



BACHELOROPPGAVE:

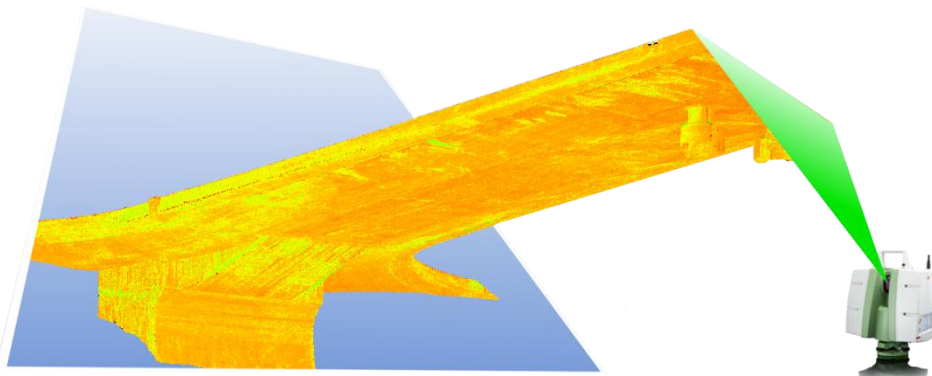
Utvikling av metode for
deformasjonskontroll ved bruk
av bakkebasert laserskanner

FORFATTERE: ESPEN SOLHEIM
HÅVARD SØRENSEN
ØYSTEIN LANGSETH

Dato: 22.05.2012



Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner



Forord

Vår bacheloroppgave ble påbegynt høsten 2011, og arbeidet med den har pågått gjennom hele våren 2012. Oppgaven er utarbeidet av Espen Solheim, Håvard Sørensen og Øystein Langseth ved Høgskolen i Gjøvik. Dette er den avsluttende oppgaven i vår utdanning, og vil være punktum for et treårig geomatikkstudium.

Grupped medlemmene begynte sine studier ved Høgskolen i Gjøvik høsten 2009. Vi gikk først årskurs i landmåling, og fortsatte deretter på bachelorkurset høsten 2010. Gruppens medlemmer har valgt landmåling som studieretning innenfor geomatikk, da dette virket mest interessant for oss.

Vi ble tidlig enig om samarbeid, noe som gjorde at vi kom tidlig i gang med planlegging og drøfting av hvilket interessefelt vi skulle konsentrere oss om. Vi hadde flere ideer, men valgte til slutt å jobbe med laserskanning, da vi alle syntes dette var mest interessant. Høsten 2011 tok vi kontakt med Odd Erik Mjørland ved Geoplan 3D for å forhøre oss om et mulig samarbeid, noe de stilte seg svært positive til. Vi visste at Geoplan var godt etablert innen laserskanning, og at de ville kunne bistå med stor kompetanse.

Etter et møte med Geoplan ble vi enige om at vi skulle bruke laserskanning til å se etter deformasjoner på ulike objekter, for deretter å visualisere dette. Det finnes ingen maler eller standarder på hvordan dette skal gjøres, og slike visualiseringer er ofte omfattende og særdeles tekniske. Geoplan ville utarbeide en standard for dette, og var positive til at det kunne gjennomføres som en bacheloroppgave.

Vi ønsker å rette en stor takk til Geoplan 3D v/ Odd Erik Mjørland, som har vært vår oppdragsgiver og samarbeidspartner for dette prosjektet. Vi vil også få takke Eirik Ruden for god veiledning ved bruk av diverse programvare og modellering i AutoCAD, samt Ole Andreas Sandvik og Blazej Menc for deres hjelp og veiledning under skanningen av Tingberg bru og Gjøvik Gård. Alle tre er ansatt hos Geoplan 3D. Vi vil i tillegg rette en takk til våre veiledere ved Høgskolen i Gjøvik, Bjørn Godager og Dag Norberg, for gode innspill og tilbakemeldinger om arbeidet.

Gjøvik 22.05.2012


Espen Solheim


Håvard Sørensen


Øystein Langseth

Sammendrag

Tittel:	Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner.		Dato: 22.05.12
Deltakere:	Espen Solheim Håvard Sørensen Øystein Langseth		
Veiledere:	Bjørn Godager Dag Norberg		
Oppdragsgiver:	Geoplan3D v/ Odd Erik Mjørlund		
Nøkkelord:	Deformasjonskontroll, laserskanning, visualisering		
Antall sider: 125	Antall vedlegg:10	Publiseringsavtale inngått: Ja	
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:			
<p>Innen deformasjonskontroller finnes det ingen standarder eller faste rutiner for utførelse og presentasjon. Dette medfører ofte svært teknisk og overdeltjert dokumentasjon, slik at kun faglærte vil forstå det som presenteres. Denne oppgaven vil forsøke å utarbeide et grunnlag for ny standard til dokumentasjon og visualisering av deformasjoner. Det skal her legges vekt på effektivitet, nøyaktighet og formidlingsevne.</p> <p>Det har under arbeidet blitt sett på to forskjellige deformasjonskonstruksjoner, Tingberg bru og Gjøvik Gård. Disse har vi skannet med hjelp fra Geoplan3D. Tingberg bru har vært hovedfokus gjennom hele oppgaveskrivingen, mens Gjøvik Gård har blitt brukt som en testarena for både utstyr og programvare.</p> <p>Ved hjelp av Cyclone har de forskjellige skann blitt sammenkoblet. Det har i tillegg blitt utarbeidet en teoretisk 3D-modell, ut i fra 2D tegninger. Disse to modellene ble videre stilt opp mot hverandre i 3DReshaper for å sjekke de ulike deformasjonene, og dermed danne den visuelle fremstillingen.</p> <p>Etter fremstilling og vurdering av resultatet, kan vi konkludere med at vår metode vil være tilsvarende det som kan brukes i fremtidige deformasjonskontroller. Vi føler at metoden gir gode visualiseringer av resultat, og er både effektiv, nøyaktig og pålitelig. Metoden er dekkende for de fleste områder, samt at resultatet vil være fremstilt på en slik måte at det er forståelig for de fleste. Denne måten å fremstille slike resultat på vil forhåpentligvis bli den nye metoden for deformasjonskontroll, og vil forhåpentligvis ta over for de utdaterte 2D-tegningene.</p>			

Abstract

Title:	Date: 22.05.12	
	<u>Establishing a method for deformation analysis using a terrestrial laser scanner</u>	
Participants:	Espen Solheim Håvard Sørensen Øystein Langseth	
Supervisors:	Bjørn Godager Dag Norberg	
Employer:	<u>Geoplan3D, by Odd Erik Mjørlund</u>	
Keywords:	<u>Deformation analysis, laser scanning, visualization</u>	
Number of pages:125	Number of appendix:10	Availability: Open
Short description of the bachelor thesis:		
<p>Within deformation analysis there are no standards or routines for execution and presentation. This often leads to highly technical and detailed documentation, so that only the skilled will understand what is presented. This paper will attempt to establish a basis for a new standard for documentation and visualization of deformations. It should be focused on efficiency, accuracy and communication skills.</p> <p>We used two sites in this task, Tingberg bridge and Gjøvik Gård. We have scanned these with the help of Geoplan3D. Tingberg bridge has been the main focus throughout the task, while Gjøvik Gård has been used as a testing ground for both equipment and software.</p> <p>Using Cyclone the different scans has been combined. It has also been developed a theoretical 3D model based on 2D drawings. These two models were lined up against each other in 3DReshaper to check the various deformations, thus forming the visual presentation.</p> <p>After the presentation and evaluation of results, we conclude that our method could be similar to future deformation analysis. We feel that the method provides good visualization of results, and is efficient, accurate and reliable. The method is adequate for most sites and the results will be presented in a manner that is understandable to most people. This way of presenting these results will hopefully become the new method of deformation analysis, and will hopefully make 2D drawings obsolete.</p>		

1. Innholdsfortegnelse

Forord.....	5
Sammendrag	7
Abstract	8
1. Innholdsfortegnelse	9
2. Figurliste	12
3. Tabeller.....	14
4. Innledning.....	15
4.1. Om oppgaven	16
4.1.1. Problemstilling.....	16
4.2. Mål med oppgaven	17
4.2.1. Hovedmål	17
4.2.2. Studentmål	18
4.3. Deltakere	18
4.3.1. Veiledere	18
4.3.2. Oppdragsgiver	18
4.4. Arbeidsmetode.....	19
4.5. Oppgavens ulike faser	19
4.6. Tidligere arbeid	20
4.7. Ordforklaringer.....	22
5. Teori.....	23
5.1. Hva er skanning?.....	23
5.2. Laserskannere	24
5.2.1. Faseskanner	25
5.2.2. Pulsskanner	26
5.2.3. Kompensator	27
5.3. Nøyaktighet	29
5.4. Deformasjon	31

5.4.1. Hva er en deformasjon?	31
5.4.2. Bruk av laserskanning til deformasjonskontroll	33
6. Utstyr og programvare	46
6.1. Leica ScanStation C10	46
6.1.1. Targets	47
6.2. Leica totalstasjon	47
6.3. Leica GNSS	47
6.4. Programvare	48
6.4.1. Gemini oppmåling	48
6.4.2. 3DReshaper	48
6.4.3. Leica Cyclone 7.3.3	49
6.4.4. AutoCAD	50
7. Bakgrunn for valg av skanningsområde	51
7.1. Gjøvik Gård	51
7.2. Tingberg bru	53
8. Utførelse av oppgave	55
8.1. Planlegging	55
8.2. Praktisk arbeid	56
8.2.1. Skanning av Gjøvik Gård	56
8.2.2. Skanning av Tingberg bru	59
8.3. Etterprosessering	61
8.3.1. Punktsky	61
8.3.2. Generering av datagrunnlag i Gemini Oppmåling	67
8.3.3. Modellering i AutoCAD	68
8.3.4. Analyse i 3DReshaper	70
9. Resultat	73
9.1. Registrering i Cyclone	73
9.2. Deformasjonsanalyse	75
9.2.1. CAD-modell mot punktsky	76
9.2.2. CAD-modell mot mesh	77

9.3. Resultatanalyse av Tingberg bru	78
9.4. Resultatanalyse av Gjøvik Gård	83
10. Drøfting	84
10.1. Gjennomføring	84
10.2. Metode.....	85
10.2.1. AutoCAD	85
10.2.2. Fargebruk og visualisering	85
10.3. Resultat.....	86
10.4. Videre bruksområde	87
11. Konklusjon	88
11.1. Gruppens egenvurdering av oppgaven	89
12. Kildeliste	90
Vitenskapelige artikler	90
PDF presentasjoner.....	91
Brosjyrer	91
Bøker	91
Standarder.....	91
Internettreferanser	92
Vedlegg A - Prosjektavtale	95
Vedlegg B - Logg	97
Vedlegg C - Gjøvik Gård(dokumentasjon av naturlige targets)	102
Vedlegg D - Møtereferat fra Geoplan	105
Vedlegg E - Møtereferat fra veiledning.....	107
Vedlegg F - Nivellementmålinger gjort på Gjøvik Gård utført ved Dag Norberg.....	110
Vedlegg G - Leica ScanStation C10 Spesifikasjoner	112
Vedlegg H - Godkjenning av bildebruk.....	114
Vedlegg I - Registreringsrapport fra Cyclone	122
Vedlegg J - Rapport fra sammenligning i 3DReshaper	126

2. Figurliste

Figur 1 - Bildet viser hvordan en laserskanner "teppelegger" en flate med punkt.....	23
Figur 2 - En laserskanners trianguleringsprinsipp	25
Figur 3 - "Time-of-flight"-prinsippet til pulsskannere, der en elektronisk klokke beregner tiden.	26
Figur 4 – Teorien på hvordan man kan tenke seg at en kompensator fungerer.....	27
Figur 5 - God satellittgeometri er overførbart til laserskanning	28
Figur 6 - Oversiktsbilde over raset i Soknedal, Sør-Trøndelag, og ødeleggelse på skinnegang (innfelt i høyre hjørne).....	31
Figur 7 - Det skjeve tårn i Pisa [32].....	32
Figur 8 -Et eksempel på en visualisert deformasjonskontroll med fargekart, utført av Geoplan.....	33
Figur 9 - Venstre: Søylar på Tingberg bru. Høyre: Samme Søylar hentet fra punktskyen.	35
Figur 10 – Venstre: Brokar på Tingberg bru. Høyre: Samme brokar hentet fra punktskyen.	35
Figur 11 - Eksempel på skanning av bygg(Gjøvik Gård).....	37
Figur 12 Hoover demningen med piler som viser områder der det ofte oppstår deformasjoner (NB! gjelder demninger generelt)	39
Figur 13 - Deformasjoner på Las Cogotas.....	40
Figur 14 - Utglidninger og ansamlinger langs y-aksen [6]	42
Figur 15 - Lokale deformasjoner i fjellskrent [6]	43
Figur 16 - Illustrasjon på bruk av kontrollpunkter i område med masseutglidelse. [7]	44
Figur 17 - Leica ScanStation C10 [28]	46
Figur 18 – Viser de ulike targets brukt under innmålingene, samt plattformen.....	47
Figur 19 - Leica Viva TS15	47
Figur 20 - Limitbox i Cyclone	49
Figur 21 - Region Grow i Cyclone	50
Figur 22 - Oversiktsbilde som viser hvor Gjøvik Gård er plassert.....	51
Figur 23 - Bilde av hovedbygget på Gjøvik Gård	51
Figur 24 - Bilde av et konfliktområde på Gjøvik Gård. Deformasjonen er svært tydelig	52
Figur 25 - Bildene viser hvor Øyer (venstre) og Tingberg bru (høyre) ligger.....	53
Figur 26 - Under byggeprosessen av Tingberg bru. Øyer bru ses til høyre i bildet.	53
Figur 27 - Oversikt over delprosjektene på strekningen Biri-Otta	54
Figur 28 - Skråstilt target hvor laserprikk strekkes og det kan oppstå målingsfeil. Sort prikk angir sentrum på target.....	57
Figur 29 - Venstre: gunstig treff av target. Høyre: ugunstig treff av target	57
Figur 30 - Tingberg bru under skanningen.	59
Figur 31 - Tingberg bru.	61
Figur 32 - Target som har blitt detaljस्कannet. Viser hvor skanner tolker at sentrum av target er.	62
Figur 33 - Mål av distanse mellom ytterpunkter for kontroll.....	65
Figur 34 - En sammensatt punktsky av Tingberg bru og nærliggende områder	65
Figur 35 - Et snitt av Tingberg bru.	66
Figur 36 - Punkter og linjer i Gemini Oppmåling basert på tegninger av Tingberg bru	67
Figur 37 - Linjegeometri i Gemini slik det burde være	68
Figur 38 - Linjegeometri i AutoCAD, fra Gemini. Radier fra Gemini blir ikke med ved eksport	68

Figur 39 - Profillinjer markeres hver for seg med Loft-funksjonen, slik at en solid genereres mellom hvert profil.....	69
Figur 40 - Import av iges i 3DReshaper.....	70
Figur 41 - CAD-modell med sammenkoblede flater.....	70
Figur 42 - Gruppemeny.....	71
Figur 43 - Dialogboks for sammenkobling.....	71
Figur 44 - Analysert CAD mot punktsky viser forskjeller. Enkeltpunkter er valgt ut, og kan legges i egen rapport. Bru sett fra undersiden.	72
Figur 45 - Samme figur som ovenfor, men her med punktsky i tillegg.	72
Figur 46 - Deformasjon/dimensjonsanalyse med mesh. Bru sett fra undersiden	72
Figur 47 - Ser her høydeforskjellen mellom to punkter som utgjør ytterkanten av to forskjellige skyer. Tre millimeter er akseptabelt. Ellers ligger punktene godt blandet mellom disse.	74
Figur 48 - Bilde som viser at punktskyen ikke ligger nede på bruelementet, grunnet asfaltdekke	75
Figur 49 - Illustrasjon av sammenligning mellom punktsky og modell	76
Figur 50 - Bildet som viser sammenligning mellom mesh og teoretisk modell	77
Figur 51 - Bilde som visualiserer resultatet fra sammenligning mellom punktsky og teoretisk modell.....	78
Figur 52 - Prinsippet bak valg av punkter på bru.....	80
Figur 54 - Punktnummerering i forhold til bruflaten.....	80
Figur 53 - Bilde fra 3DReshaper som viser fra hvilke områder punktene ble hentet.....	80
Figur 55 - Bilde som viser sammenligning av høyder.....	81
Figur 56 - Avviksresultat fra sammenligningen mellom punktsky og modell	81
Figur 57 - Visualisering av deformasjonene på Gjøvik Gård(Hovedbygning).....	83
Figur 58 - naturlig target i vinduskarm på hovedbygning	102
Figur 59 - naturlig target på bolt ved takrenne på hovedbygning.....	102
Figur 60 - naturlig target på bolt ved takrenne på hovedbygning	103
Figur 61 - naturlig target i vinduskarm på hovedbygningen	103
Figur 62 - naturlig target over hoveddør i treffpunktet til halvsirklene (hovedbygning).....	103
Figur 63 - naturlig target i karmen på kafebygget.....	104
Figur 64 - naturlig target på sprosse på Gjøvikhallen.....	104
Figur 65 - naturlig target på bolt i dør (tilbygg til hovedbygning)	104
Figur 66 - naturlig target på bolt på apotek-bygningen	104
Figur 67 - naturlig target på sprosse på Gjøvikhallen.....	104
Figur 68 - Innvendige målinger gjort i første etasje av hovedbygningen.....	110
Figur 69 - Innvendige målinger gjort i andre etasje av hovedbygningen.....	111

3. Tabeller

Tabell 1 - Utdrag rapport fra registrering, i txt-format	73
Tabell 2 - Utdrag rapport fra registrering i Cyclone	73
Tabell 3 - Sammenligningsrapport hentet fra 3DReshaper(strukturert).....	79
Tabell 4 - Original sammenligningsrapport fra 3DREshaper	79

4. Innledning

Denne bacheloroppgaven blir skrevet ved Høgskolen i Gjøvik. Vi er tre studenter fra geomatikk-linja på HiG. Vi ønsker å ha en oppgave om laserskanning da dette er relevant for vår utdanning, og da dette blir et mer og mer betydningsfullt fagfelt. Kunnskapen om emnet er svært begrenset, ettersom skolen ikke har vektlagt dette under utdanningen. Vi har derimot hatt en selvvalgt prosjektoppgave som omhandlet laserskanning, noe som ga en god innføring i arbeidsprosessen.

Vi kontaktet Geoplan Øst, som er en av de ledende aktørene i Norge innenfor laserskanning, for å forhøre oss om muligheten til å skrive en bacheloroppgave i deres regi. Det skulle vise seg at de var svært engasjerte og positive til å inngå et samarbeid, og vi ble presentert for en bacheloroppgave som omhandlet deformasjonskontroll med laserskanning. Denne oppgaven var vi positive til, da den dekket vårt interesseområde og ville gi oss en innsikt i mange ulike faser av arbeidsgangen.

Den avsluttende bacheloroppgaven skal knytte sammen viktige deler av studiets faglige innhold, samt at vi skal tilegne oss [23];

"Kunnskaper:

- ❖ *ny kunnskap innen en selvvalgt del av sitt fagområde*
- ❖ *forståelse for metodisk arbeid, evne til refleksjon og evne til systematisk/vitenskapelig vurdering*
- ❖ *kompetanse til å planlegge og utføre en selvstendig oppgave, formulere problemstillinger og analysere disse med utgangspunkt i både teoretisk og empirisk materiale og å gjennomføre en oppgave på en metodisk tilfredsstillende måte*

Ferdigheter:

- ❖ *ferdigheter i å utarbeide konkrete problemstilling av samfunnsmessig interesse innen fagområdet, under veiledning*
- ❖ *ferdigheter i å identifisere og vurdere litteratur som er relevant for problemstillingen, under veiledning*
- ❖ *ferdigheter i å gå i dybden på avgrensede problemstillinger og utarbeide konkrete løsningsalternativer på problemet*
- ❖ *ferdigheter i å dokumentere og formidle resultatene fra prosjektarbeidet på en systematisk/vitenskapelig måte"*

4.1. Om oppgaven

Geoplan har et ønske om å opprette en standard for hvordan gjennomføring og visualisering av en deformasjonskontroll skal være. Vår oppgave er å se nærmere på hvordan dette kan gjøres, og hvilke problemer man står overfor. Det ble diskutert hvilke testområder som kunne være aktuelle, og vi bestemte oss for å gjøre målinger på ulike konstruksjoner. I dette tilfellet ble det gjort målinger på hovedbygningen på Gjøvik Gård, samt Tingberg bru på Øyer.

4.1.1. Problemstilling

Bacheloroppgaven sin problemstilling går ut på:

"...å utvikle en metode for deformasjonskontroll, som legger vekt på effektivitet, nøyaktighet og formidlingsevne, ved hjelp av bakkebasert laserskanning."

4.2. Mål med oppgaven

Her vil både vårt og Geoplan sitt tenkte mål med oppgaven bli beskrevet.

4.2.1. Hovedmål

Hovedmålet for denne oppgaven er å utarbeide et grunnlag for ny standard til dokumentasjon og visualisering av deformasjoner. Standarden vil legge vekt på effektivitet, nøyaktighet og formidlingsevne. Det er viktig at standarden fører til modellene/visualiseringene av deformasjoner er presentable og ikke stiller større krav til kunnskap.

Det er et stort behov for å forbedre geometrisk kontroll av ulike typer, og vi deler disse inn i tre delområder:

1. Dokumentasjon i forbindelse med deformasjoner av konstruksjoner, fjellhaller, tunneler med mer.
2. Registrere endringer i terreng, som skjæringer/ fyllinger med ustabile masser.
3. "As-built"- dokumentasjon av konstruksjoner.

Hovedmålet med oppgaven er å løfte denne type dokumentasjon, slik at den blir mer anvendelig for andre konsulenter, byggherrer og beslutningstakere. Det ligger et stort potensial i å bruke 3D-laserskanningsteknikken til å gjøre denne typen dokumentasjon mer visuell, presis, og ikke minst etablere overvåkingsrutiner på områder som i dag ikke blir kontrollert.

Fremgangsmåten og behov vil være nesten lik på alle de tre ovennevnte delområdene, men kan deles inn i to grupper:

1. Flere punktskyer som er målt over tid legges på hverandre, der deformasjon og endringer kommer tydelig frem i form av en visuell dokumentasjon, men også i form av en tallmessig rapport.
2. En punktsky av en konstruksjon legges på en teoretisk 3D-modell, der byggavvik kommer tydelig frem i form av en visuell dokumentasjon og en tallmessig rapport.

Da det ikke vil bli enkelt å forske på deformasjoner og endringer over tid i en skolesituasjon, vil idéutviklingen i oppgaven dreie seg mye omkring «As-built»-dokumentasjon av en bru-konstruksjon, Tingberg bru, på nye E6 mellom Øyer og Tretten i Gudbrandsdalen.

4.2.2. Studentmål

Vårt mål er å utvikle et produkt, med gode drøftinger og ulike vurderinger rundt problemstillingen, som vi alle kan være stolte av i ettertid. Vi ønsker å tilegne oss mye kunnskap om laserskanning, slik at vi stiller med solid kompetanse innen feltet før vi trer inn i arbeidslivet. Det er også av stor interesse at vår oppdragsgiver skal være fornøyd med vår innsats og vårt produkt.

4.3. Deltakere

Øystein Langseth er 26 år og kommer fra Berkåk i Sør-Trøndelag. Han gjennomførte allmenne fag på videregående, og avtjente deretter førstegangstjeneste for det norske forsvaret. De to neste årene studerte han ved NTNU, før han begynte på sin bachelorutdanning høsten 2009.



Håvard Sørensen er 22 år og kommer fra Otta i Oppland. Han valgte studiespesialisering (tidligere allmenne fag) på videregående, og begynte direkte på bachelorutdanningen etter endt videregående.



Espen Solheim er 21 år og kommer fra Otta i Oppland. Han valgte studiespesialisering (tidligere allmenne fag) på videregående, og begynte direkte på bachelorutdanningen etter endt videregående.



4.3.1. Veiledere

Dag Norberg er høgskolelektor ved Høgskolen i Gjøvik. Han arbeider i seksjon for Geomatikk, avdeling for teknologi, økonomi og ledelse.



Bjørn Godager er høgskolelektor ved Høgskolen i Gjøvik. Han arbeider i seksjon for Geomatikk, avdeling for teknologi, økonomi og ledelse.



4.3.2. Oppdragsgiver

Geoplan Øst ble opprettet i 1997 på Kapp, med Odd Erik Mjørland som daglig leder. Firmaet ble delt i to deler på 2000-tallet, med en Geoplan3D-del som har ansvaret for skanningen. De var blant de aller første til å satse på den nye teknologien, og det første firmaet i Norge som kommersielt satset på landsbaserte oppdrag. Dette har medført mange spennende arbeidsoppgaver, som blant annet Regjeringskvartalet etter bomben den 22.juli og Nasjonalteateret. Geoplan opererer for det meste på Østlandet, men tar på seg oppdrag over hele landet, samt noe utenfor landets grenser. Firmaet består i dag av daglig leder, 9 landmålere,

6 ingeniører, 2 DAK operatører samt 3 kontormedarbeidere. Hovedkontoret ligger på Kapp, men de har også et avdelingskontor i Oslo.

4.4. Arbeidsmetode

Denne oppgaven vil bestå av to deler, en teoretisk og en praktisk del. Den praktiske delen vil bestå av laserskanning av Gjøvik Gård og Tingberg bru. Alle innmålinger som var nødvendige ble utført før påske. Tiden etter påske ble brukt til behandling av data i programvare. Den teoretiske biten har vært kontinuerlig pågående siden starten av februar. Det som faller under den teoretiske biten er litteratursøk, behandling av alt innsamlet materiale, arbeid med nettside, samt rapportskrivning og ferdigstilling av denne.

4.5. Oppgavens ulike faser

Arbeidsgangen til denne oppgaven består av flere ulike faser.

Fase 1: Dette vil være oppstarten for vår bacheloroppgave. Det vil bli fokusert på de obligatoriske innleveringsfristene som er satt. Disse omhandler opprettelse av nettsted, kontrakt med oppdragsgiver, samt utforming av problemstilling og forskningsskisse.

Fase 2: Denne delen av arbeidet vil ta for seg planleggingen av det videre arbeidet og oppstarten av søk etter egnet litteratur. Det skal også opprettes et utkast til hva rapporten skal inneholde, som skal strukturere den videre rapportskrivningen. I tillegg skal det gjennomføres forberedende arbeid, som blant annet testing av programvare og drøfting av arbeidsmetoder.

Fase 3: Denne fasen vil være konsentrert rundt alt det praktiske arbeidet, slik at etterprosessering kan påbegynnes så tidlig som mulig. Strukturering og teoriskrivning vil fortsette i denne perioden.

Fase 4: Det er denne fasen som blir mest krevende med tanke på arbeidsmengde. Vi skal nå jobbe med etterprosessering av innmålte data, samt ferdigstille en 3D-modell av de aktuelle områdene. Det vil også være et stort fokus på ferdigstilling av rapport. Denne skal være tilnærmet ferdig mot slutten av denne fasen.

Fase 5: Dette er den avsluttende delen i vårt arbeid med bacheloroppgaven. Det vil her bli jobbet med å ferdigstille rapport og nettsted, samt utforme en plakat for oppgaven. Det må også planlegges en framføring av oppgaven. I tillegg skal loggen være ferdig, og individuelle refleksjonsnotat skrives.

4.6. Tidligere arbeid

Vår oppgave er basert på å videreutvikle dagens metoder for deformasjonskontroll. Vi er ikke de eneste som har tenkt i disse baner, og derfor er det nødvendig å nevne annet arbeid som har blitt gjort på dette området. Det har blitt publisert mange vitenskapelige artikler basert på grundig forskning innenfor temaet deformasjonskontroll.

Etter at Hanekleivtunnelen raste sammen i 2006, oppnevnte Samferdselsdepartementet en ekstern undersøkelsesgruppe. Denne bestod av, blant andre, Statens vegvesen. Denne gruppen skulle se på årsaken til ulykken. [33] Dette førte til en rapport i februar 2007, der ulike forbedringstiltak ble presentert. Et av hovedpunktene denne arbeidsgruppen skulle se på, var opplegg for kvalitetssikring i alle faser under arbeidsprosessen.

Undersøkelsesgruppen [33] kom til den konklusjonen at de uheldige episodene ved tunnelanlegg de senere år, delvis kan beskrives som et bransjeproblem. Dette begrunnes med at oppgaver løses forskjellig hos rådgivere, entreprenører og byggherrer. Dette har medført en uheldig utvikling, som har bidratt til en større fare for feil, og dermed risiko knyttet til uhell og større ulykker.

Det er blitt utviklet en helt ny måte med funksjonalitet for behandling av data fra laserskanning av tunneler. Skanningen kan gjøres under byggingen av tunnelene eller ved laserskanning av rehabiliteringsprosjekter. [34] Tunneldokumentasjonen gjøres blant annet ved å laserskanne, som brukes til å dokumentere overmasse i byggeprosessen, samt rehabilitering av tunneler. [35]

I 2006 ble det i Spania satt i gang et prosjekt [2] der målet var å deformasjonskontrollere en demning med laserskanner. Prosjektet ble ledet av et utvalg professorer, som i 2008 ga ut en artikkel som omfattet dette arbeidet. De så på egnetheten til å bruke laserskanner for denne type deformasjonskontroll. Denne artikkelen viste oss hvordan man kunne bruke laserdata til å visualisere de deformasjonene som var i demningen, samt hvordan skanningen ble utført. Det de gjorde her var å skanne demningen ved ulike vannstander, og deretter sammenligne disse. De så på hvordan vannmengden påvirket demningskonstruksjonen, og hvilke deler av demningen som var mest utsatt. Artikkelen som ble utgitt etter dette arbeidet har vært til stor hjelp for oss i jobben med bacheloroppgaven, da den er konkret og tar for seg en spesifikk del innenfor deformasjonskontroll.

Dag Norberg har tidligere brukt høynøyaktighetsniveller til å beregne høydeforskjeller på Gjøvik Gård. Dette har blitt utført over en lengre periode, og tar for seg de samme punktene i et flere års perspektiv. Dette er derimot en metode som får kartlagt en svært begrenset del av bygningen og har blitt utført, i motsetning til oss, innvendig i hovedhuset. Dette arbeidet viser veldig tydelig

deformasjonsprosessen bygget har gjennomgått, samt de forskjeller i måleresultat som oppstod da bygget gjennomgikk vedlikeholdsarbeid. Dette arbeidet ligger vedlagt som Vedlegg F.

