.788	365592.130	112.699	0.005
05 VSKHS11	6879994.728	365588.945	112.665	0.005
05 VSKHS12	6879997.375	365586.816	112.627	0.005
05 VSKHS13	6879998.964	365585.546	112.606	0.005
05 VSKHS14	6880001.258	365583.989	112.577	0.005
05 VSKHS15	6880004.877	365581.637	112.563	0.005
05 VSKHS16	6880008.902	365579.005	112.529	0.005
05 VSKHS17	6880012.448	365576.700	112.494	0.005
05 VSKHS18	6880016.259	365574.232	112.482	0.005
05 VSKHS19	6880020.149	365571.683	112.463	0.005
05 VSKHS20	6880023.734	365569.344	112.420	0.005
05 VSKHS21	6880025.683	365567.938	112.398	0.005
05 VSKHS22	6880028.312	365565.829	112.371	0.005
05 VSKHS23	6880031.923	365562.939	112.356	0.005
05 VSKHS24	6880035.559	365560.030	112.313	0.005
05 VSKHS25	6880039.077	365557.218	112.253	0.005
05 VSKHS26	6880042.980	365554.073	112.188	0.005
05 VSKHS27	6880046.367	365550.866	112.125	0.005
05 VSKHS28	6880049.624	365547.662	112.066	0.005
05 VSKHS29	6880053.361	365544.017	111.966	0.005
05 VSKHS30	6880056.896	365540.558	111.907	0.005
05 VSKHS31	6880060.364	365537.156	111.841	0.005
05 VSKHS32	6880064.276	365533.345	111.778	0.005
05 VSKHS33	6880067.038	365531.025	111.739	0.005

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

05 VSKHS34	6880071.141	365527.759	111.688	0.005
05 VSKHS35	6880075.241	365524.488	111.632	0.005
05 VSKHS36	6880079.246	365521.303	111.582	0.006
05 VSKHS37	6880083.153	365518.194	111.530	0.006
05 VSKHS38	6880086.693	365515.355	111.493	0.006
05 VSKHS39	6880090.755	365512.122	111.445	0.006
05 VSKHS40	6880093.856	365509.656	111.401	0.006
05 VSKHS41	6880094.045	365509.508	111.398	0.006
09_99				
09_91				
05 VRVHS	6879954.861	365622.336	114.269	0.006
05 VRVHS1	6879954.867	365622.340	114.269	0.006
05 VRVHS2	6879958.976	365618.957	114.209	0.006
05 VRVHS3	6879962.975	365615.806	114.167	0.006
05 VRVHS4	6879966.501	365612.939	114.124	0.006
05 VRVHS5	6879970.447	365609.772	114.069	0.006
05 VRVHS6	6879974.232	365606.717	114.016	0.005
05 VRVHS7	6879978.219	365603.521	113.951	0.005
05 VRVHS8	6879982.190	365600.315	113.891	0.005
05 VRVHS9	6879986.231	365597.057	113.833	0.005
05 VRVHS10	6879988.935	365594.897	113.796	0.005
05 VRVHS11	6879992.515	365592.007	113.754	0.005
05 VRVHS12	6879999.452	365586.452	113.684	0.005
05 VRVHS13	6880004.089	365583.330	113.636	0.005
05 VRVHS14	6880008.952	365580.171	113.574	0.005
05 VRVHS15	6880013.332	365577.296	113.527	0.005
05 VRVHS16	6880017.405	365574.646	113.495	0.005
05 VRVHS17	6880021.575	365571.930	113.466	0.005
05 VRVHS18	6880024.409	365570.058	113.442	0.005
05 VRVHS19	6880026.500	365568.539	113.416	0.005
05 VRVHS20	6880027.811	365567.486	113.400	0.005
05 VRVHS21	6880028.689	365566.796	113.386	0.005
05 VRVHS22	6880030.462	365565.395	113.385	0.005
05 VRVHS23	6880041.932	365556.177	113.214	0.005
05 VRVHS24	6880044.497	365554.068	113.175	0.005
05 VRVHS25	6880048.527	365550.145	113.091	0.005
05 VRVHS26	6880051.805	365546.927	113.026	0.005
05 VRVHS27	6880054.893	365543.904	112.956	0.005
05 VRVHS28	6880058.266	365540.597	112.909	0.005
05 VRVHS29	6880061.157	365537.747	112.876	0.005
05 VRVHS30	6880064.002	365534.982	112.845	0.005
05 VRVHS31	6880065.943	365533.205	112.813	0.005
05 VRVHS32	6880073.339	365527.294	112.716	0.005
05 VRVHS33	6880076.768	365524.545	112.677	0.005
05 VRVHS34	6880079.707	365522.210	112.647	0.006
05 VRVHS35	6880083.163	365519.459	112.605	0.006
05 VRVHS36	6880086.854	365516.516	112.551	0.006
05 VRVHS37	6880089.992	365514.008	112.512	0.006
05 VRVHS38	6880093.963	365510.840	112.465	0.006
05 VRVHS39	6880096.096	365509.144	112.435	0.006
05 VRVHS40	6880096.594	365508.740	112.429	0.006
09_99				

