

Hovedprosjekt

Laser skanning fra Bakke-stasjon



Sted : Gjøvik

Dato: 29.05.2005.

Utført av:

Georg Smakic

Innholdsfortegnelse:

1. Forprosjekt	4
1.1. Mål og rammer	4
1.1.1. Hovedoppgave.....	4
1.1.2. Bakgrunn.....	4
1.1.3. Prosjekt mål	4
1.1.4. Rammer	4
1.2. Omfang.....	4
1.2.1. Oppgavebeskrivelse / avgrensning.....	5
1.3. Om Geoplan Øst	5
1.3.1. Terrenginngrep.....	6
1.3.2 Bygg og andre konstruksjoner	6
1.3.3. Industri.....	7
2. Hva er bakkebasert laser skanning?	8
2.1. Forsøk på beskrivelse av laser skanning fra Bakke-stasjoner	8
2.2. Laser skanning fra bakke stasjonen-ulike måleprinsipper	9
3. Laser skanning fra Bakke-stasjoner – muligheter og	9
begrensninger	9
3.1. Bruksområder for bakkebasert laserskanning.....	10
3.2. Kartlegging av større systemer	15
3.3. Laser og retursignal	15
4. Introduksjon til laserskanning - Laserskanning prosess	16
4.1. Datainnsamling.....	17
4.1.1. Planlegging av data innsamlingen	18
4.1.2. Skanningsmetode.....	18
4.1.3. Nøyaktigheten	19
4.1.4. Fordeler og ulemper	20
4.2. Databehandling.....	20
4.2.1. Datarensing	21
4.2.2. Datafiltrering	21
4.2.3. Transformasjon	21
4.2.4. Modellering	21
4.3. Etterbehandling i programvare gjennomgang av funksjoner.....	22
4.4. Konklusjon.....	25
5. Sammensetningen av skanninger	25
5.1. Omsetning av punktsky til 3D modell	25
5.2. 3D laserskanning	27
5.3. Sammensetning av flater til en samlet 3D modell	27
5.4. Punktgruppe	27
5.5. Overflate fra punktgruppe	28
5.5.1. Approksimasjon	28
5.5.2. Best-fit	31
5.5.3. TIN (Triangular irregular network)	29
6.Valg av oppmålingssystem	29

7. Nøyaktigheten med laserskanning og modellering	33
7.1. Nøyaktigheten av det skannede punkt	34
7.2. Innfallsvinkel til objekt.....	36
7.3. Avstand fra skanneren til objekt	36
7.4. Støy	36
7.5. Intensitet.....	37
7.6. Atmosfæriske forstyrrelser	38
8. Modellering av objekter.....	38
8.1. Nøyaktigheten av det modellerte objekter	39
8.2. Antall punkter på objekt	39
8.3. Sammenknytning av punktskyer	40
9. Laserskanneres maksimale rekevidde.....	40
10. Skanning i regn og snøvær	40
11. Verifikasjon av laserskanner.....	41
12. Betjening av laserskanneren	41
13. Panoramic og camera view scanner	42
14. Bakkebasert laserskanning - Vad skal man tenke	43
ved valg av systemet?	43
15. Dekning og overlapp	43
15.1. Antall og plassering av sammenknytnings punkter	44
15.2. Punkttetthet	44
15.3. Maksimal punkttetthet	45
16. Skanningshastighet.....	46
17. Automatisk gjenkjenning av refleksmerker	47
18. Framtids perspektiv med bakkebasert laserskanning	54
19. Kilder	50
19.1. Litteraturliste.....	50
19.2. Web adresser	50
19.3. Kontakt firmaer.....	51
19.4. E-meil korrespondanse	51

1. Forprosjekt

1.1. Mål og rammer

1.1.1. Hovedoppgave

Hovedoppgaven er en selvstendig oppgave som utgjør den avsluttende del av GIS utdanning. Oppgaven skal gi trening i selvstendig, systematisk og prosjektpreget arbeide innen et aktuelt tema av vitenskapelig/utviklingsmessig karakter. Gjennom praktisk å arbeide, litteratur søk og eget utviklingsarbeid skal man skaffe seg både bredde- og dybdekunnskaper om det valgte tema. Resultatet av arbeidet skal presenteres i form av en vitenskapelig rapport.

1.1.2. Bakgrunn

Jeg er student på GIS-linja ved Høgskolen i Gjøvik som skal avslute studiet med et hovedprosjekt. Har tidligere gått på teknisk fag skole(høy bygning), et år på universitetet(industribygging) og et år på landmåling. Noe yrkes erfaring fra GIS har jeg ikke, men har jobbet en del år i byggbransje. Jeg sto i utgangspunktet fritt til å velge prosjekt, men valgte en prosjekt som lærerne foreslo, da jeg syntes også at det var utfordrende.