4.7. Ordforklaringer

As-built:	Dette er dokumentasjonen som blir tegnet etter at et konstruksjonsprosjekt er utført. Dette viser eksakte dimensjoner, geometri og plassering av alle elementer. Dette er altså en realistisk fremstilling.
Teoretisk modell:	Dette er en modell laget ut i fra skissene til konstruksjonen, som plantegninger og andre 2D-modeller. Denne vil dermed kunne ende opp i en 3D-modell som tilsvarer en tenkt konstruksjon, og ikke den reelle.
TIN:	Disse bokstavene står for "Triangulært Irregulært Nettverk", som er en nettverksflate bestående av sammenkoblede triangler. Denne modellen er knyttet opp gjennom alle punkt.
Mesh:	Ei overflate bygd opp ut i fra mange mindre flater, som for eksempel kan være bygd opp ved hjelp av ei punktsky. Mesh'en blir glattet ut slik at den på flater ofte skal gi det beste resultatet, mens det i hjørner og uregelmessigheter kan oppstå problem.
Georeferert:	Dette er en koordinatbestemt posisjon som er koblet opp mot det relevante koordinatsystemet. Dette betyr at det inneholder informasjon om hvordan det ligger i det virkelige terrenget, og tilsvarer da et kart som er i samme skala.
Full dome:	Dette er en fullstendig rotasjon ved bruk av en laserskanner, som ofte betyr en fullstendig dekning rundt horisontal-aksen, samt det meste av vertikal-aksen. Det eneste som ikke blir med i skannet er det området der skanneren er plassert.
Unify[Cyclone]:	Sammensmelting av flere punktskyer til en samlet.
Merging[Cyclone]:	Flere punktskyer satt sammen, men beholder alle de opprinnelige punktene.

5. Teori

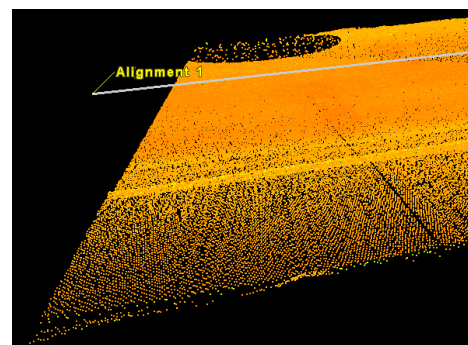
Denne delen vil dreie seg om teorien som legger grunnlaget for vår oppgave. Her vil det bli forklart kort hva skanning er, hvilke funksjoner ulike skanningsmetoder har og tekniske data rundt laserskanning.

Hovedtyngden vil derimot ligge knyttet opp i mot deformasjonsteori, der det vil bli en innføring i generelle deformasjoner, samt en konkretisering ved hjelp av publiserte vitenskapelige artikler. Vi har valgt ut fire spesifikke områder der deformasjonsanalyser er aktuelle.

5.1. Hva er skanning?

Laserskanning er en metode som stadig blir mer brukt innen flere bransjer, og folk blir stadig mer oppmerksomme på det økende antall bruksområder. Dette er på grunn av større markedsføring og en stadig utvikling av ny teknologi, som gjør laserskanning mer egnet til flere formål enn tidligere. Det er mange grunner til å investere i en laserskanner. Noen vil se på effektiviteten, andre dens 3D-egenskaper, mens andre igjen vil anse dens mulighet til å måle inn gjenstander i usikrede områder som den største fordel. Den mest revolusjonerende egenskapen til en laserskanner er derimot dens punkttetthet. [11] En laserskanner teppelegger et område med punkt som vil spare en landmåler for ekstra bry ved å måtte tilbake til området for en eller flere av disse grunnene: [17]

- ❖ Redusere potensielle målefeil
- ❖ Redusere potensielle menneskelige feil
- ❖ Prosjektområdet er forandret
- ❖ Andre klienter ønsker data fra det samme området



Figur 1 - Bildet viser hvordan en laserskanner "teppelegger" en flate med punkt.

Bruksområdene for en laserskanner er mange. Den er svært egnet til å dokumentere objekt som har kompleks geometri og høy detaljrikdom, har avgrenset størrelse eller kan være vanskelig å måle inn ved bruk av andre landmålingsmetoder. [12] Det vil i tillegg være mulig å utføre skann i områder med mye trafikk, uten å måtte stenge deler av kommunikasjonsåren.

5.2. Laserskannere

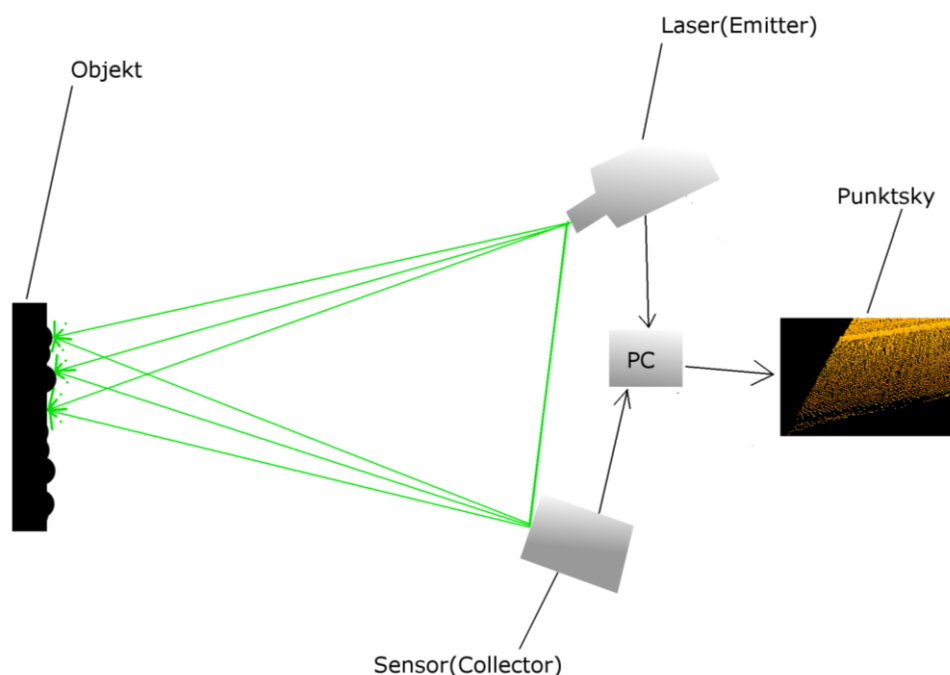
Noe som er viktig å tenke over før man investerer i en laserskanner er hva den skal brukes til og hvor ofte eventuelle aktuelle prosjekt vil forekomme. For ulikt totalstasjoner, har forskjellige typer skannere sine styrker og svakheter, noe som vil konkretiseres senere i oppgaven. Det er derfor viktig å velge den skanneren som passer best for formålet. I noen tilfeller, dersom økonomien og jobbtildbudene gjør det mulig, vil det lønne seg å kombinere flere forskjellige typer skannere.

Det finnes tre forskjellige laserskannere, med hver sine bruksområder:

- ❖ *"short-range", ultra-høyhastighets faseskanner*
- ❖ *"long-range", høy-nøyaktighets pulsskanner*
- ❖ *"very long-range", lav-nøyaktighets pulsskanner*

5.2.1. Faseskanner

En fasebasert laserskanner måler en forandring i en kontinuerlig sendt og returnert fase til laseren. Instrumentet kalkulerer distansen til den målte flaten basert på størrelsesordenen til faseforandringen. Triangulering er metoden faseskannere benytter. Linjen som knytter laser, objekt og kameraet, danner et triangel. [20]



Figur 2 - En laserskanners trianguleringsprinsipp

Fasebaserte laserskannere kan ha en hastighet på 100.000-500.000 registrerte punkt i sekundet. [12] Dette er særlig attraktivt for produktiviteten i felt. For eksempel, et "full-dome"-skann med høy punkttetthet kan utføres innen tre og et halvt minutt i et egnet rom. [12] Det betyr at det er ryddet for unødig støy, samt begrenset i størrelse.

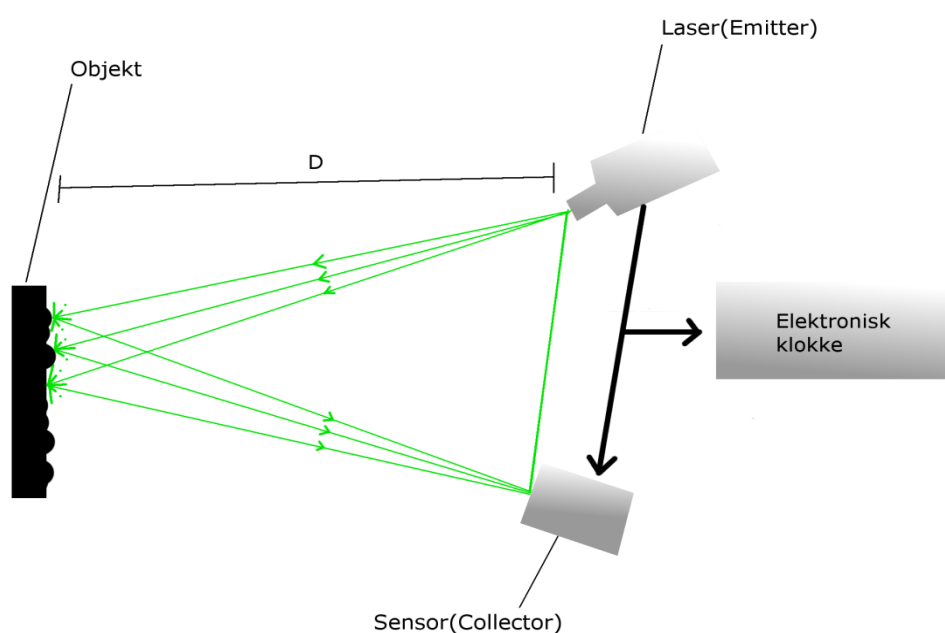
En fasebasert skanner har derimot noen begrensninger, som kort rekkevidde, mye støy i dataene og de store datamengdene. De er i tillegg svært lyssensitive og kan derfor registrere omsluttende lys som tilfeldig punktstøy innad i et skann. Denne typen skannere mangler dessuten kompensator, som vil forklares nærmere senere i oppgaven. [12]

De mest egnede områdene for faseskannere kan være industrielle anlegg, små veikryss og bruer, kulturminner, åstedsgranskning, og inne i bygninger og tunneler.

5.2.2. Pulsskanner

Pulsskannere er også kjent som "time-of-flight"-skannere. Det er fordi de måler tiden det tar en stråle, eller et kort utbrudd av laserenergi, å "fly" fra sin kilde og bort til en flate. Strålen returnerer så til slutt i en detektor i kildens instrument. Dette beregnes ved å multiplisere hele flygetiden(t) med lyshastigheten(C) og dividere dette med to, slik at man finner avstanden mellom skanner og den aktuelle overflaten. [20]

$$D = \frac{(C * t)}{2}$$



Figur 3 - "Time-of-flight"-prinsippet til pulsskannere, der en elektronisk klokke beregner tiden.

Pulsskannerne kan med dagens teknologi, ha en hastighet opp i mot 50.000 registrerte punkt per sekund. Disse vil kunne utføre skann på mye større avstander enn faseskannere. [20] Rekkevidden vil kreve en god refleksjonsflate, noe som vil bli nærmere belyst senere. På grunn av denne rekkevidden, samt muligheten for innebygd kompensator, vil pulsskanneren i de fleste tilfeller stille mindre krav til targets og instrumentsopstillinger i forhold til en faseskanner.

Denne typen skannere har et svært bredt bruksområde, og er den som er mest brukt i dag. [20] Typiske bruksområder er industrielle anlegg, topografiske områder med en ganske vid utbredelse, innen- og utendørs skanning av større konstruksjoner med mer. Det strekker seg fra skanning av veier og tunneller, til skip og kulturhistoriske minner. I tillegg kan skanning også brukes i etterforskning.

5.2.3. Kompensator

Selv om kompensatorer i dag er standard i totalstasjoner, er det ikke tilfelle for laserskannere. Hensikten med denne funksjonen er at instrumentet ved enhver anledning vet hvilken vei som er opp eller ned, og korrigerer avvikene på vertikalaksen [15].

Hovedfordelene med å ha kompensator kan være følgende:

1. Bedre nøyaktighet som sluttprodukt

Med en kompensator vil brukere kun ha den horisontale rotasjonsgraden å bekymre seg for, som er lett å låse fast med baksikt på samme måte som en totalstasjon. En måte å forestille seg dette på er at man alltid har en target plassert rett over skanneren. [15] Under selve skanningen vil den kompensere for temperatur og trykk, som påvirker vertikalplanet, samt sig i underlaget og til en viss grad selve stativet. Det vil komme en feilmelding når skanner kommer utenfor det området som den kan kompensere for.



Figur 4 – Teorien på hvordan man kan tenke seg at en kompensator fungerer.

Targetgeometrien som er nødvendig for en god registrering er mye enklere å oppnå med kompensator enn uten. Den reduserer i tillegg effektivt faren for registreringsproblemer, som i manges øyne anses som den største kilden til potensielle feil/avvik. [15]

2. Redusert bruk av targets kan bidra til en betydelig feltproduktivitet på større prosjekt

Stilt opp i mot hverandre, vil en laserskanner med kompensator gjennomsnittlig øke feltproduktiviteten med 15-20 prosent. [15] Dette kan øke produktiviteten betydelig, med tanke på hvordan objektet/området for skanningen er, og det faktum at det blir færre antall targets å detaljscanne.

3. Enklere å trene opp nye ansatte

Laserskanning anses ofte som en ganske ulik og kompleks teknologi fra de tradisjonelle landmålingsmetodene. Dette gjør at mange vegrer seg mot å gå til anskaffelse av en skanner, samt det å trene opp ansatte innen dette fagfeltet. En skanner med kompensator vil bidra til å forenkle bruken av skanneren og dermed øke den aktuelle brukerbasen.

4. En økt felt fleksibilitet for ulike forflytning- og prosjektsituasjoner

Skannere med kompensator, slik som Leica Scanstation C10, støtter flere vanlige rutiner for feltarbeid tilsvarende en totalstasjon. Disse er polygondrag, fri oppstilling og metoder for georeferering av posisjonen. [21] Hver for seg vil disse arbeidsrutinene gjøre det mye enklere å svinge en høy-definisjons kartlegging gjennom trange gater og rundt bygninger, samt å fange små, utilgjengelige områder uten behov for å plassere targets. [15]

En stor fordel med en kompensator er ikke bare antall targets, men også orienteringen og plasseringen til disse. En skanner uten kompensator krever at target oppstillingene er spredt godt rundt skanneren, på samme måte som en GPS krever god satellittgeometri, samt at targetene helst bør være et stykke unna skanneren. [15] Disse kravene inngår ikke i en skanner med kompensator.



Figur 5 - God satellittgeometri er overførbart til laserskanning

**Kilde: "Pågående GPS-forskning ved HiG",
v/Bjørn Godager, Høgskolen i Gjøvik**

5.3. Nøyaktighet

Nøyaktighet er alltid et viktig tema innenfor landmåling. Det er i de fleste sammenhenger snakk om såkalt millimeternøyaktighet. Dette betyr, rett og slett, at avviket fra "fasiten" skal være på et millimeternivå. Kravet til nøyaktighet er varierende med hensyn til hvilken type oppmåling som skal utføres. Det er for eksempel veldig viktig med stor nøyaktighet på en konstruksjon der flere elementer skal plasseres slik at de kan boltes sammen. Dersom nøyaktigheten ikke er tilstrekkelig vil ikke elementene ligge riktig i forhold til hverandre, og det vil bli umulig å få montert disse sammen.

Vårt arbeid med deformasjonskontroll krever millimeternøyaktighet, og dette oppnår man for eksempel, ved å bruke en laserskanner. Grunnen til at dette arbeidet har forholdsvis strenge nøyaktighetskrav, er fordi små endringer i en konstruksjon eller forflytninger i masse kan medføre store konsekvenser.

Når det gjelder laserskanning så kan man ikke alltid ta alt som står i spesifikasjonene bokstavelig. Maksimum rekkevidde, som står i spesifikasjonene til enhver laserskanner, har ikke nødvendigvis den samme praktiske betydningen for laserskannere som den har for totalstasjoner. Det stilles, for eksempel, krav til at skannet får en godkjent punktavlesning på X meter fra en overflate, med en spesifisert refleksjonsverdi. [16]

I vårt tilfelle har det blitt skannet på mange ulike overflater. Betong, metall og tre er noen av disse overflatene. Disse flatene har ulike refleksjonsverdier, og dermed er det også forskjell i hvilken distanse man kan ha fra objektet. Et bygg, som består av ulike materialer med stor forskjell i refleksjonsnivå, vil kunne gi svarte tomrom hvis man skanner fra en posisjon langt unna objektet. Her vil det kunne være nødvendig med stasjonsetableringer nærmere det aktuelle objektet for å oppnå en fullstendig punktsky. I de områdene der vi har utført våre skann har ikke dette vært noe problem, da vi har hatt mulighet til å stå tett inntil det objektet som skulle skannes. Det er derfor viktig å tenke på at en laserskanner ikke alltid kan brukes til innmåling med høy nøyaktighet over større avstander.

Med en laserskanner er det også viktig å tenke på hvilken oppløsning man vil ha på punktskyen. Oppløsningen sier noe om hvor detaljrikt skannet blir. Med høy oppløsning vil antall punkter som blir registrert være mange ganger så høyt som ved mindre oppløsning. Hvilke innstillinger som skal brukes i et skann må vurderes på det aktuelle stedet, og også opp imot hvilke nøyaktighetskrav som er stilt. Det er som ofte vanligst å bruke medium oppløsning på de instrumentene vi har benyttet, da denne er nøyaktig nok for de fleste objekter. Det er kun når meget detaljrike objekter, som for eksempel statuer, skal skannes at det brukes høyere oppløsning, samt for å skanne targets som må være med. For å lokalisere targets i et skann kreves finskann, der fabrikanter ofte anbefaler å skanne

målskivene med en 1.5 millimeter avstand mellom hvert punkt. [16] Dette er for å treffe godt inne i senter av targeten.

På horisontale flater, som fortau og terreng, vil en laserstråle treffe overflaten med en stadig mer skråstilt vinkel desto lenger fra skanneren. Dette danner noen praktiske begrensninger til rekkevidden. Desto mer skråstilt vinkelen blir, desto større er sjansen for at retursignalet vil være for dårlig. I tillegg, desto lenger fra skanneren, desto større blir treffpunktet. [16]

Et spørsmål man kan stille seg når det kommer til nøyaktighet på laserskanning er hvorvidt to punktskyer, som er skannet fra samme posisjon, med samme oppløsning, rett etter hverandre og ikke over for store avstander, er like eller om det er noe avvik dem imellom. I prinsippet skal disse to bli helt identiske og overlappe hverandre perfekt, selv om enkelte punkter kan skille seg fra resten av skyen på grunn av forstyrrelser mellom skanner og objekt. Disse regnes som støy og ikke signifikante for resten av skyen. Ønsker man å utelukke slike frittsvevende punkter, kan man generere en mesh på punktskyene og sammenligne disse. Slike mesher tar ikke med punkter som ligger for langt unna hovedsamlingen av punkter, slik at disse da skal bli identiske.

En faktor som kan påvirke dette er tilfellet hvor det første skannet tar lang tid, slik at temperaturen eller andre værforhold endrer seg til det andre skannet skal gjennomføres. Eventuelt at instrumentet flytter seg som følge av anleggsvirksomhet eller setninger i bakken. Det kan sørge for noen avvik mellom dataene.

Temperatur og trykk er også faktorer som kan bidra til forskjeller i nøyaktighet mellom skanningssesjoner. Over kortere avstander vil ikke dette ha så mye innvirkning, men over lengre avstander kan det oppstå problemer. Her snakker vi om det samme problemet som ved tradisjonell landmåling med totalstasjon, at målinger gjort over lengre avstander er mer utsatt for atmosfæriske forstyrrelser. En av de mest åpenbare feilene som kan bli gjort under slike målinger kan være målinger gjennom oppad strømmende varmluft. Dette er et vanlig fenomen om våren og høsten når solen varmer opp bakken, eller objekter, og gir bølgete og uklar luft. Dette vil føre til refraksjon av laserstrålen om man forsøker å måle gjennom.

5.4. Deformasjon

5.4.1. Hva er en deformasjon?

Deformasjoner finner man overalt rundt oss. Man kan si at deformasjon er noe usystematisk eller avvikende i henhold til en gitt standard. Deformasjonene kan strekke seg fra kosmetiske, ufarlige småfeil, til mer alvorlige og livstruende scenarioer. Et godt illustrerende eksempel på alvorlige situasjoner er jordraset som gikk i Soknedal i Sør-Trøndelag tidligere i år, se artikkel [24]. I området skled en betydelig del av skråningen ut, og påførte store skader på skinnegangen. Dette har i ettertid påført NSB en betydelig kostnad ved reparasjonsarbeid på skinnegangen, fylling av ny masse i rasområdet og busstransport for reisende på den aktuelle strekningen. I tillegg har dette ført til en økt bevissthet rundt sikkerheten til kommunikasjonsveier og overvåkning av potensielle utsatte områder.



Figur 6 - Oversiktsbilde over raset i Soknedal, Sør-Trøndelag, og ødeleggelse på skinnegang (innfelt i høyre hjørne).

Foto av Ole Jørgen Kjellmark og Bjørn Ivar Haugen

Wikipedia sin definisjon på en deformasjon er:

Deformasjon eller **deformering** er endring i form forårsaket av en tilført kraft. Deformasjon kan være elastisk eller plastisk, eller en kombinasjon av begge. En tilstrekkelig stor deformasjon fører til brudd. For sprø materialer (f.eks. glass) vil denne skje nokså momentant. Ofte vil en deformasjon være en kombinasjon, men slik at den ene typen er så dominerende at man kun betrakter den dominerende typen.[25]

Det skjeve tårn i Pisa er et av verdens mest berømte bygninger. Dette er ikke først og fremst på grunn av dens historiske verdi eller på grunnlag av personer som har bodd der, men dens svært så spesielle form. Her er deformasjonen særdeles tydelig, da hele konstruksjonen lener til den ene siden. Tårnet har vært gjenstand for mange vitenskapelige rapporter, se for eksempel artikkelen [26], og har gitt Pisa en betydelig inntektskilde ved en formidabel interesse blant turister. Dette viser hvordan deformasjoner ikke nødvendigvis bare er ugunstig eller til bry. Søken blant turister etter objekter og områder som ikke er lineære og etter normen, har gitt enkelte deformasjonsobjekter stor oppmerksomhet.



Figur 7 - Det skjeve tårn i Pisa [32]

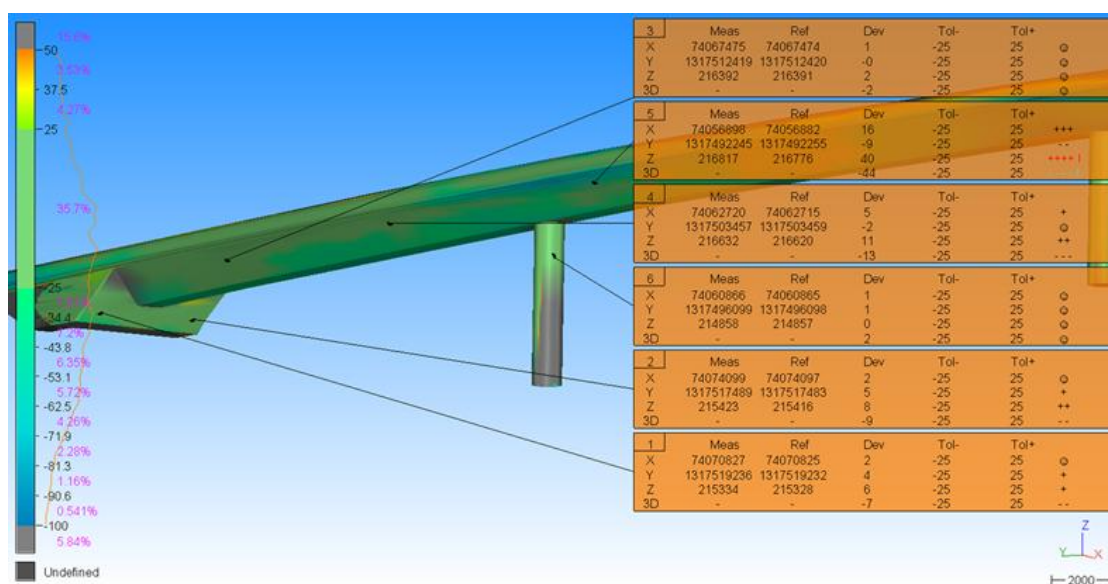
5.4.2. Bruk av laserskanning til deformasjonskontroll

Den muligheten laserskanning gir til å hente inn høy-oppløsningsdata av et objekt eller et område er en stor fordel, sammenlignet med tradisjonelle landmålingsmetoder som totalstasjon og GPS. Dette gjelder spesielt for å kontrollere deformasjonsområder. En fullstendig overvåking av konfliktområdet og nærliggende punkter blir resultatet ved bruk av en laserskanner, i motsetning til noen utvalgte og relativt få punkter ved bruk av tradisjonelle metoder. I tillegg kan naturlige objekt skannes og videre brukes som sammenkoblingspunkter for å registrere flere skann mot hverandre. Denne type fjernmåling forhindrer direkte kontakt med ras- og skredutsatte områder.

Laserskanning er den moderne metoden for å overvåke større konstruksjoner og deformasjonsområder. Grundig planlegging som inkluderer den optimale plasseringen av skannere og target, er avgjørende i en effektiv skanningsprosess. Resultatet vil bli en tilnærmet nøyaktig 3D-modell av hele deformasjonsområdet. Dette gir oss mulighet til å navigere rundt i hele interesseområdet, samt få et større oversiktsbilde over det aktuelle objektet.

De data man henter ut kan brukes videre til sammenligning med tidligere data fra det samme stedet. Man kan for eksempel sammenligne to eller flere punktskyer tatt på ulike tidspunkt. Dette kan derimot være noe vanskelig, da det blir veldig mange punkt å holde kontroll på.

For å finne deformasjoner, forflytninger og skader, kan modellen brukes på mange forskjellige måter. En god metode for å illustrere deformasjoner på, er ved bruk av farger. En forklarende fargeskala kan belyse de ulike skadene, og man kan få en oversikt over omfanget til deformasjonen.



Figur 8 -Et eksempel på en visualisert deformasjonskontroll med fargekart, utført av Geoplan.

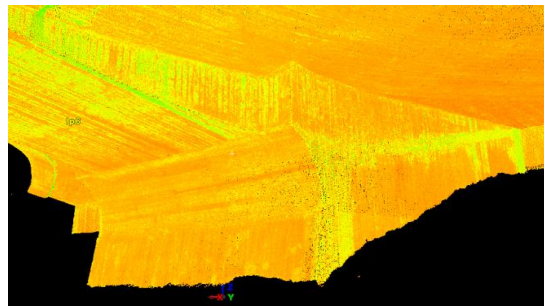
En annen metode for å sammenligne skann, er å generere en mesh. Denne meshen bruker punktskyen som datagrunnlag til å danne en overflate. Sammenligning av flere mesher er enklere enn den foregående metoden, da det blir sammenligning av to flater, og ikke tusenvis/millionvis av enkeltpunkt. En mesh av en overflate vil ofte danne det mest nøyaktige bilde, da den kan ta et gjennomsnitt av en punktsky målt med en høy oppløsning. Det vil si at punkter som kan betraktes som støy og som ligger litt vekk fra flaten, blir filtret bort i forbindelse med genereringen av meshen. Man skal være klar over at ved kvasse kanter kan meshen bli noe avrundet i forhold til den virkelige formen. Dette gjelder også når man har elementer som står normalt på hverandre, for eksempel i overgangen mellom broplate og fundament. Dette er en faktor som blir tatt i betraktning når skanning blir brukt som metode i andre forbindelser, for eksempel i bilindustrien. Der benyttes det da programvare som analyserer punktskyen på en annen måte og gjensker den skarpe kanten ved hjelp av bruddlinjer.

Dersom det finnes opprinnelige tegninger av konstruksjonen, kan det være mulig å lage en teoretisk modell av objektet, før man sammenligner den med de data som er hentet ut fra skanningsarbeidet. Den teoretiske modellen vil da være nøyaktig slik konstruksjonen skulle ha vært og brukes som grunnlag for sammenligningen, mens 3D-modellen fra skannerdataene gjengir konstruksjonen slik den ser ut på det aktuelle tidspunktet.

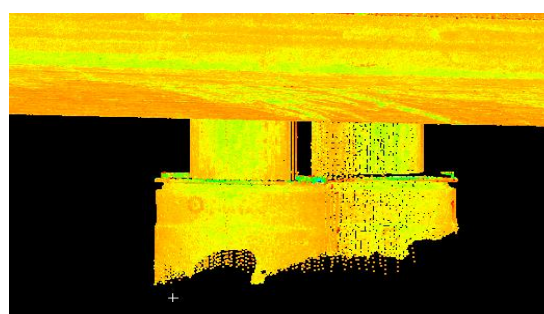
5.4.2.1. Skanning av bru

Laserskanning til dokumentasjon av bru er en av de første vellykkede bruksområdene til deformasjonskontroll. I dag er teknologien brukt som standard innenfor mange områder og selskaper. Det er mange årsaker til den vidstrakte bruken av laserskanner. Dette kan være utilgjengelighet til deler av brua, muligheten til å samle data uten å stenge deler av veien, og tilliten til dataene som blir registrert. I tillegg kommer det økonomiske aspektet, der denne metoden vil betraktelig kunne redusere kostnadene imot vanlige tradisjonelle landmålingsmetoder i de fleste bruprojekt. [18]

En bru vil bestå av mange ulike komponenter, der enkelte vil være av større betydning enn andre. Strukturelle enheter, som bjelker og vertikale søyler, kan isoleres i datasettet. Disse er svært vesentlige deler for å beregne styrken og stabiliteten til en bru. Andre kritiske områder er hvelvingen og områder ved siden av brokaret. [27]



Figur 10 – Venstre: Brokar på Tingberg bru. Høyre: Samme brokar hentet fra punktskyen.

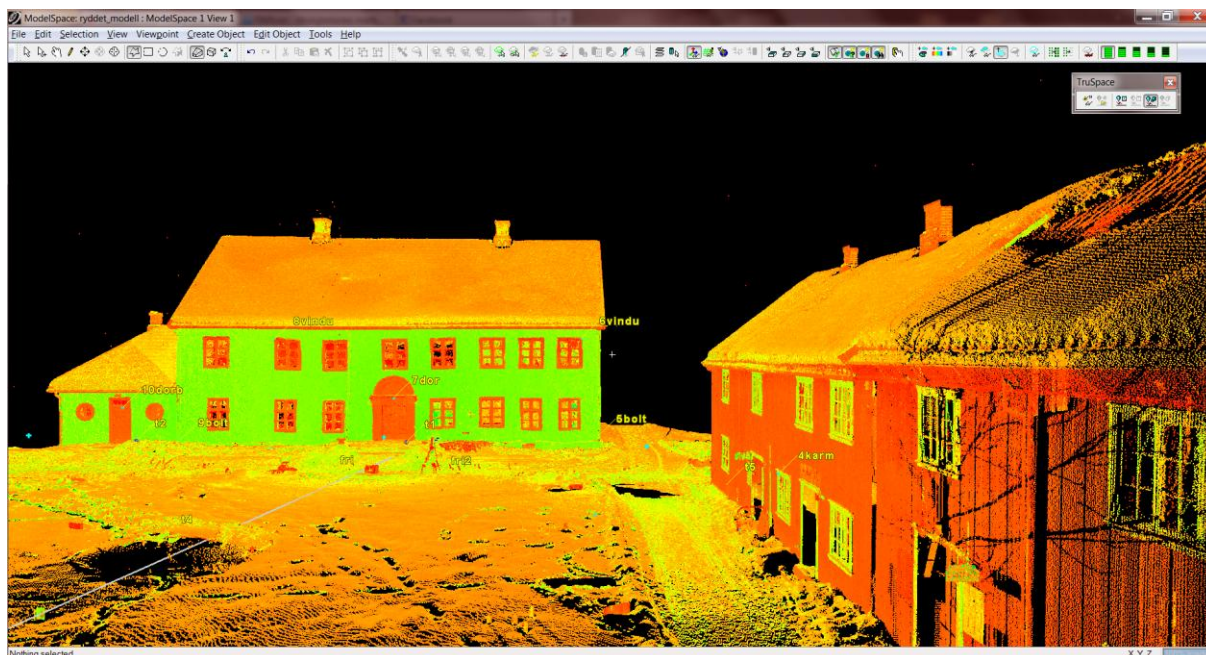


Figur 9 - Venstre: Søyler på Tingberg bru. Høyre: Samme Søyler hentet fra punktskyen.