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

09_91

05 VRVVS1	6880102.447	365492.727	112.498	0.006
05 VRVVS2	6880096.222	365497.689	112.579	0.006
05 VRVVS3	6880089.484	365503.035	112.660	0.006
05 VRVVS4	6880082.607	365508.515	112.758	0.006
05 VRVVS5	6880075.948	365513.808	112.855	0.006
05 VRVVS6	6880069.724	365518.760	112.940	0.005
05 VRVVS7	6880063.557	365523.657	113.035	0.005
05 VRVVS8	6880057.297	365528.667	113.105	0.005
05 VRVVS9	6880051.609	365533.228	113.163	0.005
05 VRVVS10	6880045.539	365538.064	113.246	0.005
05 VRVVS11	6880039.706	365542.755	113.320	0.005
05 VRVVS12	6880033.471	365547.710	113.401	0.005
05 VRVVS13	6880026.933	365552.982	113.481	0.005
05 VRVVS14	6880020.769	365557.897	113.566	0.005
05 VRVVS15	6880013.546	365563.696	113.640	0.005
05 VRVVS16	6880007.130	365568.857	113.720	0.005
05 VRVVS17	6880000.615	365574.079	113.803	0.005
05 VRVVS18	6879993.612	365579.723	113.890	0.005
05 VRVVS19	6879986.800	365585.189	113.991	0.005
05 VRVVS20	6879979.647	365590.954	114.092	0.005
05 VRVVS21	6879973.307	365596.059	114.167	0.005
05 VRVVS22	6879966.408	365601.609	114.270	0.006
05 VRVVS23	6879959.652	365607.048	114.357	0.006
05 VRVVS24	6879953.672	365611.882	114.427	0.006
05 VRVVS25	6879949.096	365615.579	114.499	0.006