1.1.3. Prosjektmål

- Få erfaring i å jobbe med prosjektarbeid
- Få erfaringer og praksis som vi kan ta med oss videre i yrkeslive
- Lære om laser skanning

1.1.4. Rammer

Hovedrammen vi har å jobbe innenfor er at prosjektet skal forsvare 15 studiepoeng. Leveringsfrist er fredag 04.06.05 kl.12.00.

1.2. Omfang

1.2.1. Oppgavebeskrivelse / avgrensning

Laser skanning(fra Bakke-stasjoner) har i det siste årene blitt mer og mer vanlig, men er kun i begrenset omfang med i undervisningsopplegget på HiG. Det er flere bruksområder som er aktuelle, for eksempel:

- masseberegning i forbindelse med anleggsarbeid
- 3D visualisering av bygninger

Oppdraget vi skal utføre går i utgangspunktet ut på følgende:

-State-of-the art: Hva er tilgjengelig/mulig/praktisk?
registrering:

- Ulike typer utstyr
- Hva er mulig å få registrert(x, y, overflatefarge...)
- Hvordan kan målinger fra ulike stasjoner passes sammen?
- Hva kreves av registreringsforhold? Lys, tidsbruk, støv, skit, støy...)

-Plukke ut et begrenset område for videre arbeid, for eksempel:

- Bygnings-visualisering
- Masseregning

1.3. Om Geoplan Øst

Geoplan Øst AS er ett av Østlandets ledende oppmålingsfirmaer som har spesialisert seg på å levere oppmålingstjenester til bygg- og anleggs bransje, og i den senere tid også industrien. Geoplan ble etablert i 1997 og har helt siden starten hatt en jevn vekst på ca 20-25 % årlig. Firmaet besto i inngangen av 2005 av 10 dyktige medarbeidere. Hovedkontoret ligger på Lena i Østre Toten og med avdelingskontor i Oslo.

Geoplan begynte å interessere seg for 3D Laserskanning for drøyt ett år siden, og gikk til innkjøp av skanner våren 04. Oppdragmengden var liten de første månedene, men dette har forandret seg, og vi har nå flere spennende prosjekter som vi skal gjennomføre denne vinteren og våren. De konkrete prosjektene vi har gjennomført så langt har i all hovedsak gått på skanning av terrenngrep, med unntak av ett prosjekt der vi skannet innvendig i terminalen på Gardermoen. Vi vil komme nærmere inn på noen av disse prosjektene senere i foredraget.

Geoplan har tatt mål av seg å bli mest mulig allsidig innenfor 3D Laserskanning, samtidig som det er viktig å velge områder for å spesialisere seg og bedriften.

Geoplan deler satsningsområder inn følgende tre hovedgrupper

1.3.1. Terrenginngrep

Vei i dagen
Tunneler
Steinbrud



Bilde1) Tunnel skanning

1.3.2 Bygg og andre konstruksjoner

Fasader
Situasjonsplaner
As built dokumentasjon



Bilde 2) Viser byggings konstruksjon

1.3.3. Industri

Petroleum industri (offshore/ onshore)



2. Hva er bakkebasert laser skanning?

Laser skanning fra bakke stasjonen er en relativt ny metode for datafangst. Metoden spås å ha en økt betydning innen landmålings teknikk.

Laser skanning fra bakke stasjonen gjør att man får en rask innmåling(registrering) av kompliserte objekter der vanlig måleteknikk er tidkrevende og derfor dyrere og i mange tilfeller ikke mulig.

Ettersom teknikken er relativt ny, så finns det i dag ikke noen fast etablert beskrivning av vad som egentligen menes med laser-scanning fra bakke stasjoner.

Vist man ser internasjonalt, spesielt innom engelsk språklige beskrivelser, så har teknikken mange ulike navn som for eksempel:3D lasser scanning, 3D laser imaging, high resolusjon ground based laser scanning, laser mapping og lader, som har til vis grad minskede muligheten til å finne en felles beskrivelse av denne nye teknikken.

2.1. Forsøk på beskrivelse av laser skanning fra Bakke-stasjoner

Det kan beskrives som et system som med lengdemålte laser teknikk gjennomfører målinger av avstand uten reflektor og vanligvis reflekterende intensitet(i vise tilfeller også i farger, RGB verdi), automatisk og systematisk, i det nærmeste i real tid, som dekker et valgt område eller objekt med registreringer i et stort antall målepunkter.

Laser skanning fra bakke stasjonen systemet kan sammenlignes med en totalstasjon, d.v.s. et instrument med lengde og vinkelmåling. Det største forskjell er at instrumentet måler veldig raskt og dekker valgt område med vanligvis mange tusentals innmålte punkter.