Det å laserskane en bru er ikke problemfritt. Dødvinkler kan være et problem, og det vil ofte være vanskelig å unngå dette. I trange områder og hyller under hoveddekket vil det i mange prosjekt kreves noen ekstra instrumentoppstillinger, for å kartlegge alle detaljene. Dette er områder som det kan være aktuelt å bruke en fasebasert laserskanner, da avstanden til punktene vil være svært begrenset. Selve brukonstruksjonen, som ofte vil være av et betydelig omfang, er det som oftest en pulsskanner med høy nøyaktighet som er aktuelt å bruke.

5.4.2.2. Skanning av bygg

Kartlegging av forskjellige bygningers deformasjon kan være aktuelt etter for eksempel ødeleggende naturkrefter, attentat eller ved setninger i grunnen. Det er også svært relevant for bevaring av fredede og kulturhistoriske konstruksjoner. I mange tilfeller vil det være hensiktsmessig å gjøre arbeidet i trygg avstand fra det aktuelle objektet, for ikke å skade bygningene ytterligere og forhindre personskader. Her vil en laserskanner være et hendig verktøy.



Figur 11 - Eksempel på skanning av bygg(Gjøvik Gård)

I dag anvender mange brukere fasebaserte skannere for det innvendige i bygg, mens det er mest praktisk med en pulsskanner for det ytre, samt området rundt. [12]

I deformasjonsanalyser av bygg var det tidligere brukt en høy-nøyaktighets niveller for å sjekke vertikale forflytninger, mens de romlige forskyvningene og bevegelsene ble oppnådd ved hjelp av totalstasjon eller teodolitt.

Strukturelle skader kan bli evaluert ved å bruke en såkalt Eksperimentell Model Analyse (EMA), som krever en serie akselerasjonsmålere plassert på bygningen. Andre teknikker som kan brukes er belastningsutstyr, bakkepenetrerende radar (GRT), ultrasoniske- og radiografiske metoder med mer. [20] Det kreves altså en stor mengde forskjellige metoder (kontakt og kontaktløse) for å overvåke bygningens tilstand. En annen nøkkelfaktor er målingenes tidsrepetisjon for å oppdage eventuelle skadeeffekter.

Dimensjonen til store strukturelle komponenter kan bli analysert etter å ha fått ut det digitaliserte bildet fra skanningen. De viktigste delene som analyseres og måles er veggbredde/-høyde, søylelengde/-bredde/-dybde. [8]

Det å ha de aktuelle as-built tegningene foran seg når man sjekker den aktuelle bygningen, vil være nødvendig for å danne seg et godt bilde av hvordan konstruksjonen skulle ha vært. Ut i fra disse skal man kunne modellere hele konstruksjonen og dermed sjekke denne opp i mot punktsky/mesh fra skanningen.

5.4.2.3. Skanning av demning

Dette er noe som blir mer aktuelt med tiden som kommer. Statkraft holder på å utvikle en standard for kartlegging av dammer ved bruk av laserskanner. Denne er til høring på dette tidspunkt, men vil etter all sannsynlighet komme. Dette vil i tilfelle medføre en storstilt kartlegging av deformasjoner på demninger rundt omkring i Norge.

Deformasjonskontroll av demning er noe som stadig blir mer utbredt. Dette er på grunn av viktigheten i å få gode dokumentasjoner av en slik konstruksjon. En demning blir utsatt for et enormt trykk fra vannmassene, og da kan det være katastrofalt dersom konstruksjonene begynner å skli ut, eller at deformasjonen blir så stor at det er fare for at sprekker oppstår. Slusene og området rundt er et av punktene på en demning som må tåle enormt trykk. Dette gjelder spesielt når slusene skal stenges, for å fylle opp igjen demningen. De nedre delene av demningen er også utsatt for stort press fra vannmassene, og en ser tydelig på tidligere deformasjonskontroller at det oppstår deformasjoner i disse områdene.

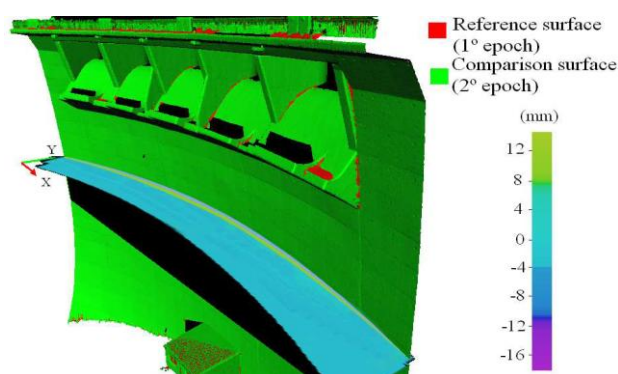


Figur 12 - Hoover demningen med piler som viser områder der det ofte oppstår deformasjoner på demninger

Det er flere måter å dimensjonskontrollere en demning på. Hittil har den tradisjonelle måten, ved bruk av teodolitt eller totalstasjon som baserer seg på vinkler, avstander og høyder, vært mest brukt. Dette har vært den dominerende metoden, og er nok det de fleste vil forbinde med landmåling. Her blir det brukt instrument som fører til god nøyaktighet, men prosessen vil ved større konstruksjoner ta lang tid, samt at antall punkter som blir målt begrenses. Kontrollen gjøres ved at det måles på godt definerte punkter på demningen, som man kan finne igjen år etter år. På mange demninger er det også satt inn lange stolper, som går tvers gjennom et helt betongelement. Disse er plassert der nettopp fordi det skal være mulig å måle på dem. Dette gir ofte en god indikasjon på forflytning, da disse stolpene blir påvirket av hele elementets forskyvning. [2]

En annen metode som er blitt mye brukt er GPS-innmålinger [3,4]. Dette kombineres ofte med andre instrumenter, som for eksempel akselerometer. Dette er en effektiv måte å måle på, men metoden har sine begrensninger når det kommer til nøyaktighet. Siden signalene mottas fra satellitter er det vanskelig å måle innendørs, eller i områder med mange hindringer. Denne metoden blir ganske lik som den foregående metoden, da det måles på godt definerte punkter på demningen. [2]

Digital fotogrammetri er et alternativ som er billig, gir tilfredsstillende nøyaktighet og gir oss også en visuell forståelse av arbeidet [5]. Denne metoden er både effektiv og stiller ikke krav til store budsjetteringer, men den krever at targets blir plassert på objektet som skal kontrolleres. Dette gjør at man må være noe selektiv i bruken av denne teknikken, da det kan være vanskelig å få plassert targets på alle objekter som skal kontrolleres. På, for eksempel, en høy demning eller i rasutsatte områder kan det være umulig å få plassert ut targets, noe som gjør at denne metoden ikke kan brukes. I tillegg krever denne metoden at man må ta ut mål med andre instrumenter. Dette er fordi målestokken ikke blir tatt vare på i arbeidsprosessen. [2]



Figur 13 - Deformasjoner på Las Cogotas

Et godt eksempel på bruk av laserskanning for å dimensjonskontrollere en demning er skanningen av “Las Cogotas” demningen i Avila, Spania. Dette arbeidet ble utført i 2006 av personer tilknyttet Universitetet i Salamanca, samt ECONTOP i Spania. Målet med dette arbeidet var å bruke laserskanning til å se på deformasjonene på demningen med ulike vannstander. Det ble gjort målinger i tre ulike perioder. Når demningen var tom, halvfull, og full. Dette var for å se forskjellene på demningen med ulikt press fra vannet. Skannet som ble tatt da demningen var tom ville være referansen, da det ble antatt at demningen hadde minst deformasjon på dette tidspunktet. De to andre skannene ble sammenlignet med det første, for å se på hvordan demningen endret seg ettersom presset fra vannet ble større. Resultatet fra sammenligningene ble grafisk framstilt, med modeller som viste hvor de største utslagene var.

5.4.2.4. Skanning av skredområde

Dette er et område man kanskje ikke har hørt så mye om når det kommer til landmåling, men det er nødvendig både med tanke på utbygginger og ikke minst sikkerhetsvurderinger, at man kartlegger bevegelser i skrenter og skråninger. Fjernmåling, som laserskanning, kan være å foretrekke siden operatøren da kan oppholde seg i trygg avstand fra det potensielt farlige området.

Laserskanning er en teknikk som er bedre egnet til å kontrollere områder som omhandler mer løsmasse og steinsprang, da skanningen sørger for bra kontroll av små individuelle bevegelser i et større felt. Takket være den enorme prosesseringskapasiteten en skanner har, er det relativt raskt å samle inn mye data over et større område. Skulle man benyttet mer tradisjonelle metoder, som GNSS eller totalstasjon, ville forutsetningene ofte vært begrenset. For det første, vil kun et punkt av gangen bli registrert. For det andre, operatøren ville ha vært tvunget til å stå midt oppe i et potensielt rasfarlig område for å få gjennomført målingene.

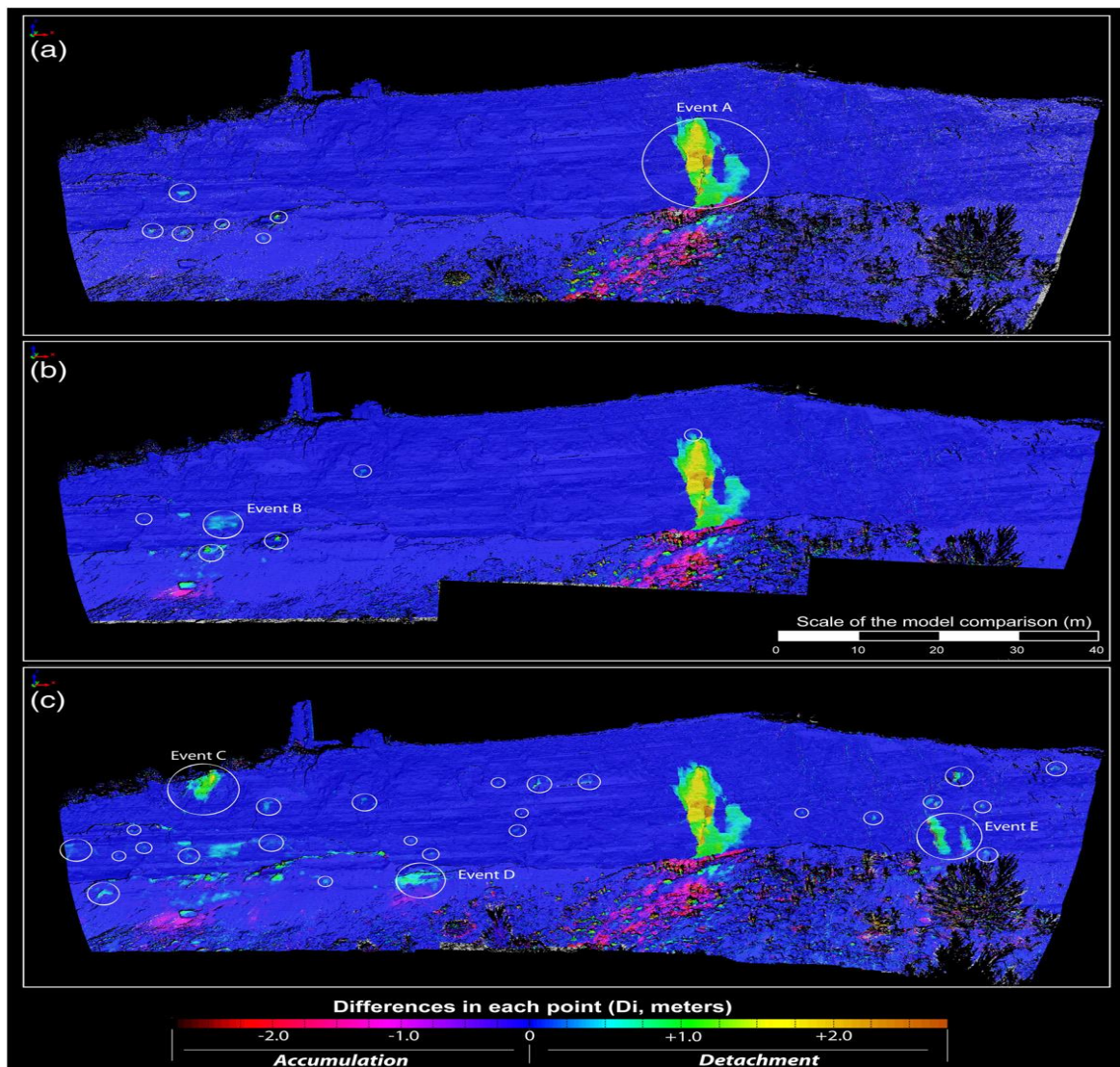
Nøyaktigheten på enkeltpunkt vil som oftest ikke tilsvare de til en totalstasjon. Derimot, på grunn av den store mengden punkter som blir innmålt, kan man interpolere et punkt med bra nøyaktighet på ønsket målested. For bedre nøyaktighet i et slikt tilfelle, kan detaljस्कann utføres over et begrenset område, da punktettheten blir vesentlig større.

Hvordan et slikt skann kan gjennomføres er drøftet i [6]. Artikkelen tar for seg overvåking av bevegelser i en fjellskrent, hvor det på toppen befant seg gamle ruiner av byen Puigcercòs. Skrenten ble til etter et ras som ble utløst av kraftig regnvær i 1881.

Deres metode er rettet imot å ivareta restene av byen, og må derfor holde øyne åpne for mulige nye ras. I artikkelen [6] ser de på hvordan man kan overvåke, og eventuelt forutsi når det kan rase ut større masser/steinblokker fra den overhengende fjellskrenten. De valgte da å gjennomføre flere skann over en tidsperiode på cirka 300 dager. Det ble totalt gjennomført fire skannperioder, noe som ikke er nok til å kunne kalles overvåking, siden man kunne fastslå når eventuelle steinsprang hadde funnet sted. Om metoden skulle brukes til å forutsi nye ras, hadde det vært nødvendig med hyppigere skann.

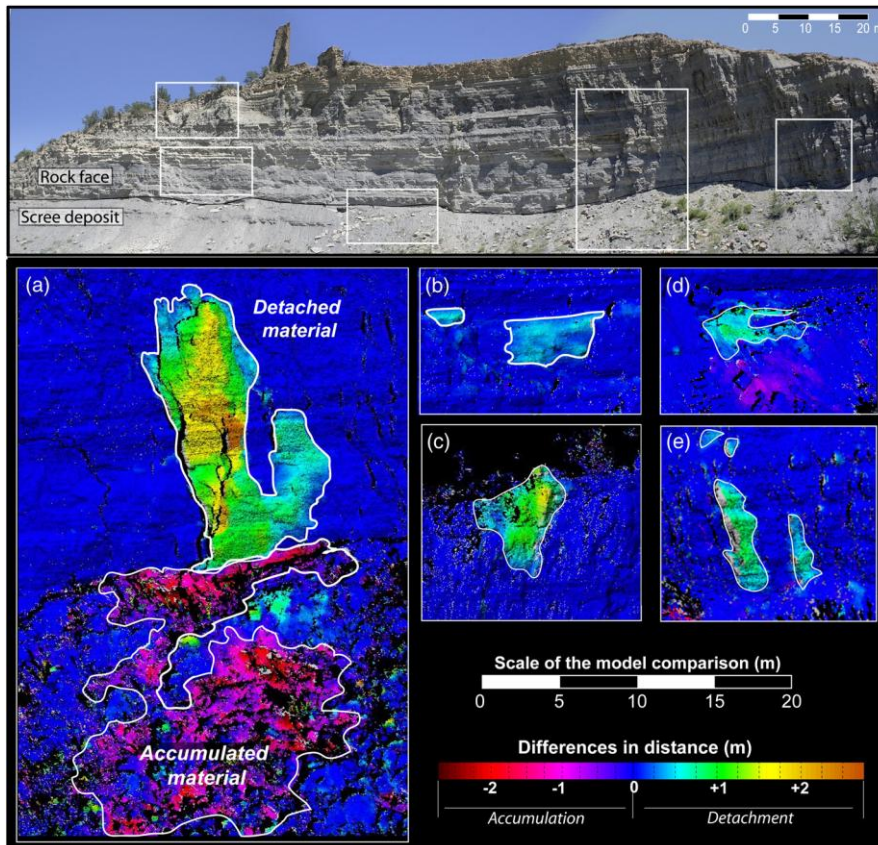
Etter datainnsamling ble to punktskyer sammenlignet av gangen, siden dette ville gjøre sammenstillingen enklere og begrense sjansen for metodiske feil. Den første punktskyen ble benyttet som referanse til samtlige skann, og en TIN-modell ble generert på bakgrunn av denne. På den måten får man en flate som de øvrige punktskyene kan legges over, for å bedre se endringene.

I enkelte programmer kan man definere hvilke akser man skal ta hensyn til når man leter etter deformasjoner, istedenfor kun å hente ut tredimensjonale deformasjoner direkte. Sistnevnte kan føre til at man ikke helt ser hvordan deformasjonene har oppført seg. Ved å gjøre en slik dekomponering av endringsvektorene til punktene kan man lettere holde oversikten over deformasjonen langs en akse. Det nevnes [6] at y-aksen nyttes som deformasjonsakse under analysen i dette tilfellet, slik at man får områder i punktskyene som enten ligger foran eller bak referanseflaten. Y-aksen er definert til å være dybden av skannet, altså avstanden fra skanner og fram til objekt. Tall og tydelig visualisering, viser hvor masseutglidning/-forflytning da har skjedd, siden det her [6] vil være den akse som er mest utsatt for endring.



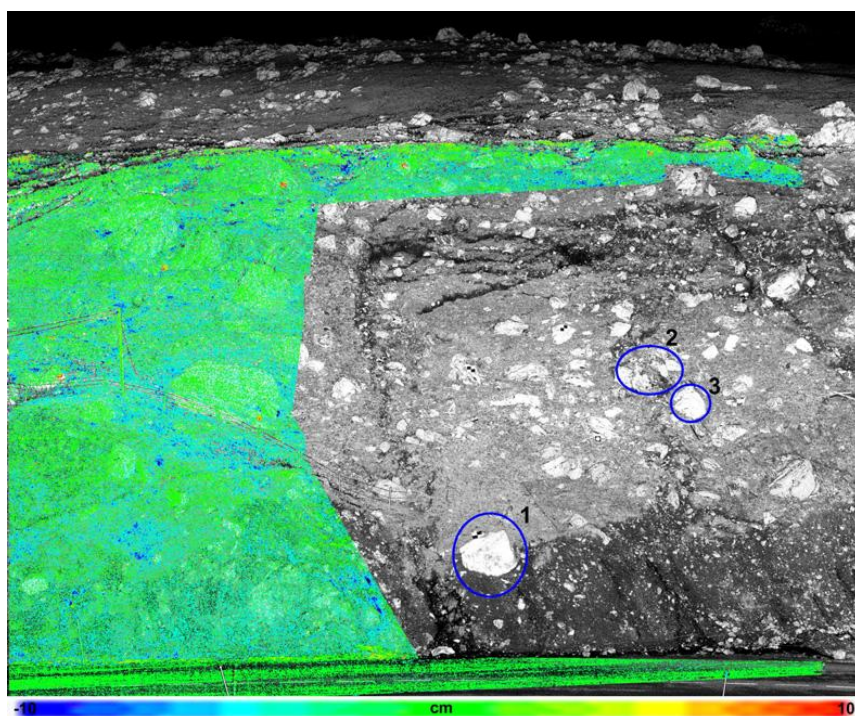
Figur 14 - Utglidninger og ansamlinger langs y-aksen [6]

Denne metoden for deformasjonsanalyse [6] er sannsynligvis best egnet til bruk i steinbrudd og lignende, siden det nødvendigvis ikke er endringer over hele det skannede området, men mer oppdelt i naturlige felt. I et område med mer løsmasse (løsmasse defineres her som mindre løssteiner og jord/leire) vil bevegelsesmønsteret være mer kontinuerlig over hele feltet [7]. Det vil derfor skille seg fra det forrige eksemplet [6] hvor deformasjonene er mer avgrenset, ved at materialet er fastere.



Figur 15 - Lokale deformasjoner i fjellskrent [6]

Skal et jordskredområde skannes [7] og kontrolleres, vil endringene være flere og kontinuerlige over mer av feltet. Et slikt område kan være stort og i større grad by på problemer, i forhold til selve skanningen [6]. Det er avgjørende at faste holdepunkter er tilgjengelige til sammenslåing av skann. Dette kan derfor være problematisk i rasområder, siden det vil være snakk om ustabile masser. I metoden [7] er tanken å bruke naturlige targets, som større steiner i og rundt området. Dette er noe som det alltid vil være knyttet en viss usikkerhet til med tanke på stabilitet. Det beste vil da være å bruke punkt som ligger på tilnærmet fast grunn utenfor konfliktområdet, da disse kan nyttes som felles-/kontrollpunkter gjennom flere målesesjoner.



Figur 16 - Illustrasjon på bruk av kontrollpunkter i område med masseutglidelse. [7]

Måleskiver, eller kalibrerte targets som følger med skanner, ville naturligvis vært det beste i de fleste former for slikt arbeid. Siden dette ofte er farlige og lite tilgjengelige områder, samt at skann skal foregå over lengre tid, vil ikke dette være en særlig egnet metode.

Er skanneren georeferert i samtlige skannerposisjoner, vil det i teorien ikke være nødvendig med targets i felt for å sy sammen punktskyer. Disse kan derimot nyttes som kontrollpunkt. Dette kan for eksempel være å sjekke større steiner som antas å ligge i ro mellom skann fra forskjellige perioder [7]. Man kan da enten se på hele skyen som ett, eller definere et område rundt hver stein med x-antall punkter og sjekke deformasjonene. Dette vil være både forskyvninger og rotasjoner. Er disse små, kan steinene være kontrollpunkter, men det er her viktig å være observant på endringer.

Steinene kan ligge i ro og dermed fungere bra til dette gjennom flere skann, før det plutselig kan oppstå bevegelser som følge av værforhold eller lignende. Det kan som sagt være en grei kontroll å gjennomføre selv om skanner er georeferert, da det kan oppstå systematisk feil fra tid til annen.

Kontroll av denne typen kan gjøres globalt, ved at man tar med hele det skannede området, eller at man velger ut lokale områder, eller patch'er [7]. Det er viktig å huske på at systemet blir mer følsomt for endringer ved bruk av patch'er enn om man bruker hele området, da det hele baseres på minste kvadraters metode. Altså gjør færre punkter det mer følsomt ovenfor endringer.

Videre kan patching [7] gi muligheten til å velge ut områder av spesiell interesse. Kommer det tydelig frem at enkelte områder er uberørte, kan berørte områder isoleres for å gjennomgå en mer utfyllende kontroll.

Ved hjelp av disse begrensningene kan deler av rasområdet beregnes individuelt, ved at man finner transformasjonsparametere/deformasjonsparametere i akkurat det området. Parameterne brukes for å koble sammen forskjellige skann, da disse naturligvis vil ha forandret seg mellom målesesjonene.

6. Utstyr og programvare

Det har vært benyttet mye forskjellig utstyr og programvare under oppgaven. Alle nevnte har stor relevans for gjennomføringen av prosjektet, selv om enkelte har vært mindre brukt. GNSS-utstyr og programvaren Gemini Oppmåling er blant disse. Hovedtyngden i denne delen vil falle inn under Leica ScanStation C10, laserskanneren brukt til datafangst, og programvarene 3DReshaper og Leica Cyclone 7.3.3. Spesifikasjoner til Leica ScanStation C10, brukt under utførelsen ligger som vedlegg G i denne rapporten, noe som gir mer detaljert innsikt.

6.1. Leica ScanStation C10

Det mest vesentlige under hele prosessen har vært laserskanneren, Leica ScanStation C10. Dette instrumentet har vi fått lånt av Geoplan 3D under utførelsen av de aktuelle skanningsområdene. Den har en innebygd pc, som er en svært tidsbesparende ressurs både i felt og med etterarbeid.

Den har en skanningshastighet på opptil 50000 pkt/sek. Den oppgitte nøyaktigheten er på 3mm på 100 meters avstand, og den vil ha en rekkevidde på opptil 250 meter på en flate med 90% refleksivitet. Skanneren skanner 360° horisontalt og 270° vertikalt, altså en full dome, og har innebygd kompensator. [28]



Figur 17 - Leica ScanStation C10 [28]

6.1.1. Targets

Vi fikk lånt targets av Geoplan. Disse var av typen Leica HDS targets i to forskjellige farger. Hensikten til disse er å skape en god kontrast de to fargene i mellom, slik at det vil være enkelt å finne midtpunktet til hvert target. Formen er sirkulær og alle har diameter på 6 tommer.

HDS targets kan skannes eller måles inn ved bruk av tradisjonelle landmålingsinstrument.

Plattformen er magnetisk, noe som er praktisk der det finnes metallkonstruksjoner. De er mulig å rotere, slik at de til en hver tid er orientert mot skanner. I tillegg til dette, ble det brukt en liten og svært nyttig target for å georeferere brua på Øyer.



Figur 18 – Viser de ulike targets brukt under innmålingene, samt plattformen.

6.2. Leica totalstasjon

For å få georeferert targets er det nødvendig med en totalstasjon. Denne fikk vi lånt av skolen under arbeidet på Gjøvik Gård, mens Geoplan stilte selv med utstyret når vi var på Tingberg bru. På Gjøvik Gård ble det brukt en Leica Viva TS15. Totalstasjonen har en rekkevidde på 3,5km med reflektor, med nøyaktighet ned mot 1mm + 1,5ppm. Nøyaktigheten ved reflektorløs måling kan være så høy som 2mm, men dette er avhengig av avstanden samt overflaten som det måles på. [14]



Figur 19 - Leica Viva TS15

Totalstasjonen som ble brukt under målingene på Tingberg bru, var en Leica TPS1200+.

Totalstasjonen har en rekkevidde på 1000m uten reflektor, og har en nøyaktighet på 2mm.

Fotavtrykket til totalstasjonen er 2cm/50m.

6.3. Leica GNSS

For å få opprettet fastmerker på Tingberg bru, ble det brukt GNSS-mottaker for å få koordinatene.

Mottakeren som ble brukt var en Leica GPS1200+, og støtter GPS, GLONASS, Galileo og Compass satellittsystemer.

6.4. Programvare

6.4.1. Gemini oppmåling

Dette programmet er i vår oppgave brukt til å danne datagrunnlaget for den teoretiske modellen. Dette er et grunnleggende landmålingsprogram med alt fra enkle funksjoner som etablering av punkter, til transformasjoner mellom koordinatsystemer. Det skulle vise seg å være et uvurderlig verktøy i vår oppgave til generering av grunnlagsdata hentet fra plantegninger, som videre kunne bearbeides i AutoCAD.

6.4.2. 3DReshaper

3DReshaper har mer fokus på modellering framfor landmåling. Her kan man lage mer nøyaktige modeller basert på punkttskyer, samt at modellene vil bli skapt ved bruk av flere punkter. Når det her lages en mesh, altså en triangulert overflatemodell, kan denne justeres på mange måter etter selve genereringen. Modellene kan gattes ut eller få mer tekstur. Overflaten kan gjøres blank eller matt, eller man kan få generert en tekstur som er veldig virkelighetsnær. Uten å gå i detalj, har programmet en funksjon hvor man får framhevet linjer i punkttskyene, noe som kan være bra for en mer virkelig gjengivelse av for eksempel furene i en murvegg.

Softwaren er allsidig og tillater endringer ikke bare av punkttskyer, men også genererte mesher eller modeller. Når man oppretter en mesh kan ofte overflaten bli abnormal. Det kan være punkter med store avvik som sørger for "spikes"(topper på overflaten) i modellen, eller for store avstander mellom punkter som vil forårsake hull i meshen. Her skal det ikke mange feil til for at hele overflaten blir fullstendig misvisende, derfor er det avgjørende at punkttskyene er blitt nøye ryddet på forhånd. Dette kan gjøres i Reshaper, men det anbefales på det sterkeste å gjøre dette i Cyclone da denne programvaren er mer tilrettelagt for behandlingen av rådata.

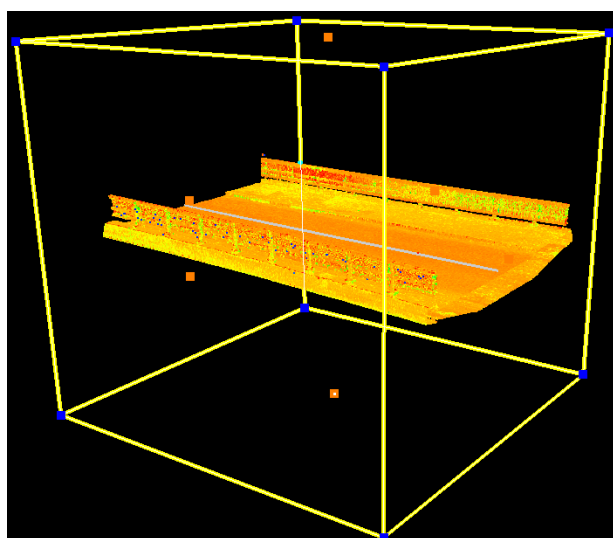
Det var dette programmet som skulle brukes til deformasjonsanalysen, siden man her hadde muligheten til å sammenligne forskjellige datagrunnlag og dermed få ut endringene, både i tall-form og på en mer visuell måte.

6.4.3. Leica Cyclone 7.3.3

I forbindelse med oppgaven er det blitt benyttet programvare fra forskjellige leverandører. Leica Cyclone 7.3.3 var selve hovedhjelpemiddelet, siden dette ble brukt både til rydding og registrering av punktskyer. Det var dette programmet som stod for behandlingen av rådata direkte fra skanner.

Her er mulighetene mange for hva som kan gjøres, men det som ble benyttet mest i denne oppgaven var sammenkobling, rensking av punktskyen og enkel modellering.