09_99

05 KUM1	7999	6879985.121	365596.441	112.765	0.005
05 KUM2	7999	6880046.887	365546.840	111.991	0.005
05 KUM3	9999	6880030.068	365556.376	118.639	0.003
05 KUM4	9999	6880031.243	365555.445	118.587	0.003
05 KUM5	9999	6880033.113	365553.940	118.539	0.003
05 KUM6	9999	6880035.022	365552.412	118.470	0.003
05 KUM7	9999	6880036.889	365550.912	118.505	0.003
05 KUM8	9999	6880027.774	365558.203	118.603	0.003
05 KUM9	9999	6880030.066	365556.376	118.662	0.003
05 KUM10	9999	6880025.407	365560.109	118.823	0.003
05 KUM11	9999	6880020.735	365563.919	120.008	0.003
05 KUM12	9999	6880017.725	365566.342	119.951	0.003
05 KUM13	9999	6880015.334	365568.260	119.844	0.003
05 KUM14	9999	6880013.012	365570.028	118.827	0.003
05 SKILT1	10000	6879999.194	365586.873	113.742	0.003
05 SKILT2	10000	6879999.191	365586.870	115.621	0.003
05 SKILT3	10000	6879999.161	365586.854	114.904	0.003
05 SKILT4	10000	6879999.161	365586.855	115.508	0.003
05 SKILT5	10000	6879998.763	365586.434	114.776	0.003
05 SKILT6	10000	6879998.779	365586.423	115.707	0.003
05 LIS1	9999	6880034.405	365555.513	120.011	0.003
05 LIS2	9999	6880035.661	365557.098	120.101	0.003
05 LIS3	9999	6880027.486	365566.142	117.599	0.003
05 LIS4	9999	6880027.516	365565.977	120.196	0.003
05 LIS5	99999	6879984.165	365593.422	120.128	0.003

Bruk av laserskanning i geometrisk dokumentasjonsprosess på veitunnel

05 LIS6	999999	6880030.525	365565.346	113.395	0.003
05 LIS7	999999	6880030.530	365565.342	116.666	0.003
05 LIS8	999999	6880030.551	365565.352	119.989	0.003
05 LIS9	999999	6880040.259	365557.530	113.327	0.003
05 LIS10	999999	6880040.252	365557.532	117.039	0.003
05 LIS11	999999	6880040.235	365557.556	119.184	0.003
05 LIS12	9999999	6880026.920	365558.623	118.186	0.003
05 LIS13	9999999	6880026.670	365558.827	118.195	0.003
05 LIS14	9999999	6880026.917	365559.123	118.185	0.003
05 LIS15	9999999	6880027.315	365558.806	118.353	0.003
05 LIS16	9999	6880022.176	365570.314	118.073	0.003
05 LIS17	9999	6880023.747	365569.077	118.590	0.003
05 LIS18	9999	6880025.205	365567.834	119.489	0.003
05 LIS19	9999	6880027.514	365565.979	120.193	0.003
05 LIS20	9999	6880029.914	365564.058	120.274	0.003
05 LIS21	9999	6880032.235	365562.169	120.113	0.003
05 LIS22	9999	6880034.534	365560.316	120.385	0.003

10.21 Vedlegg U – Relevant e-post korrespondanse

Fra: Arnt Einar Engan <arnt-einar.engan@skanska.no>

Sendt: 21. mai 2012 16:13

Til: Jørn Winge <jorn.winge@gmail.com>

Emne: Spørsmål ifm bacheloroppgaven

Hvilket skanningsoppsett blir brukt på profildokumentasjonen i dag?

I dag bruker vi en tilhenger med en profiler fra Bever Team. Samme type profiler som sitter på tunnelriggeren.

Hvilken oppløsning blir brukt på denne skanningen?

Jeg bruker 20 cm punktavstand langs tunnelen og 40 cm punktavstand langs profilet.

Hvor lang tid brukes det i gjennomsnitt på hvert flytt/etablering og skann?

I fra jeg starter skannet til jeg starter et nytt tar det ca 30 minutter.

Hvor stor avstand er det mellom skannoppstillingene?

40 meter. Skanner 20 meter til hver side av profileren

I gjennomsnitt hvor mange slike skann utføres i løpet av en arbeidsdag?

På en ti timers arbeidsdag kan det vel bli ca. 15 skann

Utføres profildokumentasjonen fortløpende gjennom hele tunnelen etter at den har startet?

Ja når alt av vann og frostsikring er montert blir det profilert fortløpende

Men vennlig hilsen

Arnt Einar Engan, Stikningsingeniør

Skanska Norge AS

T02 E 39 Kvivsvegen/ T08 Streketunnelen Nord

Tlf: 46620516

Epost: arnt-einar.engan@skanska.no