Avhengig av laserskanneren og program pakken vil en ferdig modell ha nøyaktighet fra 2 til 10mm. Oppmåling med bakkebasert laserskanner tar ca. mellom 2 og 20 min. alt avhengig av det ønskede skannings oppløsning og antallet av punkter som innmåles. Det er etterfølgjende databehandling som er tidskrevende. Ofte sies at forhold mellom innmåling og databehandling er 1 til 10 men denne varierer alt etter detaljerings grad, hva er det som skal modelleres og ikke minst hvor mye man er rutinert bruker av systemet.

Bakkebasert laserskanning er ikke en utbrett oppmålings metode hvilket til dels skilles at det er en nyere metode. Det krever også stor investering for firma å anskaffe et laserskanings system med modellerings software. Et sånt system koster normalt mellom 1 og 2 mil.

Det kan være interessant å kombinere bakkebasert laserskanning med bakkebasert fotogrammetri for å generere ortofotoer. Det kan oppnås fotodokumentasjon der kan foto også være en hjelp til orientering i punktskyen.

2.2. Laser skanning fra bakke stasjonen - ulike måleprinsipper

Lengdemåling med hjelp av laser er historisk sett noe man innom måleteknikk har brukt i lengre tid. I dag har utviklingen gått så langt at automatisk går å måle med totalstasjon på samme sett så med en laser skanner, d.v.s. å skanne over et område, men med dagens skannere går betydelig raskere en med totalstasjoner.

Historisk sett har lasser-skannere utviklets for å skanne på korte avstander. Systemet har i dag utviklets til et antall kommersielle systemer for laser skanning fra bakke stasjoner og det først og fremst for innsamling av data som dekker områder fra 1-100 meter.

Opprinnelig har bakkebasert laserskanning utviket for innmåling av objekt komplekser som krever høg detaljeringsnøyaktighet med en posisjonsnøyaktighet for innmålte punkter på rundt 1cm. Men teknikken fant rask brukere innom områder for industri innmåling, f. ex. Petrokjemisk og kjernekraft industri.

3. Laser skanning fra Bakke-stasjoner – muligheter og begrensninger

Laser skannings teknikk har utvikles i de seneste årene veldig mye. Bruksområder for mobile og lasser skannere fra bakke stasjoner er mange.

Bakkebasert laserskanner kan brukes for skanning og innmåling av:

- Tunneler
- Broer(deformasjonsanalyse)
- Rundkjøringer m m
- Rassikring
- Fasader
- Bygninger
- Konstruksjoner
- Installasjoner
- Objekter

I tillegg kan laserskanner brukes til volumberegninger, flatemålinger, dokumentasjon av kultursarv, relasjonsmålinger, arkeologiske målinger, masseberegninger, målinger innom relasjonsarbeide osv.

3.1. Bruksområder for bakkebasert laserskanning

I forbindelse med laserskanningen innsamles det en betydelig mengde av data på kort tid. Omfanget av data skiller at punkt tettheten er høy hvilket sikrer et høy detaljerings grad i forbindelse med kartlegging av et objekt. Det er nettopp den høye graden som gjør bakkebasert laserskanning interessant i forbindelse med forskjellige kartleggings oppgaver. En typisk oppgave kunde være i forbindelse med kartlegging av en bakgård eksempelvis p.g.a. renoveringer. Her vil det høye detaljerings grad være bruklig i forbindelse med 3D modelleringen.

Bakkebasert laserskanning kan være vel egnet i forbindelse med framstilling av en komplisert konstruksjon, eksempelvis en bære plattform eller skip. Sånne konstruksjoner bygges i moduler. I den forbindelse er nødvendig å vite om moduler passer sammen når sammenbygningen foretas. I et raffineri er for eksempel mange meter med rør ledning som skal kartlegges for eventuell ombygning eller tilbygging. Det store detaljeringsgraden gjør det mulig å danne en omfattende og relativt nøyaktige 3D modell. En visuell modell vil hjelpe med overblikket for at beregne og planlegge de videre tilkoblinger til systemet. Ombygginger i industrien blir ofte langt dyrere enn antatt. Årsaken er manglende dokumentasjon av anleggets fysiske egenskaper.

Hvordan ser det egentlig ut? Hvordan er ventilen plassert, Hvor finner vi kabelføringer, trapper, plattformer, rør etc.