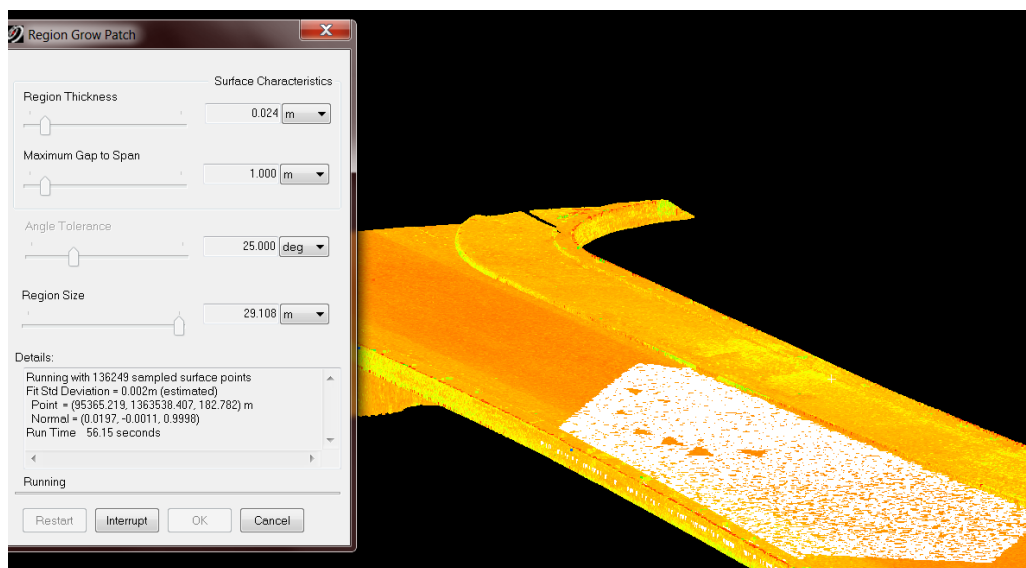
De sammensatte punktskyene vil ha mye støy. Da det kan være mange punkter som opptrer forskjellige steder rundt objektet og ser ut til ikke ha noe opphav. Disse kan være produkter av at skanneren har registrert objekter som befant seg i luften mellom skanner og objekt, slik at man har fått en feilregistrering. Det kan være trær og greiner, eller noe så lite som insekter og støv. Her er mulighetene mange. Slike typer feilregistreringer er ofte ganske store og oppdages ganske enkelt. Men man vil også ha mindre avvik mellom punktene på det skannede objektet som forekommer av forskjellige årsaker, men i hovedsak av objektets tekstur og refleksjonsevne. For å fjerne disse må man gå mye nøyaktigere til verks, og da kan det være lurt å benytte seg av funksjonen limitbox. Dette er en tredimensjonal boks som innkapsler ønskede punkter fra punktskyen og gjør disse redigerbare, mens punkter utenfor gjemmes og kan ikke endres så lenge limitboksen er der.



Figur 20 - Limitbox i Cyclone

Skal man modellere i Cyclone, eller et annet program, er det viktig at man definerer et område godt og har fått fjernet all støy. Har man ikke gjort dette vil støy-punkter medføre store avvik som igjen vil påvirke det totale resultatet. Slike punkter kommer veldig godt til syne om man forsøker og genererer en mesh basert på punktene. Da vil såkalte spikes oppstå, som trekker opp/ned overflaten til meshen og gjør den dårlig. I slike tilfeller har Cyclone funksjonen region grow.

Den genererer en overflate på bakgrunn av omkringliggende punkter, og vil derfor utelate punkter som ikke ligger innenfor ett gitt intervall.



Figur 21 - Region Grow i Cyclone

Andre alternativer som Fit to Cloud og Fit to Fenced brukes også til modellering. Fit to Cloud tar for seg hele skyen, mens ved bruk av fencing kan område begrenses slik at kun punkter innenfor blir inkludert i beregningen.

Selv om dette bare er noen av funksjonene til Cyclone, ser man at dette er et allsidig program. Virksomhetsområdet strekker seg fra grunnleggende behandling av rådata direkte fra instrumentet, til modellering og meshing.

6.4.4. AutoCAD

AutoCAD er blant verdens ledende CAD-verktøy. Programmet er et modelleringsprogram som kan brukes til konstruksjon i både 2D og 3D. Vi har brukt AutoCAD å skape en teoretisk 3D-modell, basert på tegninger av Tingberg bru. AutoCAD er utgitt av Autodesk Inc., og ble for første gang lansert i 1982. Det opprinnelige filformatet i AutoCAD er .dxf, som er et format som støtter både 2D- og 3D-informasjon. Det finnes ulike versjoner av AutoCAD, basert på ulike brukere. Studentversjoner, lavbudsjettsversjoner og versjoner til bruk på nettbrett og mobiltelefoner er i korte trekk de ulike versjonene av AutoCAD. I tillegg er programmet utviklet både for MAC og Windows. [29, 30]

7. Bakgrunn for valg av skanningsområde

Her presiserer vi årsaken til valg av arbeidsområde, altså Gjøvik Gård og Tingberg bru.

7.1. Gjøvik Gård

Gjøvik Gård er en ærverdig og historisk viktig gård, som i dag har en svært sentral plass i Gjøvik. Den befinner seg rett sør for rådhuset i Gjøvik og er et viktig kulturhistorisk monument i byen. Men alt er ikke bare idyll. Hovedbygningen går jevnlig gjennom en deformasjonsprosess der grunnen til stadighet endrer seg. Dette er derfor svært relevant med tanke på vår bacheloroppgave, og vil bidra til en økt forståelse for ulike typer deformasjoner.



Figur 22 - Oversiktsbilde som viser hvor Gjøvik Gård er plassert



Figur 23 - Bilde av hovedbygget på Gjøvik Gård

Gjøvik Gård er nevnt allerede tilbake til 1432. Den ble delt opp i to deler, Nedre Gjøvik og Øvre Gjøvik. Nedre Gjøvik ble i 1804 kjøpt opp av tyskættede Caspar Kauffeldt, forpakter på Biri Glassverk. Han begynte en stor ombygningsprosess, der de fleste små og gamle bygninger ble revet, for deretter å bygge nye tidsriktige og herskkelige bygg. Hovedbygningen stod ferdig i 1810, og inneholdt 22 værelser, og som resten av eiendommen ble den et blikkfang og sentralt møtested for eliten i Norge. Her var, blant andre, prins Christian Frederik, Henrik Wergeland, Bjørnstjerne Bjørnson og Knut Hamsun innom opp igjennom årenes løp. I 1952 ble Nedre Gjøvik Gård testamentert til Gjøvik by av den daværende eieren Alf Mjøen, på den betingelse at den skulle bli et kultursentrum. Dette har ført til at en konsertsal og messehall har blitt bygd ved gården, drengestua huser kafé og kunstutstillinger, samt at hovedhuset har blitt åpnet for publikum. I 2008 ble gården og hele området fredet. [22]

”Fredning er et kvalitetsstempel. Når et byggverk eller et miljø fredes, er det fordi det har betydning for hele nasjonen, og fordi det har unike kvaliteter som må sikres en forutsigbar framtid.” [31]

Konstruksjonen i hovedbygningen ble påkostet 2 millioner i utvendig vedlikehold i 1994. Den har hatt en negativ utvikling over en lengre tidsperiode, der veggen ved hovedinngangen har stadig forskjøvet seg. I 2006 overtok Mjøsmuseet AS forvaltningsansvaret for Gjøvik gård. I samarbeid med vår veileder, Dag Norberg, har det de siste årene vært en kontinuerlig prosess med å kartlegge hvor stor den årlige deformasjonen er. Her har det blitt benyttet nivåer til å finne forskjellen i høyder. Dette er derimot en metode som kun tar hensyn til deformasjoner langs en akse, og det ble derfor et ønske om å bruke en laserskanner til kartlegging av tredimensjonale deformasjoner. Disse kunne deretter visualiseres i en 3D-modell. [22]



Figur 24 - Bilde av et konfliktområde på Gjøvik Gård. Deformasjonen er svært tydelig

7.2. Tingberg bru

Tingberg bru er skanningsobjektet denne oppgaven har som hovedfokus, ettersom det er disse skanningsdataene som vil bli benyttet til gjennomføringen av oppgaven. Dette er en konstruksjon som ble ferdigstilt i februar 2011 [referanse statens vegvesen]. Denne befinner seg på Øyer og er en del av mange delprosjekt i Oppland med tanke på veistandard. Tingberg bru er en forlengelse av Øyer bru, som strekker seg over Gudbrandsdalslågen. Et nytt toplanskryss på Tingberg i Øyer krever både at brua delvis rives og deretter forlenges og tilpasses til rampene i krysset. Denne vil være en betongbru og strekke seg over E6, kalt Tingberg bru. Tingberg bru og Øyer bru utbygginga starten fredag 17.september og var ferdigstilt i februar 2011.

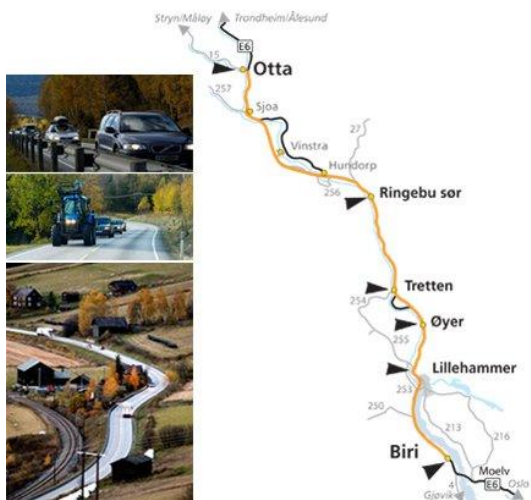


Figur 26 - Under byggeprosessen av Tingberg bru. Øyer bru ses til høyre i bildet.



Figur 25 - Bildene viser hvor Øyer (venstre) og Tingberg bru (høyre) ligger.

E6 mellom Biri og Otta er en del av hovedforbindelsen mellom sør og nord i Norge. Dette er en svært trafikkbelastet vei med mange trafikkulykker. På denne strekningen blir det nå utført forbedringer på blant annet, veistandard, brustandard og en omlegging av vei i de mest utsatte områdene, med ny tunnel ved Øyer som eksempel. Hensikten er at nye E6 Biri-Otta skal bli trafiksikker og inneha god framkommelighet. Det er gjennom en rekke utredninger konkludert med at standarden på E6 er for dårlig i forhold til vegens funksjon og trafikkmengde. Omfanget av den nye veibyggningen i Oppland fylke er på 140 kilometer. Prosjektet har blitt delt inn i 5 delprosjekt, der E6 Øyer-Tretten er det pågående prosjektet.



Figur 27 - Oversikt over delprosjektene på strekningen Biri-Otta

- ❖ Lillehammer N (Ensbj)-Øyer (ferdigbygd 2006)
- ❖ E6 Øyer-Tretten (under bygging - 2010-2013)
- ❖ E6 Ringeby-Otta (2012-2017)
- ❖ Biri-Lillehammer N (Ensbj) (uavklart)
- ❖ Tretten-Ringeby (uavklart)

8. Utførelse av oppgave

Her vi selve arbeidsgangen i prosjektet bli beskrevet.

8.1. Planlegging

Vi var tidlig i gang med planleggingen. Det første som ble gjort var å få møter med Geoplan 3D, slik at vi fikk i gang et godt samarbeid og fikk fastsatt noen av oppgavens elementer. Dette var viktig for oss, da det ga oss enn større trygghet rundt arbeidet. Det var også viktig med tanke på opplæring i programvare. Jo tidligere vi fikk gjennomført dette jo tidligere kunne vi rette fokus på andre elementer med oppgaven.

Gruppen diskuterte mye hva som skulle gjøres og til hvilken tid. Det ble også hatt møte med våre veiledere for å få noen innspill og tanker rundt arbeidet. Det ble tidlig utarbeidet en plan på hva som skulle tas med i oppgaven, og denne ga oss en bedre pekepinn på arbeidsmengden.

Første del av det praktiske arbeidet, skanning av Gjøvik Gård, ble gjort relativt tidlig i arbeidsprosessen. Dette var viktig da det ga oss bedre tid til jobbing med etterprosesseringen av dataene. Det å få gjort unna praktisk og tidkrevende arbeid så tidlig var en motivasjonsfaktor. Etter arbeidet med Gjøvik Gård fikk vi tid til å sette opp en noe mer detaljert plan på hva som skulle med i oppgaven, og det meste av fokus ble lagt til litteratursøking og teoriskrivning, da dette var noe som ville være en tidkrevende prosess.

8.2. Praktisk arbeid

8.2.1. Skanning av Gjøvik Gård

Dette arbeidet ble gjennomført i februar og medførte at det var en del snø og brøytekanter som måtte måkes for å sørge for fri sikt helt ned til foten av veggen som skulle skannes. Her var det veldig viktig å passe på at snø som ble hengende igjen på veggen ble fjernet, siden den ville skjule veggen under skanningen.

Før man begynner er det viktig med et overblikk over området for å finne de best egnede posisjonene for skanneren. På den måten unngår man for mye skyggeområder, samt at man får et overblikk over hvor targets bør plasseres for å oppnå god geometri og visibilitet i forhold til de tenkte skannerposisjonene.

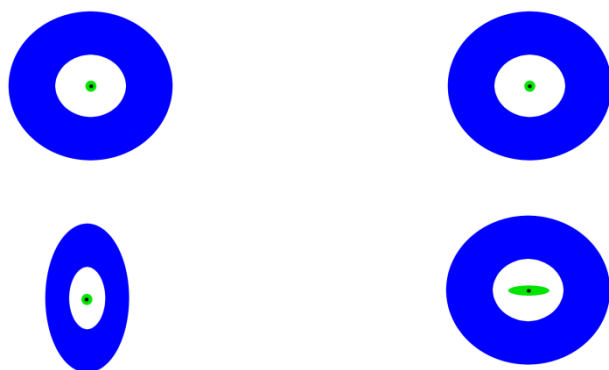
Utsetting av targets skjer fortrinnsvis slik at vinkelen dem i mellom minimum blir 45/90 grader i horisontalplanet. Leica C10 laser skanner som ble benyttet har kompensator for å kontrollere z-aksen. Siden skanneren har det trenger man ikke å være påpasselig med å plassere targets i forskjellige høyder. Brukes en skanner uten kompensator må targets være i forskjellige høyder, siden man da får kontroll på eventuelle avvik i forhold til z-aksen mellom punktskyene når disse skal settes sammen.

Targets ble plassert på trapper og betongfundament for stolper. Disse plasseringene var gode nok, men siden de ikke sto fast er dette noe som utsetter arbeidet for stor fare da targetene lett kan flyttes på under økten. Det hadde vært en stor fordel dersom det hadde vært faste metallgjenstander tilgjengelig, da "foten" på target er magnetisk og dermed gjør at den vil stå i ro.

Når skanner flyttes til ny posisjon er det viktig at targets vris etter, slik at de skannes så rett på flaten som mulig. Jo mer skrått targets skannes, jo større vil den reflekterte prikken bli og dermed er det ikke sikkert at det er sentrum av prikken som blir registrert i skanneren. En regel er at man ikke bør ha en mindre vinkel enn 45 grader, siden dette vil føre til unøyaktighet i målingene.

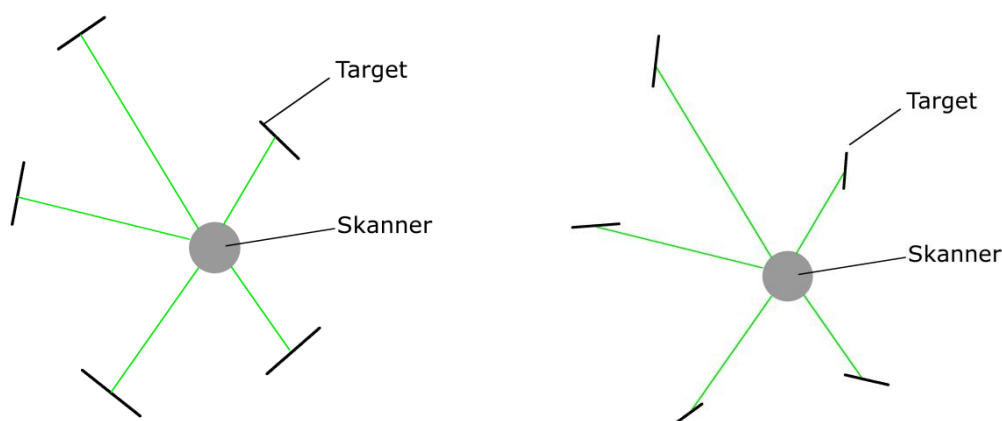
Observatørens synspunkt:

Faktisk situasjon:



Figur 28 - Skråtiltet target hvor laserprikkens strekkes og det kan oppstå målingsfeil. Sort prikk angir sentrum på target.

I dette tilfellet, siden targetet ikke stod fast, var det viktig at foten ble holdt fast da targetet skulle orienteres mot skanneren. På den måten unngår man uønsket forflytning. Det ideelle ville vært om man slapp å justere på targetet etter at man har begynt å skanne, men om det er snakk om flere skann slik som på Gjøvik Gård kan det bli nødvendig at man vrir etter målskiven slik at laserstrålen treffer den så vinkelrett som mulig.



Figur 29 - Venstre: gunstig treff av target. Høyre: ugunstig treff av target

Det ble gjennomført totalt tre skann på veggen, hvorav ett med høy oppløsning(44 millioner punkter) på midten, og to med middels oppløsning(11 mill. punkter) fra hver sin side av veggen. På forhånd var det blitt kontrollert om posisjonene ga tilstrekkelig utsikt til nok targets. Minimumskravet til antall synlige felles targets mellom skannposisjonene er to, så lenge skanner har kompensator, og må ha tre for overbestemmelse. Har ikke instrumentet kompensator det må det være minimum tre felles targets mellom skannene, og fire for overbestemmelse.

Mens skanningen pågikk ble targets innmålt med totalstasjon hvor det ble benyttet et lokalt koordinatsystem, da det ikke var mulig å benytte fastmerker på grunn av snø og is. Til dette ble standardfunksjonen Innmåling brukt. Godt definerte punkter på de forskjellige bygningene rundt ble også målt inn. På den måten kunne ha mulighet til å foreta en frioppstilling der senere, hvis det blir aktuelt å bruke laserskanner for å kontrollere bygningen videre. Punktene vil ved en senere anledning være mulig å knytte opp mot et faktisk koordinatsystem. Modellen blir da georeferert, istedenfor bare relative koordinater fra et lokalt koordinatsystem.

Etter hvert skann ble en såkalt detalj skanning av targets gjennomført. Her gikk man ganske enkelt inn på skanneren og skrev inn punktID, før man siktet instrumentet inn på hvert target og fikk det skannet. Hele poenget med dette skannet er at man skal kunne finne det eksakte senteret til target, slik at sammenføring av punkt skyer blir så bra som mulig. Disse detalj skannene blir automatisk satt inn i punkt skyen fra selve hovedskannet. Detalj skanningen kan gjennomføres enten før eller etter hovedskannet. Totalstasjonen som ble brukt var en Leica Viva TS15, mens laserskanneren var en Leica C10.

8.2.2. Skanning av Tingberg bru

Skanningen av Tingberg bru var en relativt liten jobb. Det krevdes likevel ni skann for å dekke alle dødvinkler på brua. Det er likevel mange faktorer som må tas høyde for på et slikt arbeid. Man bør ta en rask befarings av området, og gjøre seg opp en viss formening om hvor man skal plassere targets og skanner. Dette er for å unngå unødvendige skann, samt at man har kontroll på at man kan bruke samme target i flere av skannene. Dette er nødvendig for å kunne sette sammen modellen av broen senere. Skanneren som ble brukt var en Leica C10. Totalstasjonen var en Leica TPS1200.



Figur 30 - Tingberg bru under skanningen.

Det første som ble gjort på Tingberg bru, var å sette opp de første targetene og deretter sette i gang skanneren. Det ble skannet under broen på ene siden av veien først, deretter hele oversiden og til slutt under på andre siden av veien. Grunnen til at det ble gjort i denne rekkefølgen var av hensyn til HMS-reglene på stedet. I følge disse reglene var det forbudt for arbeiderne å krysse E6 direkte. Dersom man skulle krysse, måtte man gå opp på brua og følge den til andre siden.

Det ble utført tre skann før vi forflyttet oss opp på brua. Alle skannene på denne brua ble gjort med medium oppløsning, da dette var godt nok for å få med kanter og lignende på brukonstruksjonen. Oppe på brua ble det plassert ut flere targets, og skanneren ble satt i gang på nytt. Samtidig som skanneren jobbet ble det satt ut fastmerker for å kunne georeferere punktskyen. Dette ble gjort ved at tre punkter ble satt ut ved å bruke RTK-innmåling med en GNSS-antenne (Leica GPS1200). Punktene ble gitt i UTM-koordinater. Deretter ble totalstasjonen satt opp, og de tre fastmerkene ble brukt for å gi totalstasjonen en posisjon. Fastmerkene som ble bestemt med GNSS ble på nytt innmålt fra totalstasjonens posisjon, i tillegg til at noen ekstra fastmerker ble etablert. Disse punktene dannet det lokale byggeplassnettet uten de spenninger som GNSS-systemet gir.

Det videre arbeidet besto av å flytte skanneren til nye posisjoner, og samtidig måle inn de targets som ble brukt. Det krevdes tre oppstillinger med totalstasjonen for å få målt inn alle targetene.

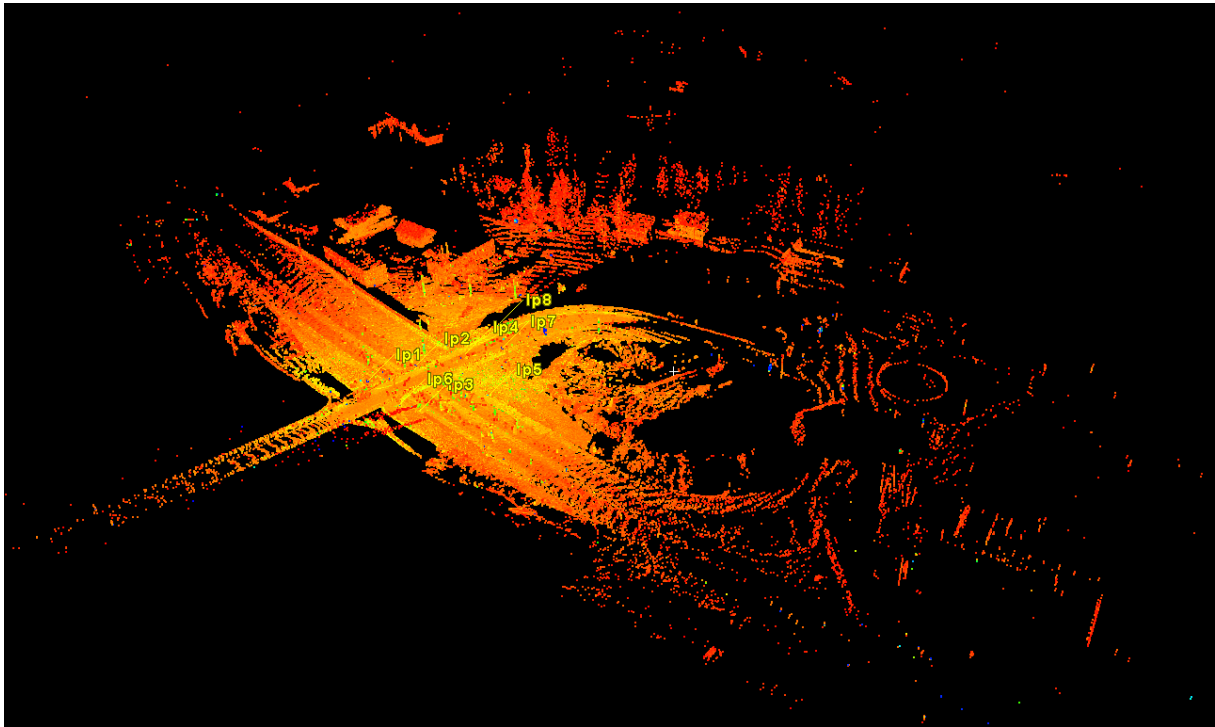
Mens arbeidet pågikk merket vi oss ulike faktorer som kunne påvirke resultatet. Det første vi merket var når vi sto under brua å skulle detaljskanne target på andre siden av E6. Dette var problematisk da det var en del trafikk på veien. Vi måtte prøve flere ganger før vi fikk godt resultat på detaljskanet. Videre faktorer som kunne spille en rolle for resultatet var underlaget vi foretok oppstillingene på. Under brua var to av oppstillingene i løsmasse, noe som gjorde at stativet kunne skli ut av vater mens skanet pågikk. Oppe på brua var det asfalt, og det er påvist at dette er et meget ustabil underlag. På det tidspunktet da vi skanet, hadde det vært kaldt om natta mens det var fint og varmt vær på dagen. Når sola varmer opp asfalten kan det gi utslag på resultatet, som følge av refraksjon og bevegelse i underlaget. I tillegg var det noe vind mens arbeidet pågikk. Dette var ikke noe problem under brua, men midt oppå fikk vinden ganske godt tak. Når vinden kommer i kast kan det medføre svingninger i utstyret, som igjen vil gi utslag på resultatet.

I tillegg til dette var det en del tung trafikk over brua mens skanningen pågikk. Både store traktorer med tilhenger, semitrailere og lastebiler passerte over brua mens vi skanet. Dette var nok en av de største faktorene som kunne påvirke resultatet. Denne tungtrafikken skapte store ristninger i underlaget, som vi fysisk kunne kjenne på kroppen. Når bevegelsene er så store, vil det gi utslag på måleinstrumentene.

8.3. Etterprosessering

8.3.1. Punktsky

Etter endt skanning på Tingberg bru ble data fra skanner og totalstasjon eksportert ut. Disse dataene bestod da av ni punktskyer, detaljस्कann av samtlige targets og ei kof-fil fra totalstasjonen med EUREF89 UTM-koordinater på targets.



Figur 31 - Tingberg bru.

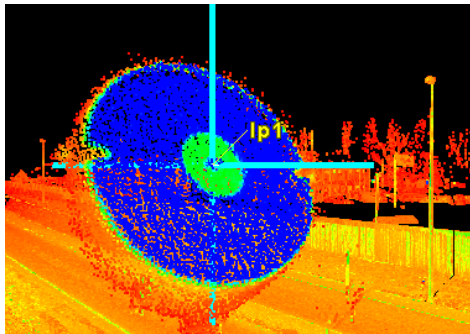
Kof-filen ble lagret som txt-fil da dette formatet lettere tillater endringer på oppsettet i filen før den lastes inn i Cyclone. Koordinatene ble transformert fra UTM sone 32 til NTM sone 10 i Gemini Oppmåling, siden NTM-systemet er det som nyttes i anleggsbransjen. Transformasjonsformel ble hentet fra Statens Kartverk under Fil – Oppsett – Transformasjoner.

NTM-systemet er det semi-offisielle koordinatsystemet til kartverket, mens UTM er det offisielle. Det er besluttet at blant annet Statens Vegvesen og Jernbaneverket skal benytte NTM-systemet i alle sine utbygginger. Dette er et målestokkriktig system, som er tilnærmet 1:1. Det var svært viktig for bransjen å få på plass dette da det var vanskelig å forholde seg til et koordinatsystem som ikke var i 1:1, spesielt på konstruksjoner.

Punktskyene ble lastet inn i et eget prosjekt i Cyclone, kalt Tingberg bru. Det er her viktig å merke seg at filepath ikke må inneholde noen tegn som ikke er ascii-format, slik som æ, ø og å. Gjør den det, vil ikke Cyclone kunne importere skanningsdataene.

Da samtlige punktskyer var lagt inn i programmet stod de målte punktene fra totalstasjonen for tur. Når man velger import på denne typen filer, må man spesifisere hvordan filstrukturen er. Man definerer da hva de forskjellige kolonnene representerer og hvilken enhet disse skal ha. Dette er helt avgjørende at blir korrekt, hvis ikke blir det store avvik på constraints under sammenføyingen av punktskyene og koordinat-filen.

Før punktskyene sammenstilles bør det foretas en rask visuell kontroll på hver Scanworld for å sjekke at hvert target er blitt målt i senter. Her kan det også oppdages eventuelle feil på navngiving eller dobbeltskann av target.



Figur 32 - Target som har blitt detaljस्कannet. Viser hvor skanner tolker at sentrum av target er.

For sammenstilling av punktskyer kjøres det en registrering. Registreringen fungerer på den måten at man velger hvilke punktskyer(Scanworlds) som skal settes sammen, samt man kan velge en koordinat fil i tillegg som sørger for at punktskyene blir georeferert. Filen med koordinater må velges som homescan før registreringen kjøres, hvis ikke vil en av skannposisjonene tolkes som utgangspunktet for koordinatsystemet.

Etter at disse er definert, kjøres funksjonen auto-add constraints. Programmet søker da gjennom alle valgte Scanworlds og filer som er blitt lagt til, og finner targets. Targets med lik ID fra to og to Scanworlds (Controlspace) kobles sammen i mellom punktskyene og opp mot koordinatfilen. Disse kommer så opp i en egen liste som viser hvilke to punktskyer koblingen er gjort mellom. Dette er grunnen til at det er så viktig med synlige fellespunkter mellom skann i felten, siden disse er knutepunktene for sammenstillingen. Mer informasjon om dette i den praktiske gjennomførelsen. Siden denne funksjonen bygger på gjenkjenning av target-ID, er det viktig at disse er like mellom Scanworlds og i koordinatfil. Er de ikke det, vil det ikke bli opprettet noen constraints, eller i verste fall at det blir opprettet en constraint mellom to punkter som befinner seg på vidt forskjellige steder i rommet som følge av navngivningsfeil eller skann av feil target.

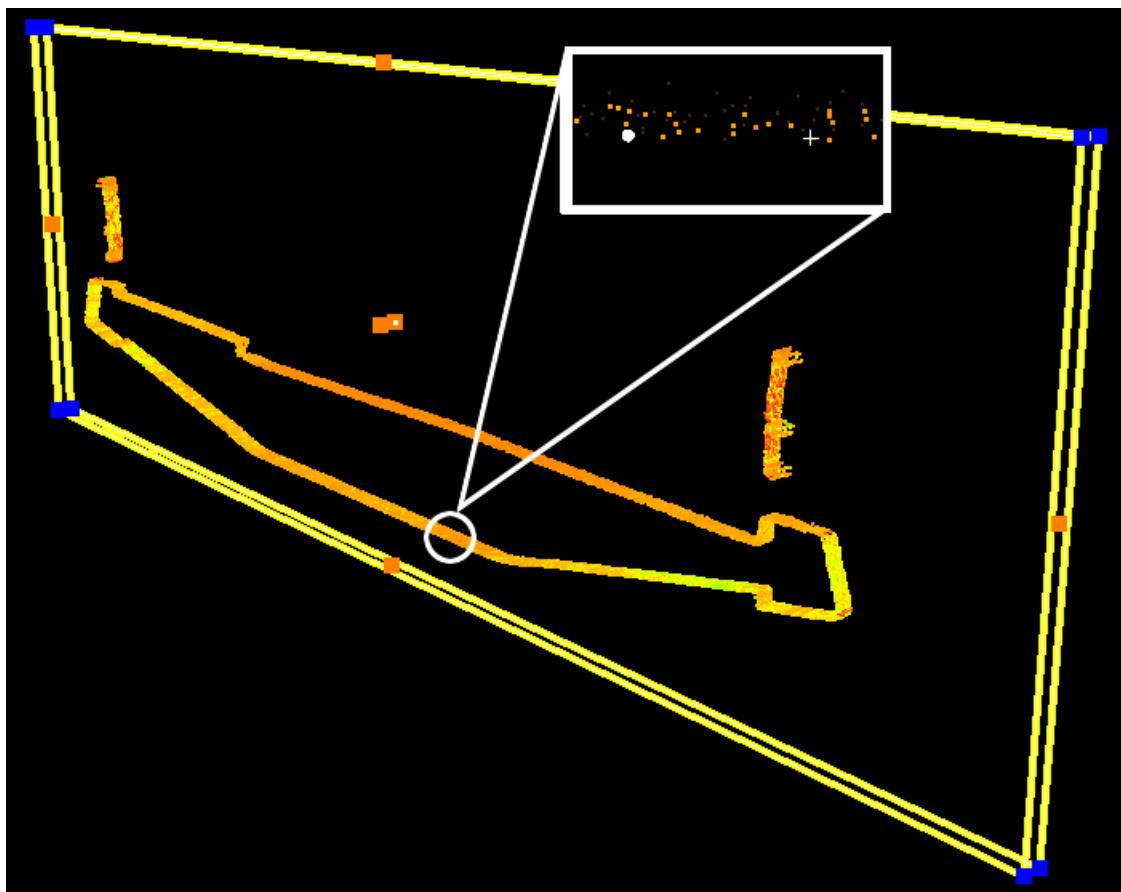
Med dette i orden kan selve registreringen kjøres. En resultatrapport fra registreringen vil vise avvikene de forskjellige constraints har, og man vil derfor ganske fort se om det er noe som ikke stemmer. Er avvikene veldig store på flere av punktene, eller at det er noe annen feil på constraints vil ikke registreringen kunne kjøres i det hele tatt. Maks avvik som vi kjørte var på 5 mm, og de fleste lå innenfor dette.

ConstraintID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group
Ip4	Station-008:...	Station-009:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, 0.000, 0.00...	Ungrouped
Ip2	Station-007:...	Station-009:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000...	Ungrouped
Ip8	Station-007:...	Station-009:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.00...	Ungrouped
Ip2	Station-006:...	Station-009:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.003 m	(0.002, 0.002, -0.00...	Ungrouped

Tabell 1 - Resultat av registrering

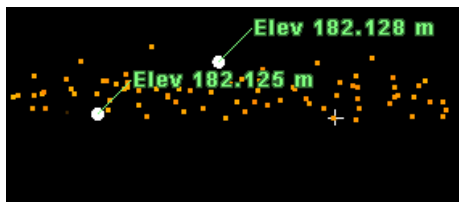
Det som registreringen i teorien gjør, er å sammenligne koordinatdifferanser mellom targets. Disse relative koordinatene mellom samme punkter kontrolleres opp mot hverandre, og man får ut avvikene.

Etter godkjent registrering bør man gå gjennom den nye Scanworlden manuelt, og foreta en visuell kontroll i områdene hvor skyene overlapper hverandre. Der vil det raskt avsløre seg om det har skjedd alvorlige feil under sammenslåingen som ikke viste seg i registreringsrapporten. En slik kontroll går raskt, og baseres mer på menneskelig fornuft enn matematiske kontrollmetoder.



Figur 33 - Snitt av tverrprofil for visuell kontroll av overlappende punktskyer

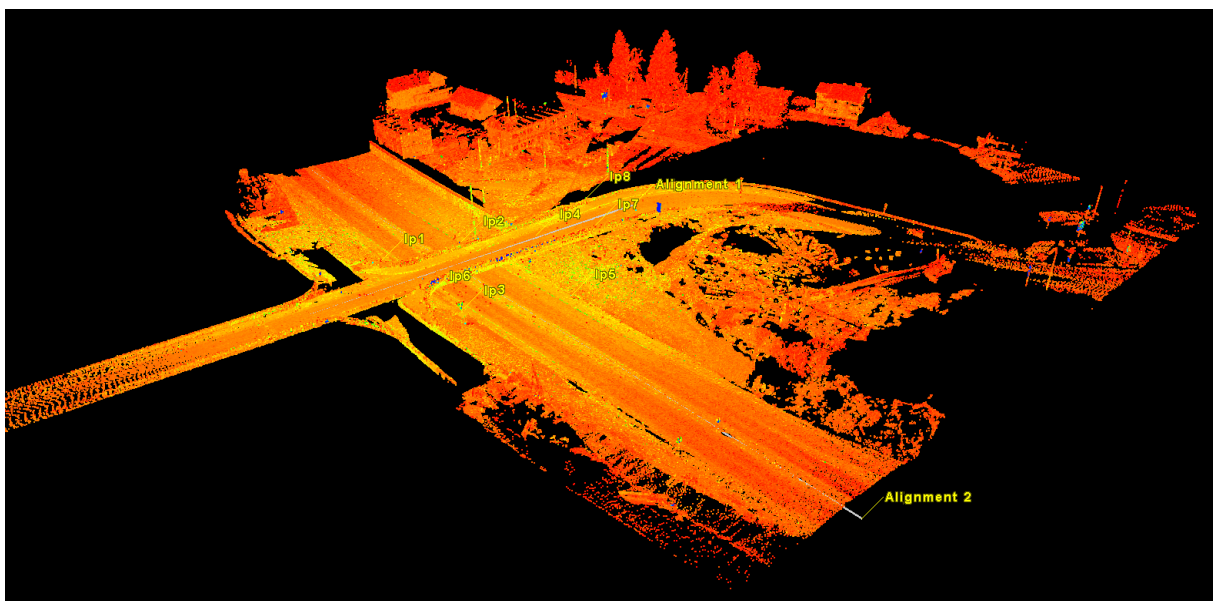
På figur 36 er det gitt ett eksempel på hvordan kontrollen ble gjennomført på bruene. Ved hjelp av Limitbox-funksjonen tar man ut ett tynt snitt av tverrprofilen og zoomer seg inn på skyen(e). Snittet bør være så tynt som mulig. Markeret et punkt, vil man se at hele den tilhørende punktskyen blir markert, mens andre punkter vil forbli umarkert. På utsnittet på figur 36 kommer dette tydelig fram, og ligger punkter fra forskjellige skyer jevnt og blandet som her er det en god indikasjon. Og er skyen tynn vil det være en god indikasjon, siden punktene ligger veldig samlet. Man kan likevel foreta noen mål for tallfesting av forskjellene.



Figur 33 - Mål av distanse mellom ytterpunkter for kontroll

Bildet(over) viser ytterpunkter på punktskyene som ble valgt, for å kunne se et verst tenkelig scenario. Storparten av punktene ligger jevnt fordelt mellom disse.

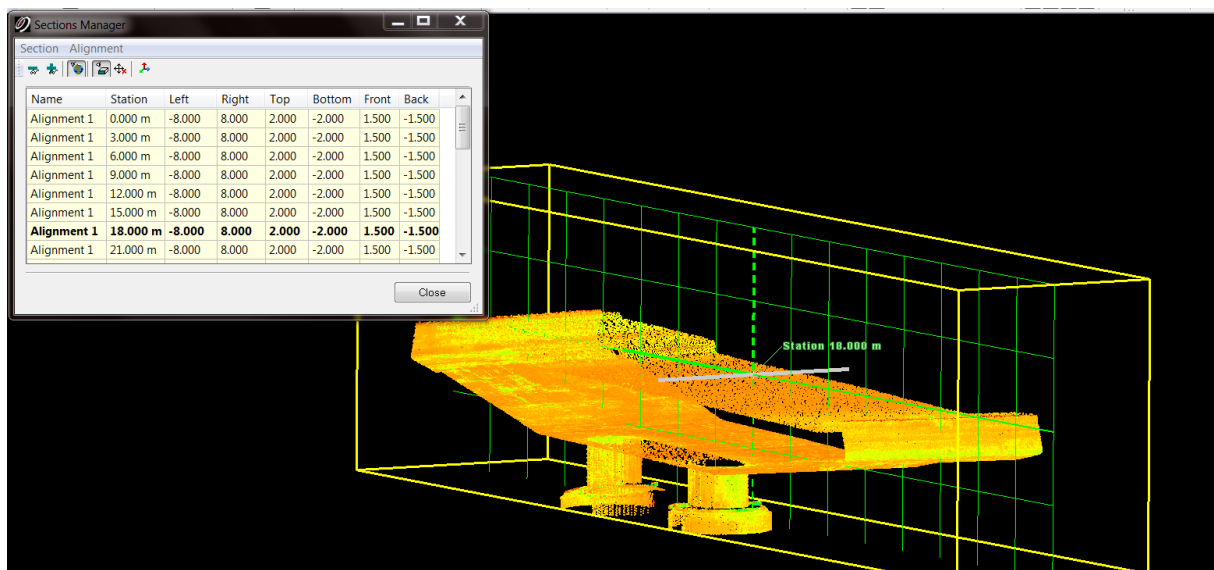
Dersom overlappingen av punktskyene ble godkjent i den visuelle kontrollen, kunne de unifies/smeltet sammen til en punktsky. Ved denne funksjonen blir overfløydige punkt i overlappende områder mellom punktskyene fjernet. I tillegg medfører dette at hver av de individuelle skyene blir behandlet som en samlet enhet i Cyclone.



Figur 34 - En sammensatt punktsky av Tingberg bru og nærliggende områder

Støy må fjernes fra punktskyen, slik at den blir visuelt oversiktlig og ryddig. Her ble det naturligvis lagt mest vekt på bruene, siden det var denne som skulle modelleres og kontrolleres for deformasjoner.

For støyfjerning, i og rundt selve bruene, er det mange mulige framgangsmåter. I hovedsak er det derimot best om den isoleres fra resten av punktskyen. Bruene ble da kopiert inn i et nytt Modelspace. Herfra lønner det seg å generere seksjoner på tvers av brua, for på den måten å renske den systematisk og metodisk.



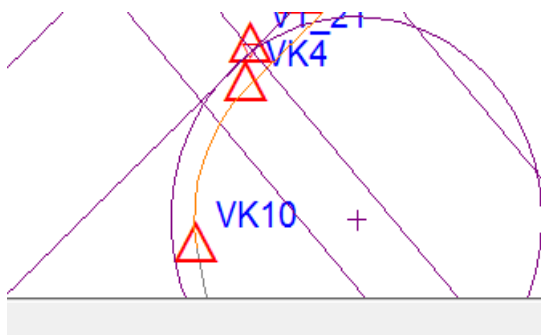
Figur 35 - Et snitt av Tingberg bru.

Etter støyfjerning var det kun den ferdige bruene igjen, og skyen måtte unifies på nytt. Årsaken er at programmet husker punkter og geometri som ikke lenger er der. Med en ny unifying oppdateres modellen, og programmet trenger ikke å sjekke gammel geometri før eksport.

8.3.3. Modellering i AutoCAD

AutoCAD kan jobbe i forskjellige Workspace, og i dette tilfellet ble vi anbefalt av Geoplan å bruke 3D Modelling. Med denne modusen kan man rotere objekter fritt i 3D, og man kan jobbe mer naturlig med 3D-objekter.

Modellen ble generert ut ifra profilpunktene og linjene som var i den eksporterte dxf-filen. Det oppsto imidlertid noen problemer med linjene som hadde radier. Etter importen i AutoCAD var det en del problemer med geometrien på disse. AutoCAD klarte ikke å lese inn buede linjer, og det ble derfor nødvendig med tettere profiler i disse områdene for å opprettholde geometrien best mulig. Dette førte til buer bestående av flere rette linjer, noe som ville bidra til avvik i selve analysen.

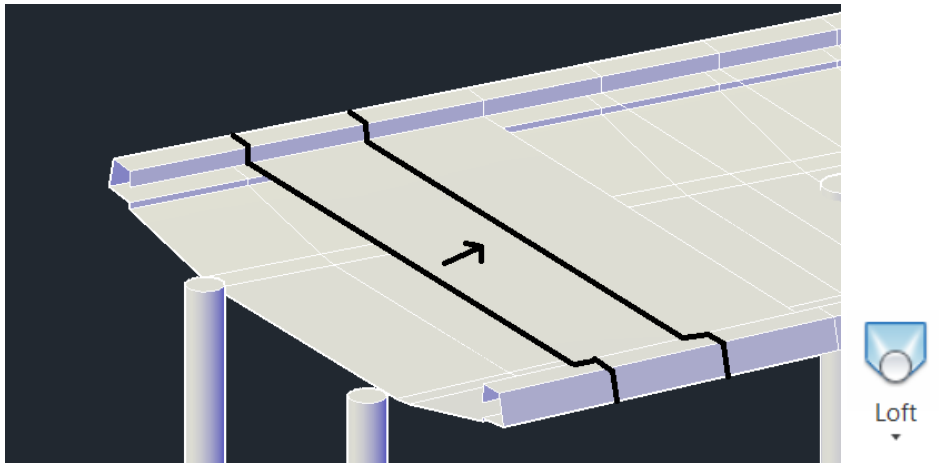


Figur 37 - Linjegeometri i Gemini slik det burde være



Figur 38 - Linjegeometri i AutoCAD, fra Gemini. Radier fra Gemini blir ikke med ved eksport

Da linjer var ordnet langsmed og på tvers av bruene, kunne man opprette tverrprofiler med jevne mellomrom. Det ble totalt 25 profiler, og på bakgrunn av disse kunne AutoCAD-funksjonen Loft benyttes. Den fungerer ved at man markerer hvert tverrprofil langs bruene. Programmet vil da automatisk trekke opp flater mellom disse linjene. Flatene kan da defineres som overflater eller 3D Solid. Sistnevnte ble benyttet i denne oppgaven. 3D Solid er flater med romlig utstrekning, som en kube.

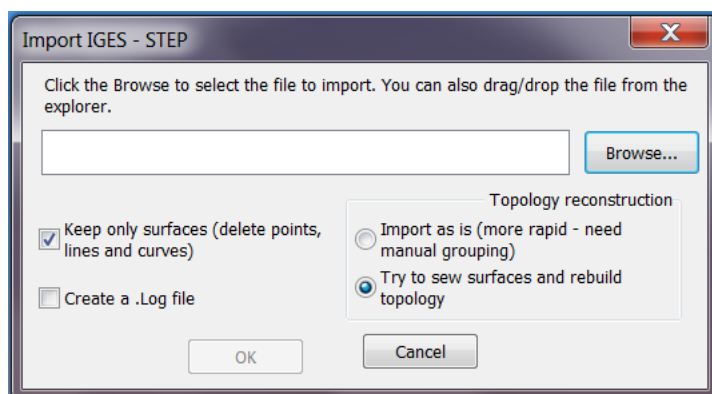


Figur 39 - Profillinjer markeres hver for seg med Loft-funksjonen, slik at en solid genereres mellom hvert profil

Etter at alle objektene var blitt opprettet, skulle modellen eksporteres. Siden den skulle benyttes i 3DReshaper, måtte den eksporteres som en iges-fil, da dette var det eneste formatet som kunne brukes mellom programmene.

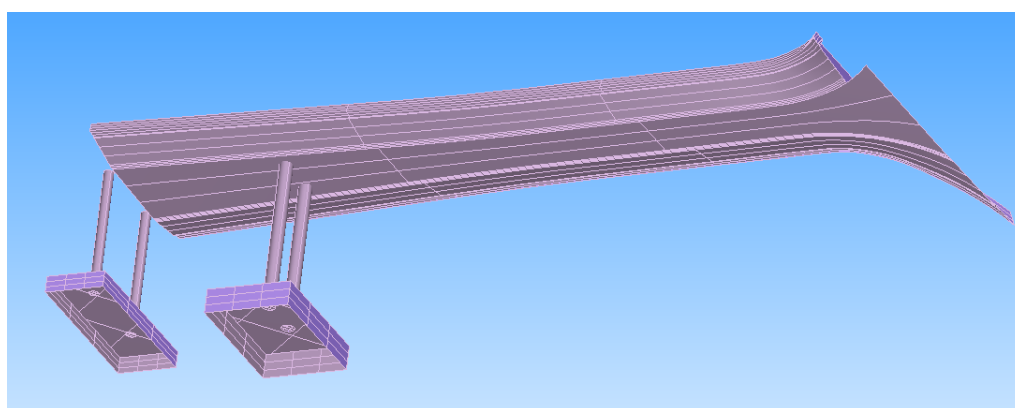
8.3.4. Analyse i 3DReshaper

Det opprettes et nytt prosjekt i 3DReshaper og iges-filen fra AutoCAD importereres. Under import er det flere valg når det kommer til hva man ønsker å hente ut fra filen. Her var det kun ønskelig med hele flater, slik at punkter og linjer kan utelates fra modellen. Det er også viktig å markere for sammenføring av flater og beregning av ny topologi, siden flatene fra AutoCAD ikke henger sammen.



Figur 40 - Import av iges i 3DReshaper

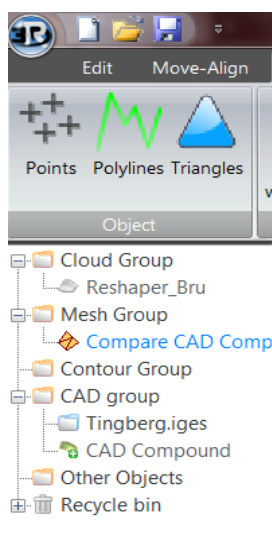
Etter import er det viktig å merke seg at kun flatene på selve bruene er blitt knyttet sammen ved importen, da det er forholdsvis jevne overganger mellom disse. Søylene som står vinkelrett på bruene vil ikke bli tatt med under denne funksjonen, da søylene bryter med den kontinuerlige topologien ellers på modellen. Disse kobles mot bruene manuelt ved å bruke funksjonen Surface Compound. I listen til venstre på 3DReshaper er det forskjellige grupper, og under CAD er iges-filen. Der finner man de forskjellige flatene som CAD-objektet består av. Alle flatene markeres og Surface Compound velges fra hovedmenyen. Et nytt objekt har da blitt generert, hvor samtlige flater er knyttet sammen.



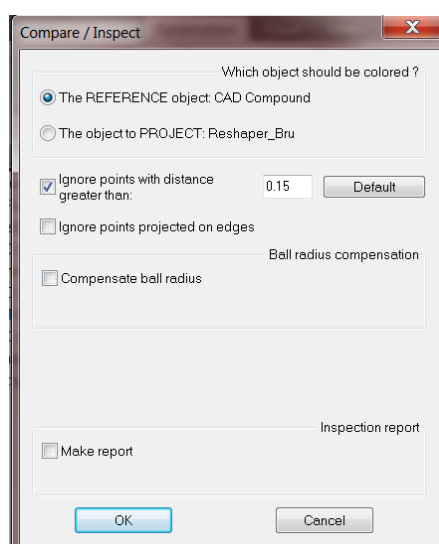
Figur 41 - CAD-modell med sammenkoblede flater

Den ferdige punktskyen fra Cyclone i pts-format importeres deretter inn i 3DReshaper. Her kan man velge å redusere punktskyen, slik at kun punkter fra de mest tettpakkede områdene blir med. Standardverdien ligger på 6 millioner punkter, men her står man fritt til å velge selv. I denne oppgaven valgte vi ikke å endre noe.

Alle nødvendige data skal nå være lagt inn, og analysen kan starte. I menyen til venstre velger man det datagrunnlaget som skal utgjøre referanseflaten, og deretter punktskyen som skal ligge over. Med funksjonen Compare/Inspect, vil programmet sammenstille datasettene og sammenligne forskjellene dem imellom. I dialogboksen som dukker opp velges hvilken overflate fargene skal legges på, hvor langt unna punkt kan være før de ignoreres og om man ønsker å få ut en rapport. I dette tilfellet falt valget på å bruke CAD-modellen som fargeflate. Her ble det i tillegg generert en mesh av punktskyen for å gjennomføre en analyse av denne opp mot CAD-modellen. Dette for å se om det var noen forskjell mellom analyse av punktsky og mesh som bygger på det samme datagrunnlaget.

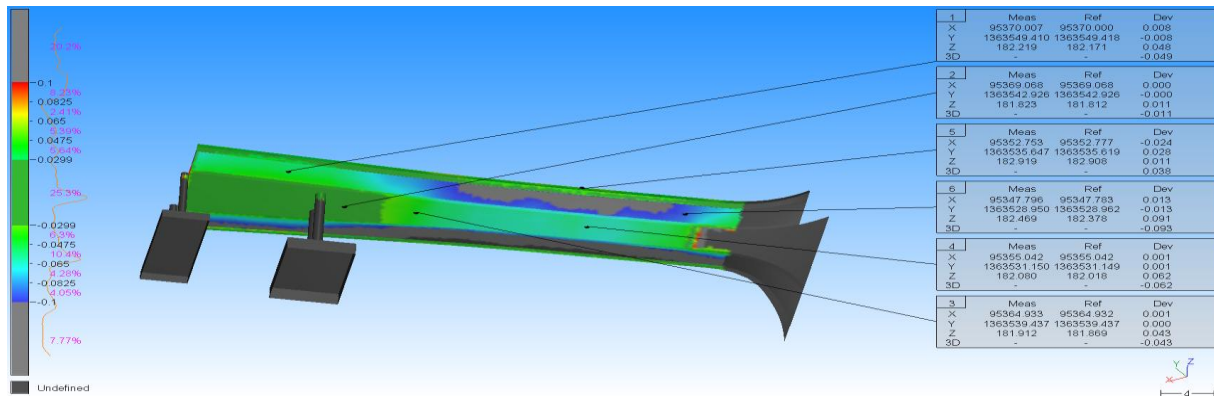


Figur 42 - Gruppemeny

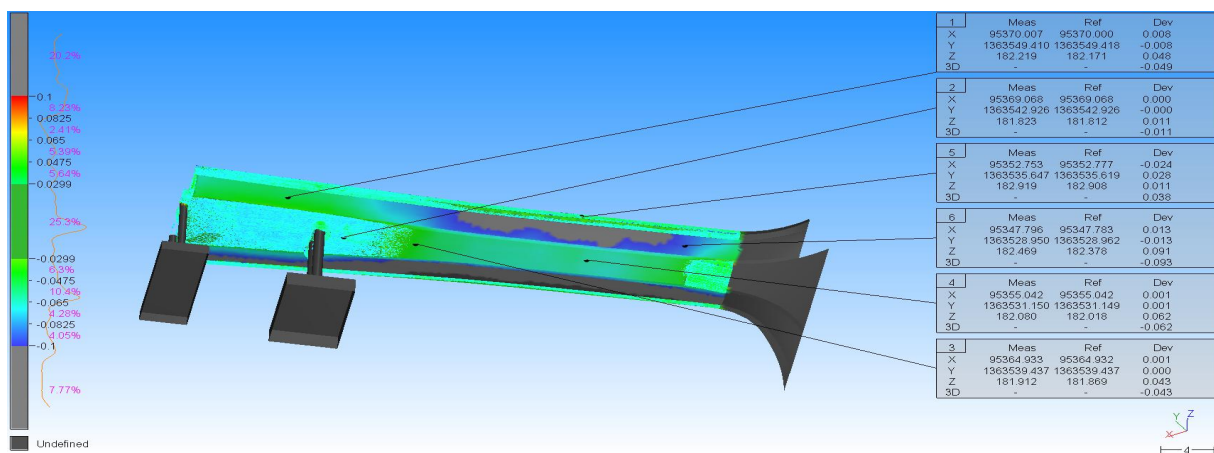


Figur 43 - Dialogboks for sammenkobling

Fargespekteret på modellen kan endres slik operatøren selv ønsker det, og det kan legges inn fargeskala som beskriver avvikets størrelsesorden. Punktsky kan alternativt legges over modellen for en bedre forståelse av fargene, og individuelle punkter kan velges manuelt ved å bruke Label-funksjonene i programmet. Her kan da rapporter basert kun på valgte punkter, hentes ut. Dette er nok mer aktuelt enn å bruke Excel-rapporten, som beskriver hele analysen, siden man kan velge ut spesielt interessante områder.

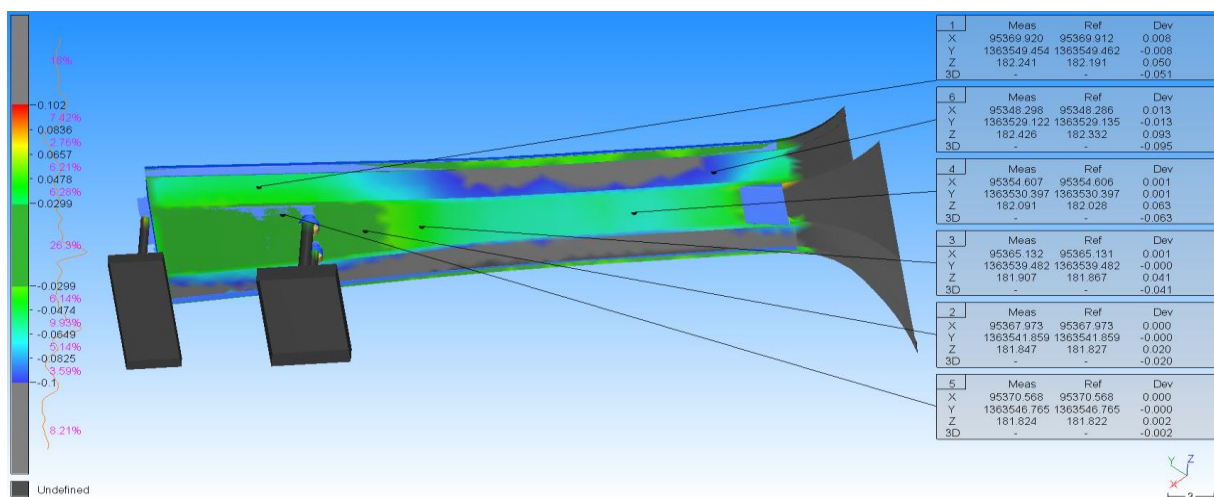


Figur 44 - Analysert CAD mot punktsky viser forskjeller. Enkeltpunkter er valgt ut, og kan legges i egen rapport. Bru sett fra undersiden.



Figur 45 - Samme figur som ovenfor, men her med punktsky i tillegg.

Analyse mellom mesh og CAD-modell ble gjennomført på samme måte. Man kan tydelig se meshen som trekker gjennom CAD-modellen ved punkt 5 i figur 50.



Figur 46 - Deformasjon/dimensjonsanalyse med mesh. Bru sett fra undersiden

9. Resultat

Denne delen tar for seg vårt resultat. Gjøvik Gård og Tingberg bru kommenteres hver for seg.

9.1. Registrering i Cyclone

I alle Scanworlds ble det utført en kontroll for å se til at treffpunktet på target var i sentrum. Dette var tilfellet og finskannene av targets så bra ut. Target ID ble kontrollert samtidig, og der fant vi feil i Scanworld 4. Der hadde samme target, lp4, blitt skannet to ganger og dermed fått to forskjellige IDer, lp4 og lp5. Vi valgte da å slette lp5, siden denne var feilplassert. De resterende skannene var korrekte og ble dermed registrert. Registreringen ga oss en rapport i Cyclone, som også kunne tas ut som en vanlig tekstfil. Begge er oversiktlige å se på, selv om man burde hatt muligheten til å få ut en rapport som ser noe bedre ut.

Constraints Name	Scanworld	Scanworld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector	Horz	Vert
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-002: 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
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m	0.002 m	0.000 m
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.002) m	0.001 m	-0.002 m
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, -0.001, 0.000) m	0.002 m	0.000 m
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-006: 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

Tabell 2 - Utdrag rapport fra registrering, i txt-format

ConstraintID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group
lp1	Station-001:...	E6-TINGB_...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.002) m	Ungrouped
lp1	Station-001:...	Station-002:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, -0.001, 0.001) m	Ungrouped
lp1	Station-001:...	Station-005:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m	Ungrouped
lp2	Station-001:...	Station-009:...	Coincident Vertex - V...	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.000) m	Ungrouped

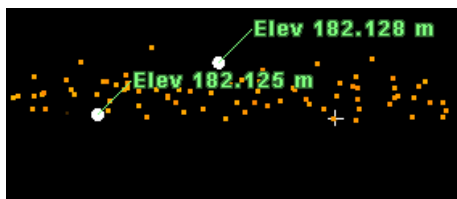
Tabell 3 - Utdrag rapport fra registrering i Cyclone

Registreringen var jevnt over bra, men det var litt store avvik på enkelte constraints. Koblingen mellom Scanworld og koordinatfil var i de fleste tilfeller preget av større avvik enn det som var tilfellet mellom Scanworlds. Samtidig hadde vi allerede under den praktiske gjennomføringen merket oss at target lp7 kunne bli et problempunkt. Dette fikk vi bekreftet etter registreringen, da vi i rapporten så at denne targeten hadde større avvik enn de andre. Alle koblinger til dette punktet ble derfor vektet ned fra 1 til 0,5. Siden veien ikke var sperret, medførte dette at det var en del trafikk over bruene. Dette påvirket både targets, totalstasjon og skanneren da de var plassert på bruene. Dette kan være en av grunnene til at target lp7 ble et problempunkt. Grunnen til at target lp7 var et problempunkt, vil etter vår mening være at det stod veldig utsatt til i forhold til rystelser. Denne targeten sto på gelenderet, og som i likhet med de andre targetene på bruene (lp 1,2,6,7,8), var denne svært utsatt for bevegelser.

En annen faktor som kan ha bidratt til signifikante avvik, kan være kjøretøy som passerte mellom target og skanner da finskann av target ble gjennomført. Dette skjedde ved flere anledninger da undersiden av bruene skulle skannes. Dette medførte at lp4 og lp5 måtte detaljiskannes på nytt.

Målet var å holde nøyaktigheten nede på 1-2mm. Det ble derimot noen avvik på 3-4mm og ett på 5mm, til lp7. Den sistnevnte valgte vi å kutte ut på grunn av det store avviket. Dette kunne vi gjøre da vi vurderte det til at det var nok resterende constraints til å koble sammen skyene.

Det ble i tillegg til sjekk av registreringsrapport gjennomført en visuell kontroll. Dette var for å holde rede på hvordan skyene lå i forhold til hverandre. Resultatet så bra ut, men noen områder der det ble skannet veldig skrått på overflaten til bruene, hadde større avvik. Man må merke seg at selv om resultatet fra registreringen har fine tallmessige verdier, kan punktskyene fortsatt ligge feil i forhold til hverandre. En slik visuell kontroll kan derfor vise seg å være uvurderlig i forhold til hvordan resultatet er.



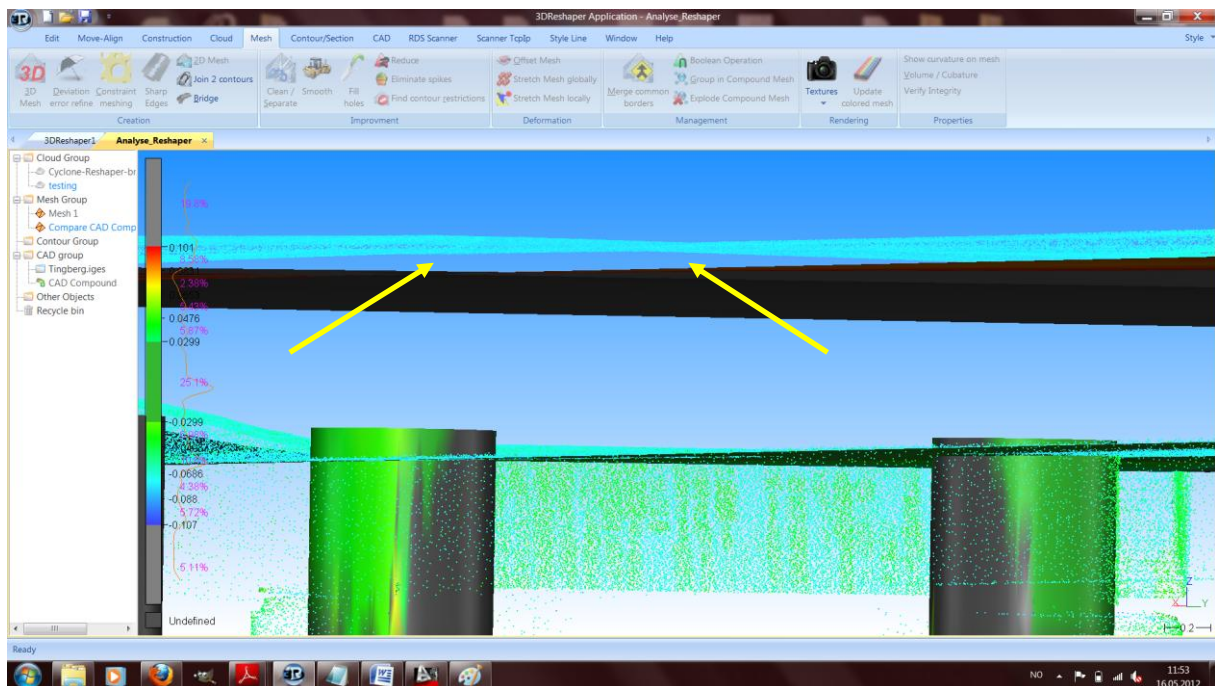
Figur 47 - Ser her høydeforskjellen mellom to punkter som utgjør ytterkanten av to forskjellige skyer. Tre millimeter er akseptabelt. Ellers ligger punktene godt blandet mellom disse.

Tykkelsen på punktskyen kan gi en indikasjon på om registreringen ikke var helt vellykket. Dette vil kunne vise seg dersom det ble skannet veldig skrått på overflaten. Andre faktorer som kan gi slike utslag i sammensatte punktskyer kan være at det er noe feil med laseren, eller at punkttettheten er svært høy. Man skulle tro at høyere punkttetthet ville gi en mer nøyaktig og bedre punktsky, men dette er ikke alltid tilfellet. Stilles tettheten opp vil punktskyen virke mer "loddet", og for å sitere vår oppdragsgiver: "Punktskyen vil se ut som en vrent ullvott". Altså vil flere av punktene flyte fritt rundt overflaten til det skannede objektet.

Registreringsrapporten ligger som vedlegg[J]

9.2. Deformasjonsanalyse

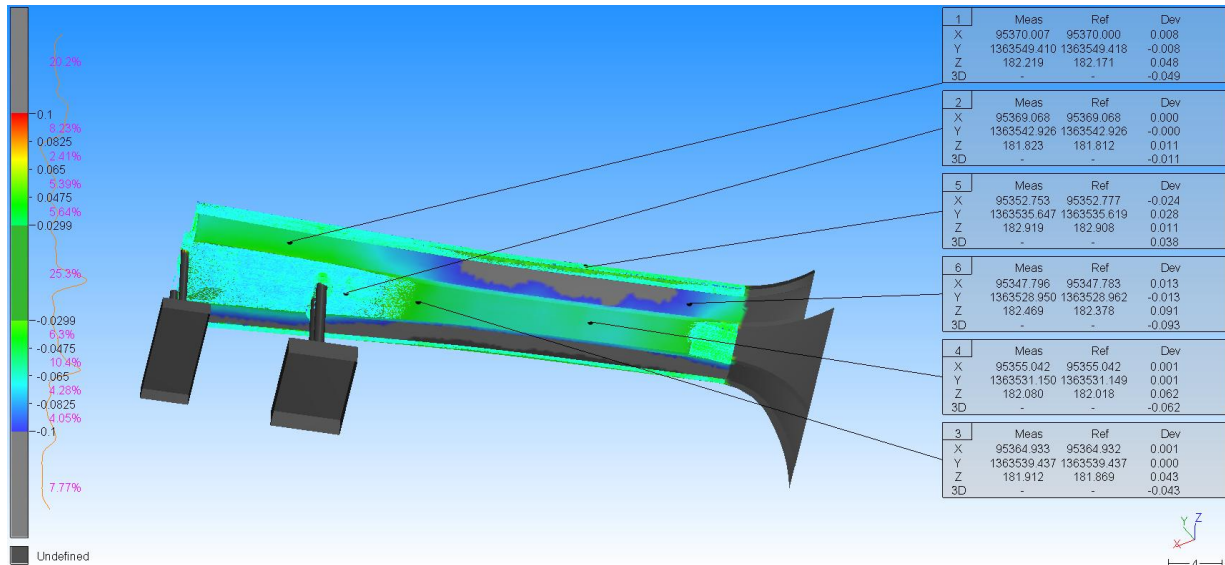
Vi valgte å teste ut flere metoder ved å sammenligne CAD-modellen med punktskyen, og CAD med meshen, generert på bakgrunn av punktskyen. Alle sammenligningene som ble gjort mellom teoretisk modell og skannerdata, er kun basert på undersiden av bruene. Dette er fordi den teoretiske modellen ikke tar for seg det asfalterte laget som ligger oppå bruelementene. Selv om vi ikke kunne gjøre sammenligninger på oversiden av bruene, har dette lite å si da deformasjonene under bruene viser resultatet like godt. Bildet under illustrerer problemet vi hadde med at dekket, som lå på bruelementet, ikke var tatt med i den teoretiske modellen. Pilene viser området der det i realiteten er asfalt.



Figur 48 - Bilde som viser at punktskyen ikke ligger nede på bruelementet, grunnet asfaltdekke

9.2.1. CAD-modell mot punktsky

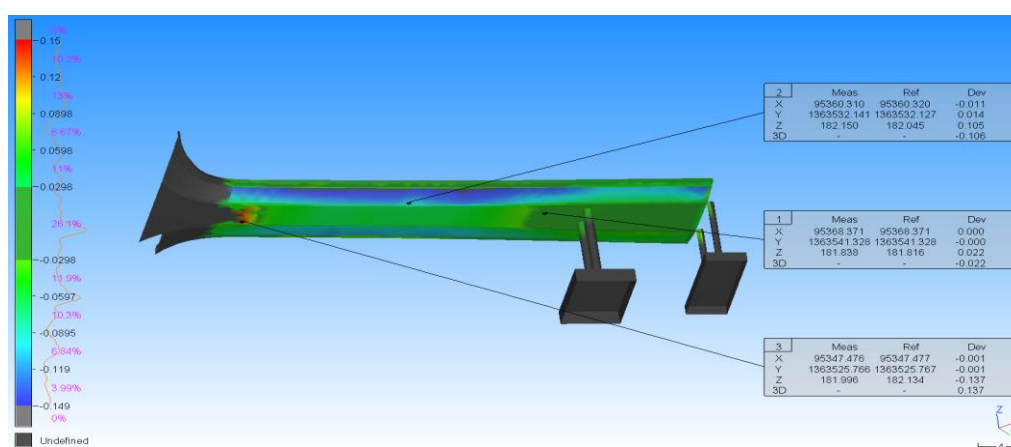
Det første som ble gjort med måleresultatene, var å sammenligne punktskyen mot den teoretiske modellen. Bildet under viser resultatet av denne sammenligningen. På bildet under ser vi at punktskyen ligger utenpå modellen, og vi får et fargespekter som viser ulike avviksnivå. Fargeskalaen til venstre viser hvor store feil de ulike fargene representerer, samt hvor mange prosent av punktskyen som ligger i hver fargesone. Punktene som er tatt ut med koordinater er for å illustrere at hvert enkelt punkt på skyen har egne koordinater, med avvik i forhold til referansen.



Figur 49 - Illustrasjon av sammenligning mellom punktsky og modell

9.2.2. CAD-modell mot mesh

I tillegg til å sammenligne modell og punktsky, ble det gjort sammenligning mellom teoretisk modell og en mesh basert på punktskyen. Dette var for å se etter variasjon i de ulike sammenligningsmetodene. Dette skulle undersøkes fordi det er ganske stor forskjell på en punktsky og en mesh. Punktskyen gjengir geometri mer korrekt, men på flater kan punktskyen være noe "knudrete" og dermed føre til at resultatene ikke blir så gode som ønsket. Med en mesh er det noe annerledes. Meshen blir basert på gjennomsnittet av punktskyen, og det fører til at kanter ofte blir avrundet. På flatene derimot, gir meshen et bedre resultat. Dette er fordi den er glattet ut og passer derfor bedre med flatene på modellen.

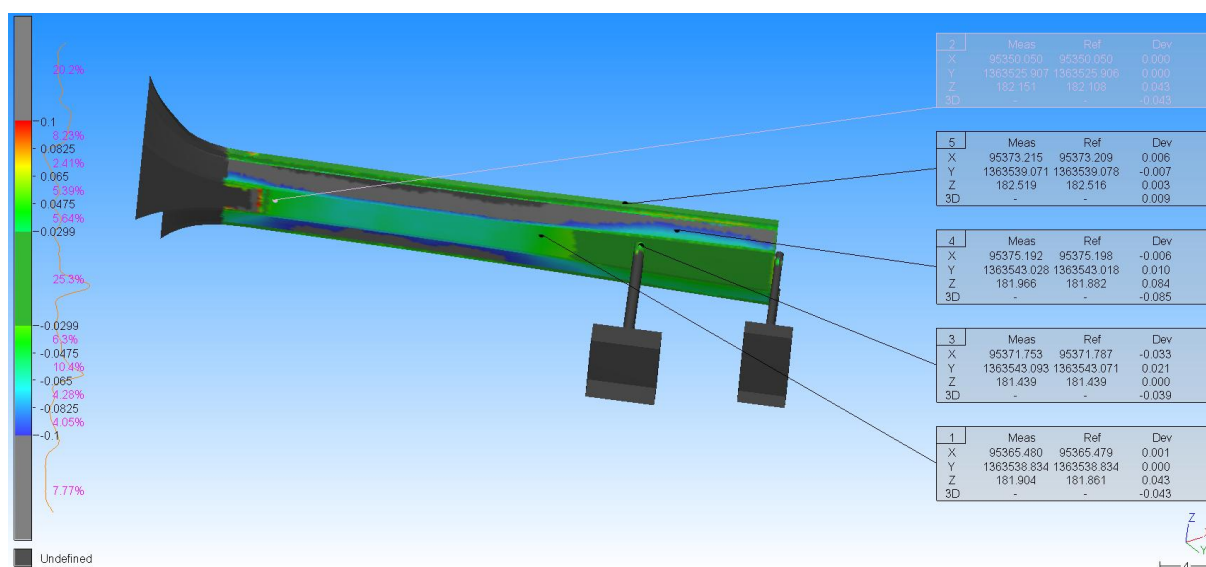


Figur 50 - Bildet som viser sammenligning mellom mesh og teoretisk modell

Fargeskalaen var lik på begge sammenligningene, fra rødt til blått. Som vi ser på bildet over, kommer disse fargene godt frem i visualiseringen. Avviksskalaen er også den samme, slik at den sterkeste grønnfargen representerer de delene av meshen som ligger nærmest den teoretiske modellen, mens det røde og blå avviker mest. De grå områdene er broelement som ikke har blitt registrert på skanningen, eller som er blitt utelatt fra sammenligningen. Det grå området til venstre på bruene ble utelatt på grunn av komplikasjonene med radiene i dette området, noe som ble påpekt tidligere i rapporten. Fundamentene til høyre på bildet er ikke tatt med, av den enkle grunn av at de var fylt ned i bakken og derfor ikke ble registrert i skannet. Helt i toppen av fundamentet, rett under selve bruene, kan noe av søylene skimtes. Dette var den eneste delen som var synlig over bakkenivå. Tekstboksene til høyre på bildet viser koordinatene i utvalgte punkt på bruene, samt hvilke avvik disse har i forhold til den teoretiske modellen. Ulike fortegn i tekstboksen viser at ligger på hver side av den teoretiske flaten som sammenligningen er basert på.

9.3. Resultatanalyse av Tingberg bru

For å fremstille resultatet på en best mulig måte, ble det prøvd ut ulike variasjoner. Bildet under viser ett av alternativene, og baserer seg på sammenligningen mellom punktsky og teoretisk modell. Som vi ser er det best samsvar mellom modell og punktsky i området rundt brukarene, mens midt på brua blir avvikene større.



Figur 51 - Bilde som visualiserer resultatet fra sammenligning mellom punktsky og teoretisk modell

Til venstre i bildet vises en graf, med fargeskalaen ved siden av. Grafen viser hvor stor prosent av punktene som ligger på de ulike avviksnivåene. Fargeskalaen viser hvilke farger som representerer feil i ulike størrelsesordner. Vi har satt skalaen slik at alle feil over 10 centimeter blir markert med et grått felt, mens rødt og blått viser avvik fra 2,5 til 10 centimeter i positiv og negativ retning.

Som vi ser på bildet, er det et større grått felt langs hele kanten av brua. Dette betyr at det på denne delen av brua er avvik som er større enn 10 centimeter fra den teoretiske modellen. Hva dette skyldes er usikkert, da det kan være flere ting som spiller inn. Det kan være noe så enkelt som at det er blitt lagt på ekstra lag med betong, slik at elementene ble tykkere enn det plantegningene viste. Det kan også være motsatt, at de faktisk er tynnere. Dette kan ha innvirkning på bruens bæreevne. På skalaen til venstre ser vi antydninger til begge deler, der omtrent 20 % av punktene ligger "utenfor", og 8 % ligger "innenfor" den teoretiske modellen. Dette kan tolkes som om hele konstruksjonen er skjev eller vridd i forhold til plantegningene. Det er vanskelig for oss å si noe om hva den spesifikke feilen kan være, men vi får klare antagelser på at det er feil der.

Tabellene til høyre i figur 51 representerer hvert sitt punkt i punktskyen, og viser koordinatene og avvikene til disse. Tabellen viser også koordinatene til det tilsvarende punktet på modellen. Her får man oppgitt avvikene i både x, y og z, samt et totalt 3D-avvik. Dersom man har plukket ut en rekke punkter på brua, kan disse hentes ut som en excel-rapport. Nedenfor er et eksempel på dette. Denne rapporten har blitt satt opp i tabellform for enklere å kunne lese resultatene, samt ha muligheten til å opprette grafer for de ulike kolonnene.

Name	Ref. X	Ref. Y	Ref. Z	Meas. X	Meas. Y	Meas. Z	Dev. 3D	Dev. X	Dev. Y	Dev. Z
1	95346,342	1363529,706	182,709	95346,343	1363529,705	182,722	-0,013	0,001	-0,001	0,013
2	95347,405	1363528,459	182,360	95347,416	1363528,448	182,444	-0,086	0,012	-0,012	0,084
3	95349,553	1363526,162	182,111	95349,553	1363526,162	182,150	-0,039	0,000	0,000	0,039
4	95351,925	1363523,568	182,360	95351,912	1363523,585	182,488	-0,130	-0,013	0,018	0,128
5	95352,952	1363522,565	182,672	95352,952	1363522,565	182,678	-0,006	0,000	0,000	0,006
6	95351,806	1363534,434	182,617	95351,808	1363534,432	182,643	-0,027	0,003	-0,002	0,027

Tabell 4 - Sammenligningsrapport hentet fra 3DReshaper(strukturert)

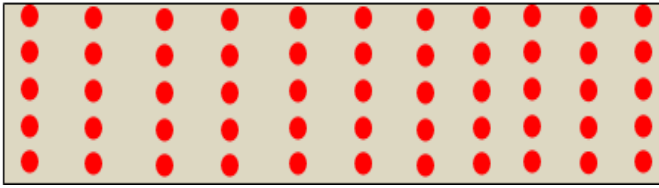
Rapporten man får direkte ut fra 3DReshaper er derimot ikke fullt så oversiktlig. Her er alt presset inn i samme celle, slik at det ikke er mulig å markere separate kolonner til bruk i videre visualisering.

Name,,Ref. Y,Ref. Z,Meas. X,Meas. Y,Meas. Z,Dev.,Dev. X,Dev. Y,Dev. Z,
2, N°2,95347.405,1363528.459,182.360,95347.416,1363528.448,182.444,-0.086,0.012,-0.012,0.084,
3, N°3,95349.553,1363526.162,182.111,95349.553,1363526.162,182.150,-0.039,0.000,0.000,0.039,
4, N°4,95351.925,1363523.568,182.360,95351.912,1363523.585,182.488,-0.130,-0.013,0.018,0.128,-0.030 !,
5, N°5,95352.952,1363522.565,182.672,95352.952,1363522.565,182.678,-0.006,-0.000,0.000,0.006,
6, N°6,95351.806,1363534.434,182.617,95351.808,1363534.432,182.643,-0.027,0.003,-0.002,0.027,
7, N°7,95352.798,1363533.432,182.310,95352.812,1363533.418,182.412,-0.104,0.014,-0.014,0.102,
8, N°8,95355.037,1363531.100,182.019,95355.038,1363531.100,182.081,-0.062,0.001,0.001,0.062,

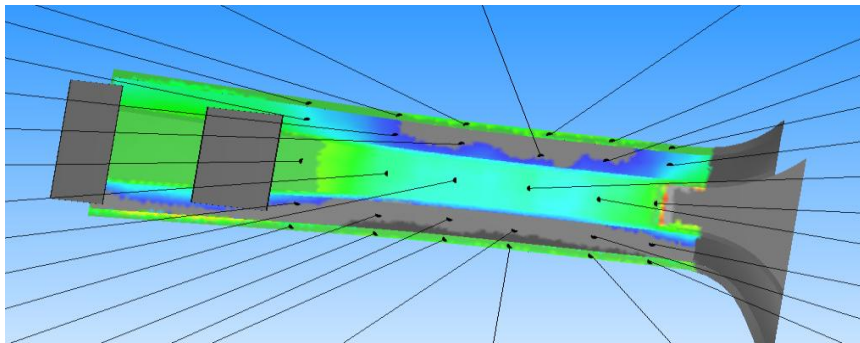
Tabell 5 - Original sammenligningsrapport fra 3DReshaper

Som vi ser på disse rapportutdragene, viser de det samme som tabellene i figur 51. Vi får ut koordinater på referanseflaten og innmålte data, samt avvik mellom disse. Ulempen med å ha tabellene direkte i programvaren, er at det vil være en separat boks for hvert punkt. Når man skal plukke mange punkt, blir dette umulig å strukturere. Det ble derfor tatt ut en rapport i Excel. Totalt 30 punkter ble plukket i et fast mønster nett på brua, for å kunne vise deformasjonene i grove trekk.

Illustrasjonen under viser prinsippet bak valg av punkter. Man kan si at de ble plukket i ulike profiler, med jevnt mellomrom.



Figur 52 - Prinsippet bak valg av punkter på bru



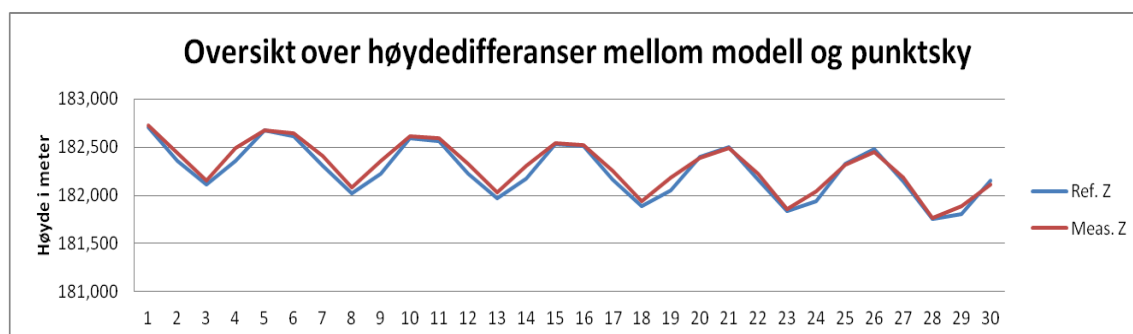
Figur 53 - Bilde fra 3DReshaper som viser fra hvilke områder punktene ble hentet

For å vise hvordan de ulike avvikene opptrer, ble det opprettet grafer som baserte seg på ulike deler av excel-rapporten. Det ble gjort sammenligninger mellom høyder på de utvalgte punktene i en egen graf, og i tillegg ble alle avvikene kombinert. Det ble plukket ut punkter i seks intervaller på brua, noe som betyr at fem og fem punkter hører til samme profil, slik illustrasjonen under viser.

1	6	11	16	21	26
2	7	12	17	22	27
3	8	13	18	23	28
4	9	14	19	24	29
5	10	15	20	25	30

Figur 54 - Punktnummerering i forhold til bruflaten

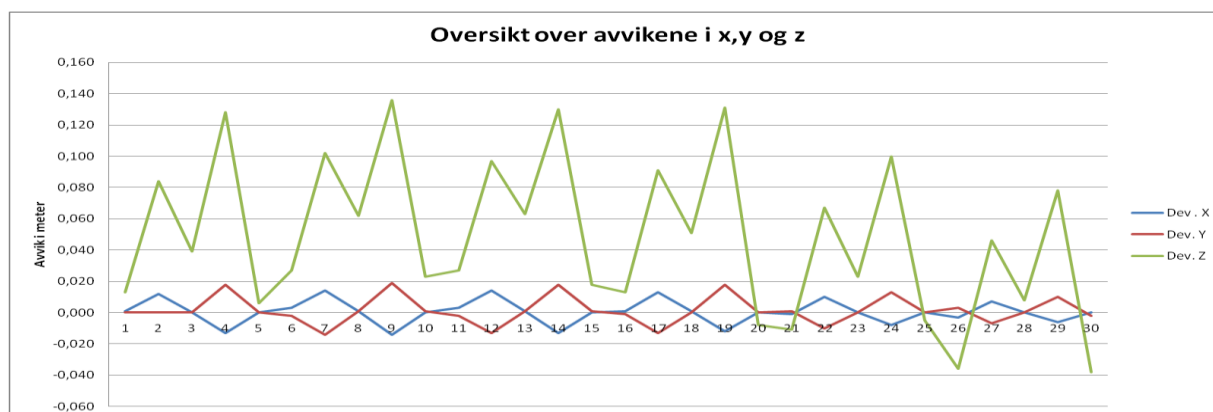
Z-koordinatene ble framstilt som en egen graf, da det var her vi så de største avvikene. I x- og y-retning var avvikene under en centimeter de fleste steder, og var derfor mindre interessante for vår resultatfremstilling. Grafen under viser z-koordinatene på den teoretiske modellen og z-koordinatene til de innmålte punktene.



Figur 55 - Bilde som viser sammenligning av høyder

Som vi ser ut i fra denne grafen, er det noe avvik mellom høydene. Dette kan gi indikasjon på vår tidligere teori om at bruene er konstruert tynnere enn plantegningene vi benyttet i arbeidet med modelleringen. For oss er det vanskelig å si noe mer rundt disse resultatene. Vi kan bare fastslå at høydene er ulike.

Det som er mest interessant for vår del, er å se på de samlede avvikene på brua. Dette gir oss en indikasjon på hvilke deler som har de største avvikene.

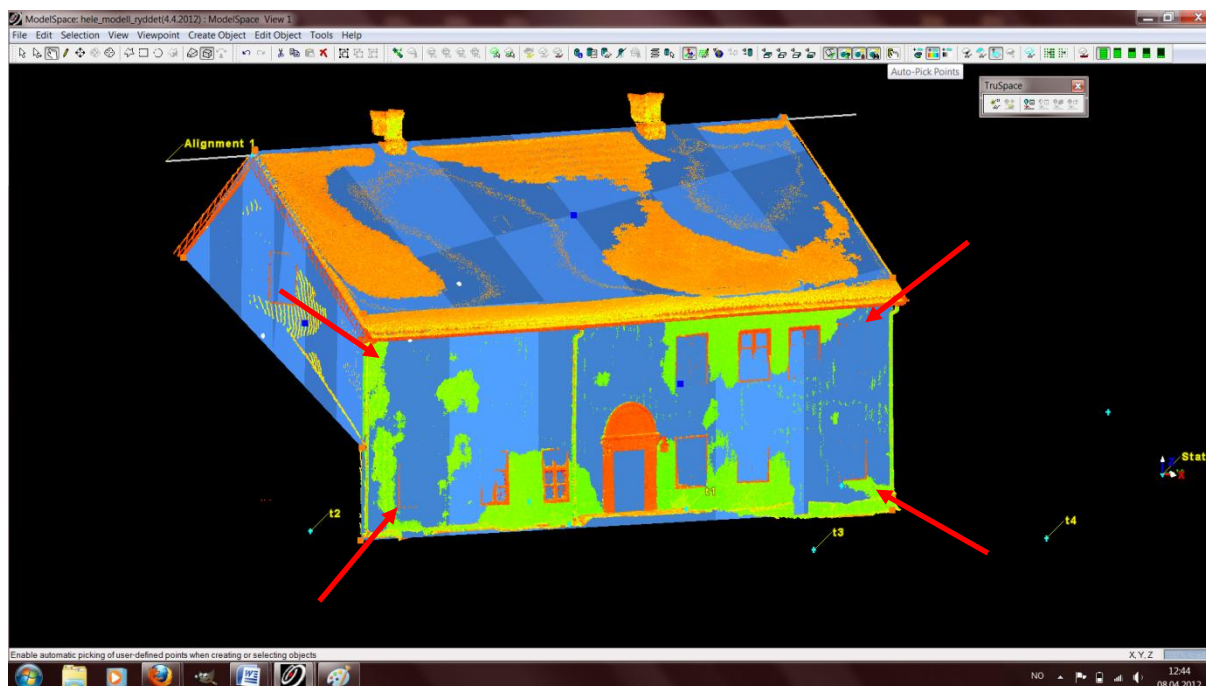


Figur 56 - Avviksresultat fra sammenligningen mellom punktsky og modell

Figur 56 viser oss tallene fra Tabell 4(vedlegg J), på en grafisk måte. Her er det høydene(dev.Z) som har størst utslag. Dette har vist seg på alle sammenligningene, og vi kan derfor si oss sikre på resultatet. På grafen er det en topp på punkt nr 4, 9, 14, 19, 24 og 29, noe som betyr at avvikene ligger på linje et lite stykke fra kanten av brua (Se figur 54). Et nytt profil starter for hvert femte punkt, og vi kan se hvordan avvikene opptrer i bruens lengderetning. Grafen viser også at avvikene er repeterende, og har en viss sammenheng gjennom alle profil. Der det er store avvik i høyde, er det størst feil i grunnriss. Der høydeavviket er mindre er det også avvik i grunnriss mindre. Vi ser også tydelig at de største avvikene ligger midt på hver sin halvdel av bruene. Dette vises godt på figur 51 og 53, der de grå feltene følger bruene i lengderetning.

9.4. Resultatanalyse av Gjøvik Gård

På Gjøvik Gård måtte vi gjøre en annen type analyse enn det vi gjorde på Tingberg bru. Da det ikke fins opprinnelige data på hovedbygget, fikk vi heller ikke generert noen teoretisk korrekt modell. Det vi da gjorde var å generere en flate, som baserte seg på en rekke punkt i punktskyen. Disse punktene ble plukket med omhu, da vi tok punkter som lå i samme plan, samt fra områder der vi antok at deformasjonen var minst. Punktene ble valgt fra områder ut til sidene på veggen, da vi med det blotte øye kunne se at deformasjonene var større lenger mot midten (se piler på figur 57)



Figur 57 - Visualisering av deformasjonene på Gjøvik Gård (Hovedbygning)

Ut i fra resultatet viste dette seg å være en ganske god vurdering, da figur 57 tydelig viser deformasjonene på midten av bygget. Dette samsvarer godt med det vi oppfattet, samt med de innspill vi fikk fra andre parter som hadde tilknytning til bygget. Denne sammenligningen ble gjort direkte i Cyclone, og derfor fikk vi kun ut grønne farger på deformasjonsområdene. Dette er ikke helt i tråd med de tanker vi hadde gjort oss rundt deformasjonsvisualiseringen på Tingberg bru, der vi bruker flere farger for å vise deformasjonene, og den grønne fargen representerer de minste feilene. Likevel er dette en fin visualisering på hvordan bygget er deformert i forhold til en tenkt flate, og får frem interesseområdene og budskapet på en god måte. Nøyaktigheten er ikke ivaretatt her, men det viktigste med dette objektet var å visualisere deformasjonene.

10. Drøfting

Denne delen viser de vurderingene vi har rundt oppgaven, og de valg som er blitt tatt.

10.1. Gjennomføring

Måten vi har lagt opp arbeidet på, er etter vår mening den som passet oss best. Vi har brukt tiden fornuftig, og jobbet med de rette delene av oppgaven til "riktig tid". Teoridelen ble igangsatt tidlig, slik at mye var i orden før det praktiske arbeidet tok til. Dette var viktig, da det var denne delen vi så for oss ville bli mest tidkrevende.

Det praktiske arbeidet ble gjennomført på en lærerik, effektiv og grundig måte. Det er ikke mange måter å gjennomføre et laserskann på, derfor er det vanskelig å drøfte andre metoder vi kunne brukt for å utføre den praktiske delen. Den største forskjellen på ulike testområder vil i praksis være hvordan man etablerer grunnlagspunktene på. Ved et prosjekt på for eksempel en stor demning, vil etableringen av grunnlagsnett være en mye større og omfattende jobb enn på våre mindre testprosjekter. På begge våre testområder har det blitt etablert lokalt byggeplassnett. I denne rapporten har vi ikke lagt vekt på å beskrive metoder for grunnlagsmålinger, da omfanget og metoden for dette vil variere veldig i forholdt til type prosjektområde.

10.2. Metode

10.2.1. AutoCAD

Da dxf-filen som definerte bruene ble importert i AutoCAD, mistet som nevnt linjene sin geometri. AutoCAD klarte kun å tolke geometrien som rette linjer mellom punktene de var tilknyttet, og dette ble da feil. En mulighet kunne være slik vi gjorde, ved at det ble opprettet tettere profiler i områdene hvor de mindre radiene befant seg. Geometrien ble da opprettholdt til en hvis grad, men det ble fortsatt tolket som rette linjer. På avstand så linjen ut som en kurve, selv om den i realiteten var kantete.

En mulighet for å unngå dette ville vært å bruke Guideline- funksjonen. Den gjør det nemlig mulig å legge inn radier på kurver, slik at tettere profiler ikke ville være nødvendig.

En annen metode kunne vært å ikke opprette linjene i Gemini, men kun tatt punktene og importert disse til AutoCAD for deretter og opprettet linjene der. Siden man i AutoCAD har muligheten til å rotere punktene i 3D, ville det vært noe enklere og opprettet linjer mellom punkter som hadde samme posisjon i grunnriss, men forskjellig høyde.

Dette blir det vanskelig å drøfte mer rundt, siden det var Eirik Ruden v/ Geoplan3D som satte sammen CAD-modellen vår.

10.2.2. Fargebruk og visualisering

Fargebruken i 3DReshaper strekker seg fra rødt til blått i analysen. Man kan velge et midtparti som holder seg til grønt, og dette tar for seg visualiseringen der det er små eller ingen avvik. Siden fargespekteret er såpass bredt kan den visuelle analysen vise veldig mye informasjon. Dette kan virke forvirrende på observatøren. Her kunne det kanskje vært vurdert å gjøre spekteret smalere for å unngå for mange fargetoner. Dette vil forsterke kontrastene mellom mindre avvik i visualiseringen. Et slikt fargekart over deformasjonsområdene bør vise avvikene så nøyaktig som mulig. Dersom det for eksempel skulle være en fargeblind person som skal se på, kan vedkommende ha problemer med å hente ut informasjon.

Fargeskalaen bruker rødt og blått for å vise de største avvikene, mens grønt representerer de minste avvikene. Er man her rød/grønn fargeblind vil ikke personen kunne skille mellom områder som er deformerte og ikke. Da kunne det vært bedre om man hadde brukt for eksempel en helt blå skala. På den måten ville man hatt bare en farge å forholde seg til, men samtidig ville man ikke kunne visualisert analysen like detaljert som når man har to vidt forskjellige farger. Det ville da vært vanskeligere å visualisere de ulike avviksnivåene fra positivt til negativt.

Samtidig er disse standardfargene veldig korrekt å bruke, selv om de kan være vanskelige for fargeblinde. Dette er fordi rødt og blått ofte anses som varslende farger. Grønt beskriver igjen noe positivt, altså områder med ingen eller små deformasjoner.

3DReshaper byr på mange muligheter når det kommer til valg av farger. Her er alt opp til hva en selv måtte ønske å bruke, for best mulig å få fram sitt budskap. Siden man kan velge hvilket datagrunnlag som skal være referanseflaten og hvilket som skal være måleflaten. Selve visualiseringen var vi godt fornøyd med.

10.3. Resultat

Etter å ha vurdert resultatdelen av oppgaven, er vi av den oppfatning av at vi har gjort gode vurderinger, samt fremstilt resultatet på en god måte. Det er flere måter å fremstille et slikt resultat på, men vår vurdering er at den valgte metoden er oversiktlig, og fremstiller de viktigste elementene i en slik deformasjonsanalyse. Vi ser ut i fra resultatene at det er noe avvik på brua, men det er vanskelig for oss å si noe om hva feilene kan skyldes. Dette være seg alt fra innmålingsfeil av koordinater i plantegningene, til konstruksjonsfeil av bruelementene. Det viktige er at alle våre sammenligninger gir oss det samme resultatet, nemlig at det er avvik på deler av brua, og hvilke avvik det er snakk om.

Når det gjelder Gjøvik Gård er nok målet å kunne ta i bruk denne metoden i fremtiden, med våre data som grunnlag. Dersom det finnes gamle tegninger av bygget, kan det være en ide å modellere opp bygget etter disse, og deretter sammenligne med innmålte data. Det at gamle plantegninger av bygget eksisterer er lite sannsynlig, ut i fra muntlige samtaler om dette. Ettersom vi var de første som skannet bygget, var det ikke mulig å gjøre sammenligninger opp mot tidligere data. Vi valgte derfor den metoden som er beskrevet i resultatdelen. Vi anbefaler å fortsette skanningen av bygget utvendig, for deretter å sammenligne data år for år. Det er i tillegg gjort tidligere innmålinger av bygget, og disse målingene kan legges inn og kobles opp mot skannet. Skanningen kan gjøres innvendig, slik at gamle innmålte punktdata kan kobles til modellen. Dette vil kunne føre til en fullstendig 3D-modell av Gjøvik Gård, der hele bygningen kan analyseres.

10.4. Videre bruksområde

Vårt arbeid er gjort slik at det kan videreføres til andre områder. Vi har konsentrert oss rundt bru og bygg, men som nevnt i rapporten er bruksområdene mange. I første omgang er det nok demningskontroll som vil være mest aktuelt, da flere parter har vist stor interesse rundt dette. Fremgangsmåten og resultatfremstillingen vil bli ganske lik, uavhengig av hva som skal kontrolleres. Det handler i grove trekk om å skanne interesseområdet og sammenligne med tidligere data eller teoretiske modeller. Deretter kan dataene fremstilles på en visuell god måte.

Geoplan har mål om at denne måten å utføre deformasjonskontroller på, skal tre inn på markedet for fullt. I flere år har det vært mange tanker rundt dette, men interessen hos andre aktører har ikke vært helt tilstede. Det er vanskelig å få andre til å skjønne hvilken ressurs dette er, og på hvilken måte dette kan brukes. Gamle tradisjonelle metoder er godt inngrodd i bransjen, det kreves derfor mye innsats for å få denne type deformasjonskontroll inn som ny standardmetode.

11. Konklusjon

Etter fremstilling og vurdering av resultatet, kan vi konkludere med at vår metode vil være tilsvarende det som kan brukes i fremtidige deformasjonskontroller. Vi føler at metoden gir gode visualiseringer av resultat, og er både effektiv, nøyaktig og pålitelig. Metoden er dekkende for de fleste områder, samt at resultatet vil være fremstilt på en slik måte at det er forståelig for de fleste. Dette er mye på grunn av fargebruken for å vise avvik, og ikke bare tabeller med tall. Denne måten å fremstille slike resultat på vil forhåpentligvis bli den nye metoden for deformasjonskontroll, og vil forhåpentligvis ta over for de utdaterte 2D-tegningene.

11.1. Gruppens egenvurdering av oppgaven

Vi er godt fornøyde med det resultatet som er utarbeidet. Vi føler vi har klart å gjennomføre det oppgaven krevde, og svart på den problemstillingen som ble satt. Arbeidet kom tidlig igang, og det ble jobbet strukturert i store deler av semesteret. Dette gjorde at vi fikk god tid til å finne bakgrunnsstoff til oppgaven, samt sette oss inn i programvare og den praktiske gjennomføringen. Dette var viktig med tanke på effektivitet videre i arbeidet med oppgaven.

Vi hadde derimot problemer med å få på plass modellen, noe som førte til mindre tid til å gjøre flere vurderinger rundt visualiseringen. Det hadde vært ønskelig med bedre tid til dette.

Vi har klart å begrense arbeidet noe. Dette klarte vi ved å ha kun to interesseområder, samt begrense antall forskjellige kontroller. Dersom vi ikke hadde hatt sånne krav til avgrensning kunne det lett blitt for mye arbeid, som igjen ville hatt en negativ innvirkning på sluttresultatet.

Samarbeidet mellom gruppemedlemmene har fungert på en utmerket måte. Vi har vært flinke til å fordele arbeid, slik at alle har hatt noe å jobbe med. Gruppemedlemmene her blitt brukt på de områdene de var mest ressurssterke. Innad i gruppen er det forskjell på hvem som foretrakk å jobbe med programvare, og hvem som heller konsentrerte seg om rapportskriving. Dette har gjort at vi har hatt en fin flyt i arbeidet.

Vi hatt et meget godt samarbeid med Geoplan 3D. Her har det jevnlig vært kontakt gjennom hele arbeidsprosessen for få innspill til oppgaven, men også for å informere om vår progresjon. Geoplan har vært til stor hjelp angående programvare. Dette samarbeidet har vært en stor motivasjonskilde for oss.

12. Kildeliste

Vitenskapelige artikler

1. Akash Malhotra, Kunal Gupta and Kamal Kant. Article: Laser Triangulation for 3D Profiling of Target. *International Journal of Computer Applications* 35(8):47-50, December 2011. Published by Foundation of Computer Science, New York, USA.
2. González-Aguilera, D., J. Gómez-Lahoz, and J. Sánchez, *A New Approach for Structural Monitoring of Large Dams with a Three-Dimensional Laser Scanner*. *Sensors*, 2008. 8(9): p. 5866-5883.
3. "Continuous GPS monitoring of Structural Deformation at Pacoima Dam, California ", Hudnut, Kenneth W.; Behr, Jeffrey A.. *Seismological Research Letters*, 1998, nr 69. <http://pasadena.wr.usgs.gov/office/hudnut/SRL/>
4. Lovse, J.W., et al., *Dynamic Deformation Monitoring of Tall Structure Using GPS Technology*. *Journal of Surveying Engineering*, 1995. 121(1): p. 35-40.
5. Arias, P., et al., Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods. *Computers & Structures*, 2005. 83(21-22): p. 1754-1766.
6. Abellán, A., et al., Detection and spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring. *Geomorphology*, 2010. 119(3-4): p. 162-171.
7. Monserrat, O. and M. Crosetto, *Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2008. 63(1): p. 142-154.
8. Chang, K.T., et al., *Post-Disaster Structural Evaluation Using a Terrestrial Laser Scanner* http://fig.net/pub/fig2008/papers/ts05c/ts05c_06_chang_etal_2905.pdf
9. Gruen, A. and D. Akca, *Least squares 3D surface and curve matching*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2005. 59(3): p. 151-174.
10. Riveiro, B., et al., *Terrestrial laser scanning and limit analysis of masonry arch bridges*. *Construction and Building Materials*, 2011. 25(4): p. 1726-1735.

PDF presentasjoner

11. "Sites & Structures Part 1", Geoff Jacobs, July 2004
12. "Using Multiple Laser Scanners on Projects", Geoff Jacobs, April 2008
13. "Extracting Points, Lines, Surfaces, Features & Models from Cloud Points", Geoff Jacobs, September 2004
14. "Accuracy of Scan Points", Geoff Jacobs, August 2009
15. "User Feedback on Scanners with Tilt Compensation", September 2007, Geoff Jacobs
16. "Understanding the "Useful Range" of Laser Scanners", Geoff Jacobs, November 2004
17. "3D Laser Scanning: An "Ultra-fast, High-definition, Reflectorless Topographic Survey", May 2004, Geoff Jacobs
18. "Uses in Transportation", Geoff Jacobs, April 2005
19. "Understanding Spot Size for Laser Scanning", Geoff Jacobs, October 2006
20. " Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning", Flemish Agency of the European Leonardo Da Vinci programme, 2008.

Brosjyrer

21. Leica_ScanStation_C5_BRO_no

Bøker

22. "Gjøvik Gård", Lissie Norland og Christine Eike, 2006

Standarder

23. Emnebeskrivelse, 2011-2012 - TØL3901 - Bacheloroppgave 20 - 20sp

Internettreferanser

24. <http://www.adressa.no/nyheter/sortrondelag/article1789120.ece>
25. <http://no.wikipedia.org/wiki/Deformasjon>
26. <http://www.telegraph.co.uk/culture/art/architecture/7907298/Solving-the-800-year-mystery-of-Pisas-Leaning-Tower.html>
27. http://www.in.gov/indot/files/bridge_chapter_01.pdf
28. http://www.leica-geosystems.no/no/Leica-ScanStation-C10_79411.htm
29. <http://en.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
30. <http://www.autodesk.no/adsk/servlet/pc/index?siteID=446819&id=14634814>
31. http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Tema/Bygninger/Fredete_bygninger/
32. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pisa>
33. http://www.vegvesen.no/_attachment/61895/binary/15117
34. http://www.vegvesen.no/_attachment/249581/binary/450535
35. http://www.vegvesen.no/_attachment/210514/binary/405118
36. <http://www.leica-geosystems.no/no/index.htm>
37. <http://www.vegvesen.no/>
38. http://mjosmuseet.no/museene/gjovik_gaard

VEDLEGG

Vedlegg A - Prosjektavtale



HØGSKOLEN I GJØVIK

PROSJEKTAVTALE

mellom Høgskolen i Gjøvik (HiG) (utdanningsinstitusjon),

Geoplan Øst/3D AS v/ Odd Erik Mjørhund

(oppdragsgiver), og

Dystein Langseth, Espen Solheim og Håvard Sørensen

(student(er))

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studenten(e) skal gjennomføre prosjektet i perioden fra 14/12-2011 til 23/5-2012.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der HiG yter veiledning. Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra HiG å gi en vurdering av prosjektet vederlagsfritt.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
 - Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra HiG. Studentene dekker utgifter for trykking og ferdigstilling av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
 - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.
3. HiG står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
4. Den totale besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur så vel som programlisting, kildekode, disketter, taper mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til HiG, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av HiG til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved HiG og/eller studenter har interesser.

Besvarelser med karakter C eller bedre registreres og plasseres i skolens bibliotek. Det legges også ut en elektronisk prosjektbesvarlse uten vedlegg på bibliotekets del av skolens Internett-sider. Dette avhenger av at studentene skriver under på en egen avtale hvor de gir biblioteket tillatelse til at deres hovedprosjekt blir gjort tilgjengelig i papir og netttutgave (jfr. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik

offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til studenter og dekan om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.
6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.
7. Studenten(e) leverer 3 - tre - eksemplarer av oppgavebesvarelsen med vedlegg til Studenttorget. I tillegg leveres et eksemplar til oppdragsgiver. HiG kan stille til disposisjon ytterligere eksemplar(er) for oppdragsgiver mot at denne godtgjør produksjonskostnadene.
8. Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. På vegne av HiG er det dekan som godkjenner avtalen.
9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og HiG som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene.

Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten HiG som partner.
10. Når HiG også opptrer som oppdragsgiver trer HiG inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.
12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

HiGs veileder (navn): Bjørn Godager ; Dag Norberg

Oppdragsgivers kontaktperson (navn): Odd Erik Mjørland

Student(er) (signatur): Håvard Sørensen dato 20/1-2012
Lspen Solheim dato 20/1-2012
Dystein Langseth dato 20/1-2012
dato _____

Oppdragsgiver (signatur): Odd Erik Mjørland dato 20/1-2012

Dekan (signatur): [Signature] dato 30/1-2012

Revidert 11.10.07, Ivar Moe

Vedlegg B - Logg

Uke 2

Hadde et hyggelig og informativt møte med Geoplan Øst etter at vi initierte avtale om møte før jul. Her ble vi godt kjent med vår kontaktperson hos Geoplan, daglig leder Odd Erik Mjørland, og han gav oss en viss forståelse for hvordan arbeidsgangen skulle legges opp.

Uke 3

Hadde denne uka et møte med Geoplan Øst der en prosjektoppgave om skanning var hovedtema, men dette gav oss en veldig god innføring og arbeidsprosess i bruk av programvare (Cyclone). Diskuterte etterpå hva som skulle gjøres i bachelorprosessen.

Uke 4

I denne uka har det blitt fokusert på forskningsskissa. Vi har hatt et møte med veiledere for å diskutere selve oppgaven, samt få oppklart hva som kreves i forskningsskissa. Har etter samtaler med Geoplan Øst forkastet det tiltenkte prosjektet med å skanne inn en eventuell demning, etter laber interesse fra det eventuelle bindeleddet StatKraft. Dette har ført til at en ny problemstilling med Veivesenet som partner ble utarbeidet, der deformasjon ved rasutsatte områder i Gudbrandsdalen var aktuelt.

Uke 5

Denne uka har stort sett gått med til å jobbe med internettsida og ferdigstille denne. Vi har også inspisert Gjøvik gård sammen med veileder Dag Norberg og tatt kontakt med Gjøvik museet som vil bistå med informasjon om bygget og nødvendig ryddeutstyr i arbeidsgangen. Har også hatt en dialog med Geoplan 3D om lån av programvare og utstyr, og startet med innhenting av relevant litteratur.

Uke 6

I løpet av denne uken vil forhåpentligvis lisens på 3DReshaper ordnes, slik at programvare er klar til bruk i starten av neste uke. Det samme gjelder lån av skanner og annet nødvendig utstyr fra Geoplan Øst. Dette får vi først klarhet i neste uke. Ellers gikk denne uken med til innhenting av fagstoff og planlegging av skann på Gjøvik gård. Håper på at skannet kan gjennomføres neste uke om utstyr blir tilgjengelig og været tillater det, samt at det kan arrangeres et møte med Vegvesenet og Geoplan.

Uke 7

Denne uken fikk vi gjennomført skannet på Gjøvik Gård. Vi valgte å opprette et lokalt koordinatsystem i området for på den måten å få georeferert targets som ble benyttet til selve skannet. Det ble foretatt 3 oppstillinger med forskjellig oppløsning på skannet, for på den måten å få dekket dødvinklene på veggen. En veileder fra Geoplan Øst avd. Oslo bistod i arbeidet, og kom med gode tips og ideer til hvordan skannet kunne gjennomføres på best mulig måte.

Bortsett fra dette har uken blitt benyttet til lesing av teori og forsøk på å få i orden lisenser til både 3DReshaper og Cyclone uten å lykkes. Samt at nettsiden er blitt oppdatert med logg og bilder fra Gjøvik Gård.

Uke 8

Denne uken gikk med til søking etter ulike publikasjoner på nett, samt lesing og strukturering av dette. Det ble også diskutert hva som skulle gjøres de nærmeste ukene. Lisensene til 3D-reshaper og Cyclone uteble denne uken også.

Uke 9

Dette ble en noe mer rolig uke for vår del. Av ulike grunner ble det vanskelig for noen av gruppemedlemmene å jobbe i særlig grad med oppgaven. Vi tok derfor en felles bestemmelse på at alle jobbet med teori, og begynte med skriving av rapport. I løpet av denne uken kom også lisensene til programvaren på plass, og det ble brukt noe tid på å sette seg inn i hvordan denne fungerte. Vi hadde noe kunnskap rundt Cyclone fra tidligere arbeid, men 3d-reshaper var helt nytt for oss. Det måtte derfor brukes noe tid på å forstå programvaren og dens funksjoner.

Uke 10

Onsdag i denne uken var vi på Kapp, hos Geoplan, for å diskutere det videre arbeidet med oppgaven, og prøve å legge en plan for utførelse av det praktiske arbeidet. Det ble også diskutert hva selve rapporten skulle legge vekt på, og hva hovedmålet med oppgaven burde være. Dette møtet ga oss svar på mange av de spørsmålene vi hadde. Fredag tok vi nok en gang turen til Kapp. Denne gangen skulle vi få generell opplæring i programvaren 3d-reshaper. Vi fikk se eksempler på overføring av data fra ulike programvarer, samt hva som kan gjøres for å visualisere deformasjoner. Det ble også vist eksempel på modellering. Gjennomgangen viste oss mye av det vi kom til å støte på i etterprosesseringen av skannerdataene. Dette var veldig nyttig, på den måten at vi nå vil spare mye tid i etterprosesseringen. Vi trenger ikke å bruke mange timer på å sette oss inn i programvaren, og kan heller bruke tiden på å gjøre resultatet best mulig.

Uke 11

Denne uken har for det meste blitt brukt til testing av programvare med noen eksempeldata vi fikk tildelt av Geoplan. Vi har også vært på Kapp i forbindelse med møte om hvordan vi ligger an så langt i oppgaven, og hva som er planen videre. Forsøkte å få til skanning av bru, men da dette var noe usikkert med tanke på når Geoplan hadde tid til å være med oss, ble dette utsatt til neste uke. Gruppen tok også og planla litt framover hva som måtte gjøres i forhold til modelleringen og fordeling av arbeidsoppgaver.

Uke 12

I tillegg til leting og lesing av bakgrunnsteori, fikk vi denne uken avtalt hjelp fra GeoPlan 3D til å komme og skanne brua på Tretten i neste uke. Uken har vært preget av egenstudier.

Uke 13

Har lest oss opp på bakgrunnsteori som vi fant relevant for vår oppgave, samt at vi fikk gjennomført skanningen av brua på Tretten. Til å finne relevant teori ble bibliotekets søkeordninger brukt. Vi fikk hjelp av Ole Andreas fra GeoPlan 3D, avd. Oslo, som tok seg turen oppover dalen med en LeicaC10 skanner til brua på Tretten. Ole Andreas gav oss da en innføring i hvordan et slikt bruprojekt kunne gjennomføres, ved først å opprette fastmerker for georeferering av skannet og deretter oppstilling av targets og selve skanningen. Dette står mer detaljert skrevet i oppgaven.

Uke 14

Her var det påskeferie og det ble derfor arbeidet individuelt.

Uke 15

Denne uken er blitt benyttet til generering av modell i Cyclone, samt individuell skriving av bakgrunnsteori om laserskanning. I starten av uken hadde vi ikke fått tak i skanningsdata fra brua på Tretten, slik at data på en annen bru ble benyttet for å trene og lære oss programmet. På torsdag ble det en tur til Kapp for å hente skanningsdata på brua.

Uke 16

Individuell jobbing med teori. Vi fikk i forrige uke tak i skanningsdata fra bruprojektet, slik at her er opprydningen i full gang.

Forskningsskisse er kommet i retur fra GeoPlan med konkretisering av oppgaven og utbedringer. Partene ble enige om å arrangere et møte hos GeoPlan mandag i neste uke, hvor diverse spørsmål angående programvare og forskningsskisse vil bli diskutert. Oppdragsgiver vil også gi oss en rask opplæring i modellering med AutoCad, da vi må få laget en teoretisk modell av brua som kan sammenlignes med punktskyen.

Uke 17

Denne uken har vært veldig produktiv. Vi har arbeidet på forskjellige fronter med modellering, rapportskrivning og redigering, samt en ferdigstilling av forskningsskisse. Vi har i tillegg hatt to møter, det ene med veilederne og det andre med Geoplan. Disse var begge svært informative og begge var godt fornøyde med vårt foreløpige produkt. Vi fikk hos Geoplan startet på den teoretiske modellen og fikk god veiledning i den videre fasen.

Uke 18

Det vi satte som mål for denne uken var å få strukturert alt stoff vi hadde, danne den teoretiske modellen og skaffe oss et innblikk i hvordan AutoCAD fungerer. Dette har vi lyktes godt med, og rapporten er nå på god vei til å bli ferdigstilt. Vi har brukt telefonkontakt med Geoplan i arbeidet med ferdigstilling av den teoretiske modellen, for å få veiledning på uklare punkt.

Uke 19

Denne uken har blitt satt av til å ferdigstille rapporten, samt gjøre det resterende arbeidet med den teoretiske modellen. Vi har hatt jevnlig kontakt med Geoplan for å få svar på noen problemer vi opplever med AutoCAD.

Uke 20

Her har det blitt jobbet med den teoretiske modellen, der den ble ferdigstilt i AutoCAD. Dette fikk vi hjelp til av Geoplan til å utføre, ettersom vi har hatt svært begrenset opplæring i programvaren. Det ble også arbeidet videre med forskjellige deler i selve oppgaven, da spesifikt strukturen og resultat/drøfting/konklusjon. Der har i tillegg blitt skaffet nødvendige godkjenninger til bruk av bilder. De fleste av disse har kommet på plass.

Vi har hatt to møter denne uken. Det ene med veilederne, der den generelle strukturen på oppgaven og om det som er skrevet av teori er relevant og konkret nok. Det har også blitt et møte med Geoplan, der mer skanningsrelaterte problem har vært tema.

Vedlegg C - Gjøvik Gård(dokumentasjon av naturlige targets)



Figur 59 - naturlig target på bolt ved takrenne på hovedbygning

ID: 9BOLT X: 2000.0946
 Y: 1014.0742
 Z: 0.5898



Figur 58 - naturlig target i vinduskarm på hovedbygning

ID: 8VINDU X: 1996.7152
 Y: 1010.0476
 Z: 6.3347



Figur 62 - naturlig target over hoveddør i treffpunktet til halvsirkelene (hovedbygning)

ID: 7DOR X: 1992.5369
 Y: 1004.8609
 Z: 2.9240



Figur 61 - naturlig target i vinduskarm på hovedbygningen

ID: 6VINDU X: 1985.5934
 Y: 996.6122
 Z: 6.3364



Figur 60 - naturlig target på bolt ved takrenne på hovedbygning

ID: 5BOLT X: 1985.0070
 Y: 995.8233
 Z: 0.6202



Figur 63 - naturlig target i karmen på kafebygget

ID: 4KARM X: 1999.8915
Y: 978.3315
Z: 2.4806



Figur 64 - naturlig target på sprosse på Gjøvikhallen

ID: 3SPROS X: 2030.6092
Y: 946.7667
Z: 6.1220



Figur 67 - naturlig target på sprosse på Gjøvikhallen

ID: 2SPROS X: 2049.5154
Y: 970.3044
Z: 6.0843



Figur 66 - naturlig target på bolt på apotek-bygningen

ID: 1BOLT X: 2020.9330
Y: 1000.0000
Z: 3.7565



Figur 65 - naturlig target på bolt i dør (tilbygg til hovedbygning)

ID: 10DORB X: 2001.8988
Y: 1016.8956
Z: 2.4256

Vedlegg D - Møtereferat fra Geoplan

Uke 2

Hadde et hyggelig og informativt møte med Geoplan Øst etter at vi initierte avtale om møte før jul. Her ble vi godt kjent med vår kontaktperson hos Geoplan, daglig leder Odd Erik Mjørlund, og han gav oss en viss forståelse for hvordan arbeidsgangen skulle legges opp. Her ble eventuelle problemstillinger tatt opp. En mulig ide til oppgave var å skanne en demning i regi til StatKraft, ettersom dette var noe som uansett skulle gjøres etter vedtak om å kartlegge demninger i Norge. Dette ville da fokusere på deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner. En annen stilte større kommunikasjonskrav. Dette gikk ut på å være en del av et forskerlag som skulle kontrollere og utvikle en metode for å bruke laser til å kalkulere og justere skuffla til en brøytebil. Selv om vi følte at begge var svært relevante og interessante, var demning-prosjektet det som ble møtt med mest positivitet. Vi fryktet at vi ville kunne bli en overflødig bit av et stort forskerteam, og der mange avgjørelser og prosedyrer kunne bli tatt uten noen at vi fikk noen innflytelse.

Uke 3

Hadde denne uka et møte med Geoplan Øst der en prosjektoppgave om skanning var hovedtema, men dette gav oss en veldig god innføring og arbeidsprosess i bruk av programvare (Cyclone). Diskuterte etterpå hva som skulle gjøres i bachelorprosessen.

Uke 10

Onsdag i denne uken var vi på Kapp, hos Geoplan, for å diskutere det videre arbeidet med oppgaven, og prøve å legge en plan for utførelse av det praktiske arbeidet. Det ble også diskutert hva selve rapporten skulle legge vekt på, og hva hovedmålet med oppgaven burde være. Dette møtet ga oss svar på mange av de spørsmålene vi hadde. Geoplans visjon med oppgaven var at den skulle ende opp i en metode for geometrisk kontroll som var effektiv, formidlende og nøyaktig. Presentasjonsgraden til den utviklede metoden ble stilt som en av hovedkriteriene, da den skulle forenkle forståelsen.

Uke 10

Fredag tok vi nok en gang turen til Kapp. Denne gangen skulle vi få generell opplæring i programvaren 3DReshaper. Vi fikk se eksempler på overføring av data fra ulike programvarer, samt hva som kan gjøres for å visualisere deformasjoner. Det ble også vist eksempel på modellering. Gjennomgangen viste oss mye av det vi kom til å støte på i etterprosesseringen av skannerdataene. Dette var veldig nyttig, på den måten at vi nå vil spare mye tid i etterprosesseringen. Vi trenger ikke å bruke mange timer på å sette oss inn i programvaren, og kan heller bruke tiden på å gjøre resultatet best mulig.

Uke 11

Vi har også vært på Kapp i forbindelse med møte om hvordan vi ligger an så langt i oppgaven, og hva som er planen videre. Forsøkte å få til skanning av bru, men da dette var noe usikkert med tanke på når GeoPlan hadde tid til å være med oss, ble dette utsatt til neste uke.

27/4-2012

Var i dag på Kapp hele dagen, der hovedtanken var å danne den teoretiske modellen. Dette ble gjort ut i fra profil- og plantegninger tilknyttet brua på Øyer. Vi fikk god veiledning fra både Odd Erik og Eirik Ruden. Blant annet ble det tavleundervisning for å forklare ulike begrep og teorier, programveileidning i Gemini oppmåling, Cyclone og 3DReshaper, samt mye egenarbeid med mulighet for hjelp. Det ble også diskutert forskjellige punkt i den foreløpige rapporten for å sjekke de tanker vi hadde rundt oppgaven og det endelige resultatet, med de fra Geoplan. Dette viste seg å samsvare godt.

16/5-2012

Det ble denne dagen arrangert et møte for å gå gjennom rapporten, samt få forklart noen uklare punkt. Det ble foreslått at vi kunne lage et visualisert excel-skjema, slik at denne blir enklere å forstå. Det ble diskutert rundt behovet og etterspørselen etter deformasjonskontroller utført ved hjelp av laserskanning. Det ble forklart hvorfor slike kontroller utføres, da det spesielt ble oppdaget et hull i dokumentasjonen som forelå etter at Hanekleivtunnelen raste sammen. Dette skapte store reaksjoner fra både inn- og utland, og dannet grunnlaget for de strenge kontrollene og dokumentasjonen i den senere tid. Mange uklare begrep ble forklart denne dagen.

Vedlegg E - Møtereferat fra veiledning

Referat fra møte 17/3- 2012

Det var nødvendig med en utbedring/presisering av forskningskissen, og vi valgte derfor å kalle sammen til et møte med våre veiledere. Personer som var til stede var veiledere Bjørn Godager og Dag Norberg, studentene Øystein Langseth, Espen Solheim og Håvard Sørensen. Møtet fant sted på Høgskolen i Gjøvik.

Vi gikk gjennom hva som var blitt gjort fram til dette tidspunktet, og hva planen videre framover skulle være. Veiledere ble underrettet om skanningen av Gjøvik Gård, nøyaktig hva som ble gjort og hvordan, samt hvordan data skulle nyttes etterpå. Data skal modelleres og beregnes i LeicaCyclone. Veiledere og studenter kom fram til at det burde gjennomføres et skann til av bygget for å kunne kontrollere punktskyene opp mot hverandre og oppdage eventuelle avvik, men det kan bli problematisk siden tiden er i ferd med å løpe fra oss.

En rød tråd gjennom oppgaven er at modellene skal være veldig enkle visuelt, slik at man ikke skal trenge noen utdannelse for å kunne tolke dem. Dette er noe Odd Erik Mjørlund v/ GeoPlan 3D setter høyt, og det samme gjør vi. Veiledere ble derfor underrettet om at den beste måten å vise deformasjoner på, var å visualisere avvikene på modellen og ikke som en tabell med tall. Samtidig er det viktig og ikke glemme at nøyaktigheten skal dokumenteres, slik at det da kan være greit å ha en utskrift av tallverdiene. Dette er enda ikke helt klart hvordan skal gjennomføres, men vi håper å få en pekepinn fra GeoPlan 3D om hvordan de pleier å dokumentere nøyaktigheten.

Gruppen, i samråd med veiledere, kom fram til at forskningskissens utforming må diskuteres nærmere med GeoPlan. Dette for å få tilspisset og konkretisert vår problemstilling, da den for øyeblikket var litt diffus.

- Innlevering av konkretisert versjon av forprosjekt
- Kanskje gjennomføre et skann til av Gjøvik Gård for å sammenligne og se om det er avvik mellom skannene og hva er i så fall grunnen til avviket(annen plassering av skanner, systematiske/tilfeldige feil i instrumentet, faktisk deformasjon av veggen)?
- Hvordan man på enklest og best mulig måte kan lage en modell som alle kan forstå, mindre teknisk. Sørge for enkel visualisering
- Dokumentasjon av nøyaktighet
- Kravet på gjøvik gård er på millimeteren når det gjelder nøyaktighet, slik at man må her være veldig nøye

Referat fra møte 25/4-2012

Ettersom vi anså oss som godt i gang med rapportskrivningen, bestemte vi oss for å ta kontakt med våre veiledere for å få nye innspill og eventuelle korreksjoner. Personer som var til stede var veiledere Bjørn Godager og Dag Norberg, studentene Øystein Langseth, Espen Solheim og Håvard Sørensen. Møtet fant sted på Høgskolen i Gjøvik.

Under møtet tok vi først for oss forskningsskissa som var litt uklar slik den var. Her var tittelen tilpasset vår nye forståelse og Geoplan sin visjon med prosjektet. I tillegg inneholdt den et svært utbedret hovedmål, som i motsetning til den tidligere versjonen var svært konkret. Her var våre veiledere fornøyd. De ønsket derimot en mer konkret overskrift som fikk klargjort mer presist hva rapporten inneholdt. Denne ble i samråd med veiledere endret fra *"Utvikling av metode for deformasjonskontroll"* til *"Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner"*. I tillegg ble det påpekt en mangel på sidetall i forskningsskissa.

Etter dette gikk vi over til selve rapporten. Her ble det diskutert bruk av kilder, hvilken type teoristoff som var relevant for oss, hvordan arbeidsprosessen har vært og planen fremover. Vi følte vi hadde en samstemt visjon for hvordan rapporten skulle bli, og de var enige i mange av de vurderingene vi hadde gjort i prosessen. Eksempler på dette er vurderingen om ikke å gjøre et nytt skann på Gjøvik Gård og hvilke typer teori rapporten skulle inneholde.

Veilederne ønsket at vi kunne vise det videre arbeidet som kan bli gjort ut i fra det arbeidet vi gjør. Ettersom vi har en begrenset periode, er spesielt oppfølgningsskann for å dokumentere eventuelle deformasjoner uaktuelt for oss. Dette påpekte de at vi burde skrive litt om i rapporten. Det ble påpekt et ønske om koordinater i tilknytning til bildene på Gjøvik Gård. De la også stor vekt på at vi måtte huske å holde oss innenfor hva som var relevant for oppgaven.

Referat fra møte 15/5-2012

Det ble denne dagen arrangert et møte med veilederne, der det ble gjennomgått store deler av den foreløpige rapporten og dens struktur. De var godt fornøyd med vårt foreløpige resultat, selv om vesentlige mangler, slik som resultat og konklusjon, ikke var påbegynt skrevet.

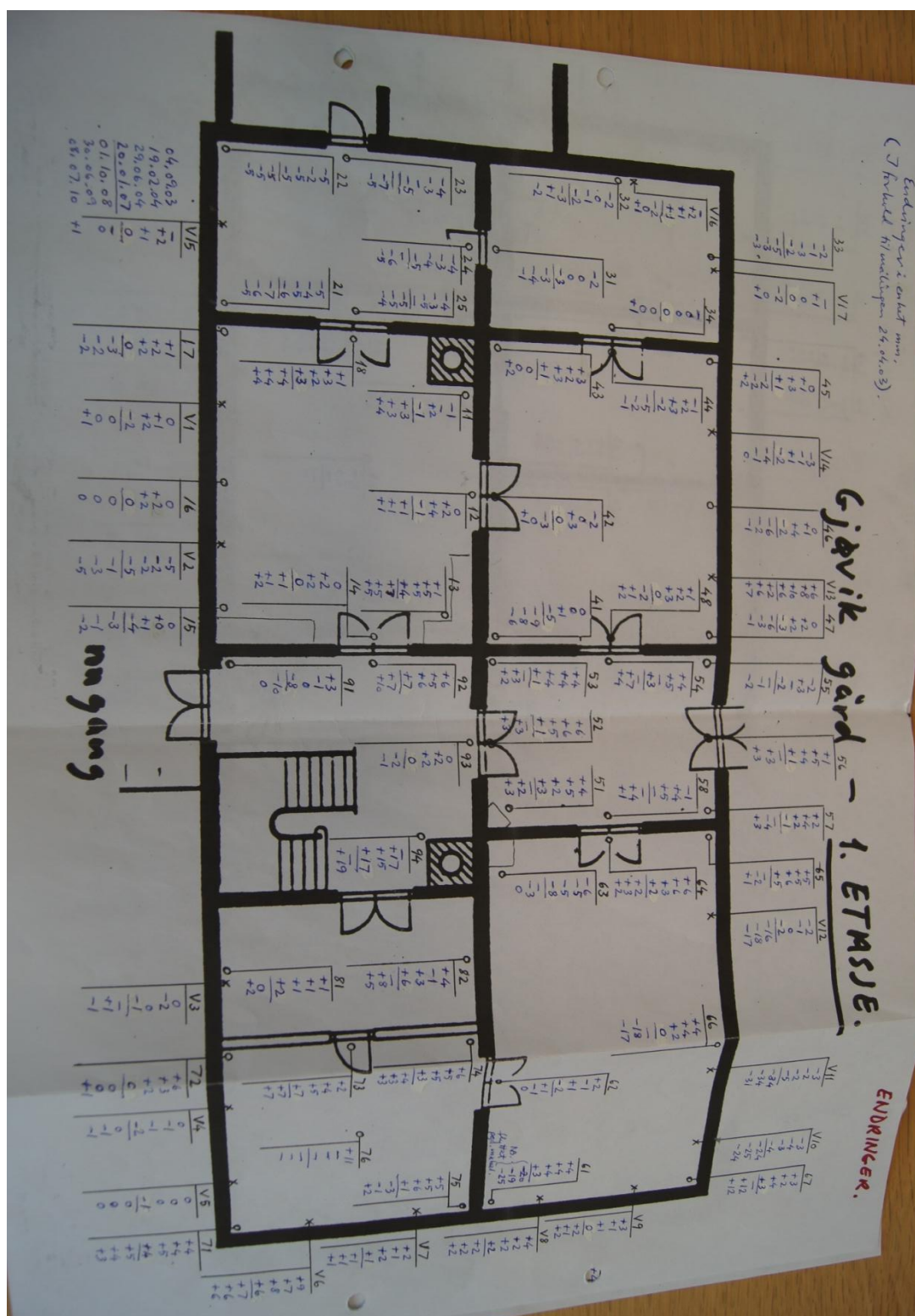
De gav oss gode råd om hvordan vi skulle bygge opp oppgaven, der vi ikke hadde en forklarende del som innledning til hvert kapittel. Dette kan man si er en naturlig overgang, og gir et godt innblikk i hva den eventuelle leser står ovenfor.

Referanser og kildebruk ble også diskutert. Veilederne mente det var tilstrekkelig å referere til hvor vi hentet bildet fra, i tilfeller der disse var hentet fra andre sine artikler.

Det var også noen litt uklare titler. De mente disse burde være helt spesifikke, slik at leserne ville være helt sikker på hva den aktuelle delen ville omhandle.

De fikk hver sin versjon av rapporten, der de skulle etter en kjapp gjennomgang, gi tilbakemelding på eventuelle mangler, hvordan fordelingen av teoristoff har blitt utført og det generelle oppsettet.

Vedlegg F - Nivellementmålinger gjort på Gjøvik Gård utført ved Dag Norberg



Figur 68 - Innvendige målinger gjort i første etasje av hovedbygningen

Vedlegg G - Leica ScanStation C10 Spesifikasjoner

Leica ScanStation C10

The All-in-One Laser Scanner for Any Application

See also
ScanStation
C10
brochure!



New platform represents the most capabilities and best value packed into a single instrument

Leica ScanStation C10: new standard for pulsed scanners

The industry's most popular class of laser scanner – ScanStation – is now in a compact, all-in-one ScanStation C10 platform: scanner, battery, controller, data storage, and video camera. In addition, ScanStation C10 also features major advances in productivity, versatility, and ease-of-use for as-built and topographic High-Definition Surveying™ (HDS™).

All-in-one scanner capabilities for higher value

ScanStation C10 gives users the advantage of high-accuracy, long range scanning plus the advantage of fast, full-dome interior scanning – all in one instrument. The key is the new Smart X-Mirror™ design that automatically spins or oscillates

the mirror for optimum productivity. Smart X-Mirror also automatically aligns the embedded, high-resolution video camera with the laser for fast targeting and fast, accurate texture mapping of scans.

Full field-of-view + traverse + high accuracy + excellent range = Versatility

ScanStation C10 includes the hallmark versatility features that have made the ScanStation class so popular. These capabilities let users take advantage of scanning for more applications and more sites, while minimizing field labor.

Easy to learn

ScanStation C10 includes surveyor-friendly, total station-like onboard graphic control, including the ability to view target scans in 3D. Users can also take advantage of laptop control for more comprehensive scan viewing.

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Leica ScanStation C10 Product Specifications

General	
Instrument type	Compact, pulsed, dual-axis compensated, very high speed laser scanner, with survey-grade accuracy, range, and field-of-view; integrated camera and laser plummet
User interface	Onboard control, notebook, tablet PC or remote controller
Data storage	Integrated solid-state drive (SSD), external PC or external USB device
Camera	Auto-adjusting, integrated high-resolution digital camera with zoom video

System Performance	
Accuracy of single measurement	
Position*	6 mm
Distance*	4 mm
Angle (horizontal/vertical)	60 µrad / 60 µrad (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"

Laser Scanning System	
Type	Pulsed; proprietary microchip
Color	Green, wavelength = 532 nm visible
Laser Class	3R (IEC 60825-1)
Range	300 m @ 90%; 134 m @ 18% albedo (minimum range 0.1 m)
Scan rate	Up to 50,000 points/sec, maximum instantaneous rate
Scan resolution	
Spot size	From 0 - 50 m: 4.5 mm (FWHM-based); 7 mm (Gaussian-based)
Point spacing	Fully selectable horizontal and vertical; < 1 mm minimum spacing, through full range; single point dwell capacity
Field-of-View	
Horizontal	360° (maximum)
Vertical	270° (maximum)
Aiming/Sighting	Parallax-free, integrated zoom video
Scanning Optics	Vertically rotating mirror on horizontally rotating base; Smart X-Mirror™ automatically spins or oscillates for minimum scan time
Data storage capacity	80 GB onboard solid-state drive (SSD) or external USB device
Communications	Dynamic Internet Protocol (IP) Address, Ethernet or wireless LAN (WLAN) with external adapter
Integrated color digital camera with zoom video	Single 17° x 17° image: 1920 x 1920 pixels (4 megapixels) Full 360° x 270° dome: 260 images; streaming video with zoom; auto-adjusts to ambient lighting
Onboard display	Touchscreen control with stylus, full color graphic display, QVGA (320 x 240 pixels)
Level indicator	External bubble, electronic bubble in onboard control and Cyclone software
Data transfer	Ethernet, WLAN or USB 2.0 device
Laser plummet	Laser class: 2 (IEC 60825-1) Centering accuracy: 1.5 mm @ 1.5 m Laser dot diameter: 2.5 mm @ 1.5 m Selectable ON/OFF

Electrical	
Power supply	15 V DC, 90 - 260 V AC
Power Consumption	< 50 W avg.
Battery Type	Internal: Li-Ion; External: Li-Ion
Power Ports	Internal: 2, External: 1 (simultaneous use, hot swappable)
Duration	Internal: >3.5 h (2 batteries), External: >6 h (room temp)

Environmental	
Operating temp.	0° C to 40° C / 32° F to 104° F
Storage temp.	-25° C to +65° C / -13° F to 149° F
Lighting	Fully operational between bright sunlight and complete darkness
Humidity	Non-condensing
Dust/humidity	IP54 (IEC 60529)

Physical	
Scanner	
Dimensions (D x W x H)	238 mm x 358 mm x 395 mm / 9.4" x 14.1" x 15.6"
Weight	13 kg / 28.7 lbs, nominal (w/o batteries)
Battery (internal)	
Dimensions (D x W x H)	40 mm x 72 mm x 77 mm / 1.6" x 2.8" x 3.0"
Weight	0.4 kg / 0.9 lbs
Battery (external)	
Dimensions (D x W x H)	95 mm x 248 mm x 60 mm / 3.7" x 9.8" x 2.4"
Weight	1.9 kg / 4.2 lbs
AC Power Supply	
Dimensions (D x W x H)	85 mm x 170 mm x 41 mm / 3.4" x 6.7" x 1.6"
Weight	0.9 kg / 1.9 lbs

Standard Accessories Included	
Scanner transport case	
Tribrach (Leica Professional Series)	
4x Internal batteries	
Battery charger/AC power cable, Car adapter, Daisy chain cable	
Data cable	
Height meter and distance holder for height meter	
Cleaning kit	
Cyclone™ SCAN software	
1year CCP Basic support agreement	

Additional Accessories	
HDS scan targets and target accessories	
Service agreement for Leica ScanStation C10	
Extended warranty for Leica ScanStation C10	
External battery with charging station, AC power supply and power cable	
Professional charger for internal batteries	
AC power supply for scanner	
Tripod, tripod star, rolling base, external wireless LAN adapter (third-party)	

Notebook PC for scanning with Cyclone software Δ	
Component	required (minimum)
Processor	1.7 GHz Pentium M or higher
RAM	1 GB (2 GB for Windows Vista)
Network card	Ethernet
Display	SVGA or OpenGL accelerated graphics card (with latest drivers)
Operating system	Windows XP Professional (SP2 or higher) (32 or 64) Windows Vista (32 or 64), Windows 7 (32 or 64)

Control Options	
Full color touch screen for onboard scan control	
Leica Cyclone SCAN software for laptop PC (see Leica Cyclone SCAN data sheet for full list of features)	
Remote controller (Leica CS10/15 or any other remote desktop capable device)	

Ordering Information	
Contact Leica Geosystems or authorized representatives	

All specifications are subject to change without notice.
 All ± accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.
 * At 1 m - 50 m range, one sigma
 ** Subject to modeling methodology for modeled surface
 *** Algorithmic fit to planar HDS targets
 Δ Minimum requirements for modeling operations are different. Refer to Cyclone data sheet specifications
 Scanner: Laser class 3R in accordance with IEC 60825-1 resp. EN 60825-1
 Laser plummet: Laser class 2 in accordance with IEC 60825-1 resp. EN 60825-1
 Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation. Other trademarks and trade names are those of their respective owners.
 Illustrations, descriptions and technical specifications are not binding and may change.
 Printed in Switzerland - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2011.
 776241en - III.12 - galledia

Leica Geosystems AG
 Heerbrugg, Switzerland
www.leica-geosystems.com/hds

- when it has to be **right** 

Vedlegg H - Godkjenning av bildebruk

from: Espen Solheim espensolheim90@gmail.com
to: daguilera@usal.es
date: Tue, May 15, 2012 at 1:59 PM
subject: Bachelor thesis
mailed-by: gmail.com

Hi Mr. Aguilera!

This is Espen from Norway again!

I just wondered if I could have your permission to use some of the pictures from your article "A New Approach for Structural Monitoring of Large Dams with a Three-Dimensional Laser Scanner" in my bachelor-thesis?

In the theory-part of my report, I'm referring to your article, and therefore I thought it might have been nice to have some pictures with all the text.

The respective pictures are those listed under "Figure 3." (picture a and b).

Thanks in advance!

Regards, Espen

Diego Gonzalez-Aguilera daguilera@usal.es
3:12 PM (3 hours ago)

To me

- No problem.

Den 17. mai 2012 kl. 07:01 skrev "Øystein Langseth" <oystein.langseth@hig.no>:

Hei.

Vi skriver en bacheloroppgave i samarbeid med Geoplan Øst. Den handler om deformasjonskontroll og en forbedret visualisering av disse ved bruk av laserskanner og tilhørende programvare.

I forbindelse med dette har vi funnet og brukt både bilder og produktinfo.

Håper dette er greit?

På forhånd takk.

Mvh

Øystein Langseth

From: Lars.Gulbrandsen@leica-geosystems.no [New Contact](#)

To: [Øystein Langseth](mailto:oystein.langseth@hig.no)

Subject: [Re: Bacheloroppgave](#)

Date: 2012-05-17 10:55

Hei Øystein

Det er bare hyggelig hvis du finner noe du kan bruke. God 17 Mai og lykke til med Oppgaven.!

Lars Gulbrandsen - Mobil

M: +47 970 16 265

T: +47 815 59 690

Scanlaser | Leica Geosystems as

16. mai (For 2 dager siden)

Øystein Langseth

til ojkjellmark

Hei.

Jeg skriver en bacheloroppgave, der jeg bruker bilder fra artikkelen
["http://www.adressa.no/nyheter/sortrondelag/article1792675.ece"](http://www.adressa.no/nyheter/sortrondelag/article1792675.ece)

Jeg ser at du (håper jeg sender mail til rett person) har opphavsretten til et av disse.

Kan jeg få tillatelse til å bruke dette?

På forhånd takk!

Mvh

16. mai (For 2 dager siden)

Ole Jørgen Kjellmark ojkjellmark@hotmail.com

til meg

Øystein!

Versågod!

Jeg sender originalbildet og noen til tatt senere. Jeg har fløyet over der 4 ganger, senest i går, så jeg har dokumentert alle faser av reparasjonen.

Jeg skal ikke ha noe for bildene, men kunne jo tenkt med å få sendt oppgaven din når du er ferdig. Er også interessert i slikt, og har vært involvert i Soknedalen med brubygging over elva.

Sender deg noen smaksprøver med bilder, har en god del flere, men dette er muligens de beste? Har flyfoto fra alle vinkler.

Det har vært stor interesse om disse bildene, og blant annet en sveitser som skriver jernbanefagblad har fått en del av dem.

De ferskeste bildene kommer i neste mail.

Ole Jørgen Kjellmark

Lergruvbakken 9
NO-7374 RØROS
NORWAY
Mobil [+47 9010 5566](tel:+4790105566)

Dear Håvard,

Thank you for your email. Yes, of course you can use the pictures of our article in your bachelor thesis.

Best regards

Michele

Michele Crosetto, PhD.
Active Remote Sensing Unit Head
Institut de Geomàtica (IG)
Parc Mediterrani de la Tecnologia
Avinguda Gauss, 11
E-08860 Castelldefels (Barcelona)
Spain
Tel: +34 93 5569294
Fax: +34 93 5569292
E-mail: michele.crosetto@ideg.es
IG web page: www.ideg.cat

Active Remote Sensing web page:

www.ideg.cat/page.php?id=581

De: Håvard Sørensen [mailto:hsoren90@hotmail.com]

Enviado el: 15 May 2012 18:22

Para: Crosetto, Michele

Asunto: Request regarding bachelor thesis

Hello Ms. Crosetto.

I'm a norwegian student from Høgskolen i Gjøvik, working on my geomatics bachelor thesis about deformation analysis based on laser scanning. I've read your article "Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching" and found it interesting and helpfull during my work. So I was wondering if I could use some of the pictures from your article, in my bachelor thesis?

In advance, thanks for replying.

Regards
Håvard Sørensen

Geomatics, Høgskolen i Gjøvik
Email: hsoren90@hotmail.com

.....
Dear Håvard,

Yes, you can use the figures of the article, thank for asking :)

In case you'll need some expertise regarding understanding of the time to failure/
forecasting/data treatment, please do not hesitate to contact me in the future. As a feedback,
I'll be happy to see your bachelor thesis once finished.

Best regards,

Antonio

On 15.05.2012 18:11, Håvard Sørensen wrote:
Hello Mr. Abellan.

I'm a norwegian student from Høgskolen i Gjøvik, working on my geomatics bachelor thesis
about deformation analysis based on laser scanning. I've read your article "Detection and
spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring" and found it
interesting and helpfull during my work. So I was wondering if I could use some of the
pictures from your article, in my bachelor thesis?

In advance, thanks for replying.

Regards
Håvard Sørensen
Geomatics, Høgskolen i Gjøvik
Email: hsoren90@hotmail.com

--

Dr. Antonio Abellán
Post-doc researcher (Fonds National Suisse)
Email: antonio.abellanfernandez@unil.ch

Institut de Géomatique et d'Analyse du Risque (IGAR)
Faculté des Géosciences et de l'Environnement

Université de Lausanne
Quartier UNIL-Sorge, Bâtiment Amphipôle,
1015 Lausanne (Suisse)
Phone number: +41(0)76.263.24.16



10:42 (For 1 time siden)

Hagemoen Per Magne per.hagemoen@vegvesen.no

til meg, Vaadal

Det er ok.

-----Opprinnelig melding-----

Fra: Vaadal Øyvind

Sendt: 22. mai 2012 10:38

Til: Hagemoen Per Magne

Emne: VS: Kontakt oss: Langseth

-----Opprinnelig melding-----

Fra: Firmapost-øst

Sendt: 22. mai 2012 09:40

Til: Vaadal Øyvind

Emne: VS: Kontakt oss: Langseth

-----Opprinnelig melding-----

Fra: Firmapost

Sendt: 22. mai 2012 09:36

Til: Firmapost-øst

Emne: VS: Kontakt oss: Langseth

-----Opprinnelig melding-----

Fra: Langseth [mailto:oystein.langseth86@gmail.com]

Sendt: 22. mai 2012 09:31

Til: Firmapost

Emne: Kontakt oss: Langseth

Fornavn: Øystein

Etternavn: Langseth

Gateadresse:

Postnr.: 2821

Poststed:

Telefonnr.:

E-postadresse: oystein.langseth86@gmail.com

Spørsmål:

Hei.

Vi er tre stykker som skriver en bacheloroppgave, de vi har brukt noen bilder fra deres nettside. Disse er fra E6 Øyer-Tretten utbyggingen.

Får vi tillatelse til å bruke disse i oppgaven?

Mvh

Øystein Langseth

Vi har også hatt en muntlig godkjenning fra Bjørn Ivar Haugen, til bruk av et bilde.

Vedlegg I - Registreringsrapport fra Cyclone

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

for Enabled Constraints = 0.003 m

for Disabled Constraints = 0.005 m

Date: 2012.05.03 10:24:56

Database name : Tingberg-bru_NTM

ScanWorlds

Station-001: SW-001 (Leveled)

Station-002: SW-001 (Leveled)

Station-003: SW-001 (Leveled)

Station-004: SW-001 (Leveled)

Station-005: SW-001 (Leveled)

Station-006: SW-001 (Leveled)

Station-007: SW-001 (Leveled)

Station-008: SW-001 (Leveled)

Station-009: SW-001 (Leveled)

E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)

Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner

Constraints		ScanWorld		Type	On/Off	Weight
Name	ScanWorld	Error	Error Vector	Horz	Vert	
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-002: 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				
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (0.002, 0.000, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp1	Station-001: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (-0.001, 0.000, -0.002) m	0.001 m -0.002 m				
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (-0.001, -0.001, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-006: 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				
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-007: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.001 m (0.001, 0.001, 0.000) m	0.001 m 0.000 m				
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (0.001, 0.001, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp2	Station-001: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (0.000, 0.002, 0.001) m	0.002 m 0.001 m				
lp5	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-003: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.001 m (0.001, -0.001, 0.000) m	0.001 m 0.000 m				
lp5	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-008: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.001 m (0.000, -0.001, 0.001) m	0.001 m 0.001 m				
lp5	Station-002: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.004 m (0.000, -0.004, 0.001) m	0.004 m 0.001 m				
lp1	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.004 m (0.003, 0.001, -0.001) m	0.004 m -0.001 m				
lp1	Station-002: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.003 m (0.001, 0.001, -0.002) m	0.001 m -0.002 m				
lp4	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-003: 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				
lp4	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (-0.002, 0.000, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp4	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-008: 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				
lp4	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-009: 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				
lp4	Station-002: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (-0.001, 0.001, 0.001) m	0.002 m 0.001 m				
lp6	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (0.001, 0.002, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp6	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.003 m (0.001, 0.003, 0.000) m	0.003 m 0.000 m				
lp6	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-006: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.003 m (0.002, 0.003, -0.001) m	0.003 m -0.001 m				
lp6	Station-003: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.003 m (0.001, -0.002, -0.001) m	0.002 m -0.001 m				
lp4	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-004: 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				
lp4	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-008: 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				
lp4	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.002 m (-0.002, 0.000, 0.000) m	0.002 m 0.000 m				
lp4	Station-003: SW-001 (Leveled)	E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	
	0.001 m (0.000, 0.000, 0.000) m	0.001 m 0.000 m				
lp5	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-008: 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				

Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner

lp5 Station-003: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.004 m (-0.001, -0.003, 0.002) m 0.004 m 0.002 m			
lp4 Station-004: SW-001 (Leveled) Station-008: 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			
lp4 Station-004: SW-001 (Leveled) Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.002 m (-0.001, 0.001, 0.001) m 0.002 m 0.001 m			
lp4 Station-004: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.002 m (0.000, 0.002, 0.001) m 0.002 m 0.001 m			
lp6 Station-004: SW-001 (Leveled) Station-005: 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			
lp6 Station-004: SW-001 (Leveled) Station-006: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.001 m (0.000, 0.001, -0.001) m 0.001 m -0.001 m			
lp6 Station-004: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.000, -0.002, -0.002) m 0.002 m -0.002 m			
lp6 Station-005: SW-001 (Leveled) Station-006: 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			
lp6 Station-005: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.004 m (0.000, -0.003, -0.001) m 0.003 m -0.001 m			
lp2 Station-005: SW-001 (Leveled) Station-006: 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			
lp2 Station-005: SW-001 (Leveled) Station-007: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.002, 0.002, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp2 Station-005: SW-001 (Leveled) Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.003, 0.002, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp2 Station-005: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.001, 0.003, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp1 Station-005: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (-0.003, 0.000, -0.001) m 0.003 m -0.001 m			
lp7 Station-006: SW-001 (Leveled) Station-007: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	0.5000
0.004 m (0.001, 0.003, 0.002) m 0.003 m 0.002 m			
lp7 Station-006: SW-001 (Leveled) Station-008: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	0.5000
0.003 m (0.001, 0.003, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp7 Station-006: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	Off	0.5000
0.005 m (0.003, 0.002, 0.002) m 0.005 m 0.002 m			
lp2 Station-006: SW-001 (Leveled) Station-007: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.002 m (0.001, 0.002, -0.001) m 0.002 m -0.001 m			
lp2 Station-006: SW-001 (Leveled) Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.002, 0.002, -0.001) m 0.002 m -0.001 m			
lp2 Station-006: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.000, 0.003, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp6 Station-006: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.004 m (-0.001, -0.003, -0.001) m 0.003 m -0.001 m			
lp7 Station-007: SW-001 (Leveled) Station-008: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	0.5000
0.003 m (0.001, -0.002, -0.002) m 0.002 m -0.002 m			
lp7 Station-007: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	0.5000
0.004 m (0.003, 0.001, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp2 Station-007: SW-001 (Leveled) Station-009: 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			
lp2 Station-007: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.002 m (-0.001, 0.001, 0.001) m 0.002 m 0.001 m			
lp8 Station-007: SW-001 (Leveled) Station-009: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.002 m (0.001, 0.000, -0.001) m 0.002 m -0.001 m			
lp8 Station-007: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.001, 0.002, 0.000) m 0.003 m 0.000 m			
lp5 Station-008: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000
0.003 m (0.000, -0.003, 0.001) m 0.003 m 0.001 m			

Utvikling av metode for deformasjonskontroll ved bruk av bakkebasert laserskanner

lp7 Station-008: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 0.5000
0.004 m (0.001, 0.003, 0.002) m 0.002 m 0.002 m

lp4 Station-008: SW-001 (Leveled) Station-009: SW-001 (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 1.0000
0.002 m (-0.002, 0.000, 0.000) m 0.002 m 0.000 m

lp4 Station-008: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 1.0000
0.001 m (0.000, 0.001, 0.001) m 0.001 m 0.001 m

lp4 Station-009: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 1.0000
0.002 m (0.002, 0.001, 0.000) m 0.002 m 0.000 m

lp8 Station-009: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 1.0000
0.002 m (0.000, 0.002, 0.000) m 0.002 m 0.000 m

lp2 Station-009: SW-001 (Leveled) E6-TINGB_NTM.txt (Leveled) Coincident: Vertex - Vertex On 1.0000
0.002 m (-0.002, 0.001, 0.001) m 0.002 m 0.001 m

Vedlegg J - Rapport fra sammenligning i 3DReshaper

Name	Ref. X	Ref. Y	Ref. Z	Meas. X	Meas. Y	Meas. Z	Dev. 3D	Dev. X	Dev. Y	Dev. Z
1	95346,342	1363529,706	182,709	95346,343	1363529,705	182,722	-0,013	0,001	-0,001	0,013
2	95347,405	1363528,459	182,360	95347,416	1363528,448	182,444	-0,086	0,012	-0,012	0,084
3	95349,553	1363526,162	182,111	95349,553	1363526,162	182,150	-0,039	0,000	0,000	0,039
4	95351,925	1363523,568	182,360	95351,912	1363523,585	182,488	-0,130	-0,013	0,018	0,128
5	95352,952	1363522,565	182,672	95352,952	1363522,565	182,678	-0,006	0,000	0,000	0,006
6	95351,806	1363534,434	182,617	95351,808	1363534,432	182,643	-0,027	0,003	-0,002	0,027
7	95352,798	1363533,432	182,310	95352,812	1363533,418	182,412	-0,104	0,014	-0,014	0,102
8	95355,037	1363531,100	182,019	95355,038	1363531,100	182,081	-0,062	0,001	0,001	0,062
9	95357,102	1363528,416	182,226	95357,088	1363528,435	182,362	-0,138	-0,014	0,019	0,136
10	95358,271	1363527,083	182,589	95358,270	1363527,084	182,612	-0,023	0,000	0,001	0,023
11	95354,886	1363537,116	182,565	95354,889	1363537,114	182,592	-0,027	0,003	-0,002	0,027
12	95356,033	1363536,071	182,230	95356,046	1363536,057	182,328	-0,099	0,014	-0,013	0,097
13	95358,232	1363533,938	181,965	95358,233	1363533,939	182,028	-0,063	0,001	0,001	0,063
14	95360,597	1363531,371	182,178	95360,584	1363531,388	182,307	-0,132	-0,013	0,018	0,130
15	95361,796	1363530,179	182,528	95361,796	1363530,180	182,546	-0,018	0,000	0,001	0,018
16	95360,481	1363542,221	182,509	95360,482	1363542,220	182,522	-0,013	0,001	-0,001	0,013
17	95361,581	1363541,123	182,167	95361,593	1363541,110	182,258	-0,093	0,013	-0,013	0,091
18	95363,729	1363538,857	181,884	95363,729	1363538,857	181,936	-0,051	0,001	0,000	0,051
19	95366,162	1363536,126	182,052	95366,151	1363536,144	182,183	-0,133	-0,012	0,018	0,131
20	95367,635	1363535,164	182,399	95367,635	1363535,163	182,391	0,008	0,000	0,000	-0,008
21	95364,190	1363545,759	182,506	95364,189	1363545,760	182,495	0,011	-0,001	0,001	-0,011
22	95365,162	1363544,594	182,161	95365,172	1363544,584	182,228	-0,068	0,010	-0,010	0,067
23	95367,371	1363541,702	181,837	95367,371	1363541,702	181,860	-0,023	0,000	0,000	0,023
24	95369,697	1363539,199	181,939	95369,689	1363539,213	182,038	-0,101	-0,008	0,013	0,100
25	95371,092	1363537,664	182,323	95371,092	1363537,664	182,318	0,005	0,000	0,000	-0,005
26	95370,164	1363551,341	182,484	95370,160	1363551,345	182,448	0,036	-0,003	0,003	-0,036
27	95371,192	1363550,395	182,139	95371,200	1363550,388	182,186	-0,048	0,007	-0,007	0,046
28	95373,695	1363547,381	181,754	95373,695	1363547,380	181,762	-0,008	0,000	0,000	0,008
29	95376,499	1363544,379	181,810	95376,493	1363544,389	181,888	-0,079	-0,006	0,010	0,078
30	95377,782	1363542,959	182,152	95377,783	1363542,957	182,114	0,038	0,000	-0,002	-0,038