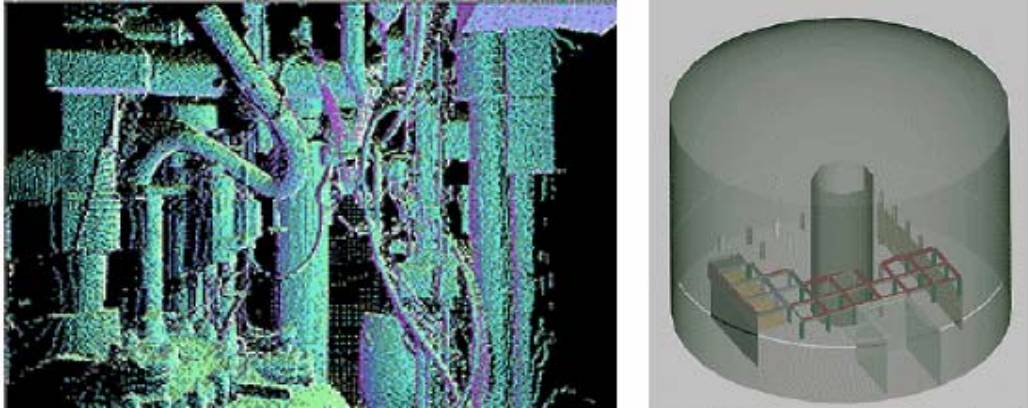
Driftsorganisasjoner har vanligvis dokumentasjon fra da anlegget var nytt, såkalt As-Built tegninger, men mangler As-is tegningene. Hvilke forandringer anlegget har gjennomgått siden det ble satt i drift for flere år siden, er ofte ikke nedtegnet i dokumentasjonen.

Med en 3D laserskanner er det mulig å få den rette oversikten av anlegget.

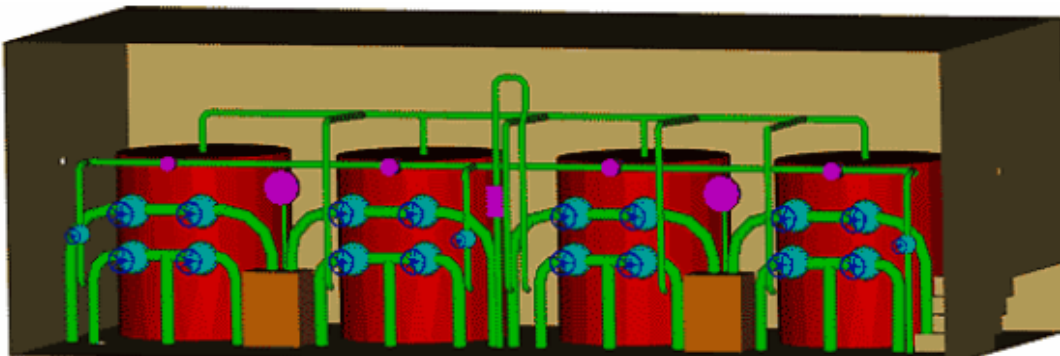
Skanneren har også andre anvendelsesområder. I USA bruker politiet skanneren ved åstedsgransking. Arkeologer har brukt den til å undersøke Kheopspyramidens gravkamre, og den brukes av underholdningsindustrien i Hollywood for å lage virtuelle filmscener basert på enkle modeller. Ved undersøkelsen av Kheopspyramiden fikk arkeologene et langt bedre bilde av hieroglyfene enn hva som tidligere hadde vært mulig. Med andre ord, ny teknologi og bruk av laserskannings system bidrar til å avsløre fortidens mysterier.

For å gi en ide om hvilke områder bakkebasert laserskanning har vist seg å være nyttig, viser til noen eksempler nedunder.

Det kan blant annet nevnes industri oppmåling. Her er bakkebasert laserskanning funnet bruklig til registrering og kartlegging av kompliserte rør systemer.

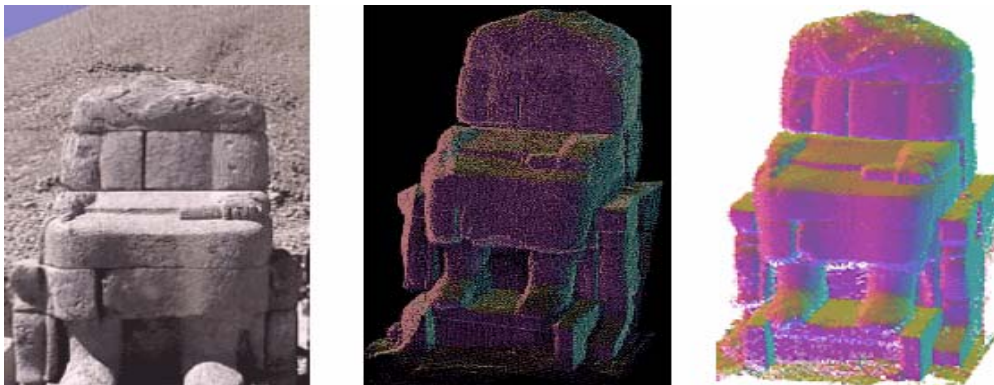


Bilde 4) til venstre viser en detaljert punktsky av et rør system, mens bilde til høyre viser en endelig modell av et atom reaktor.



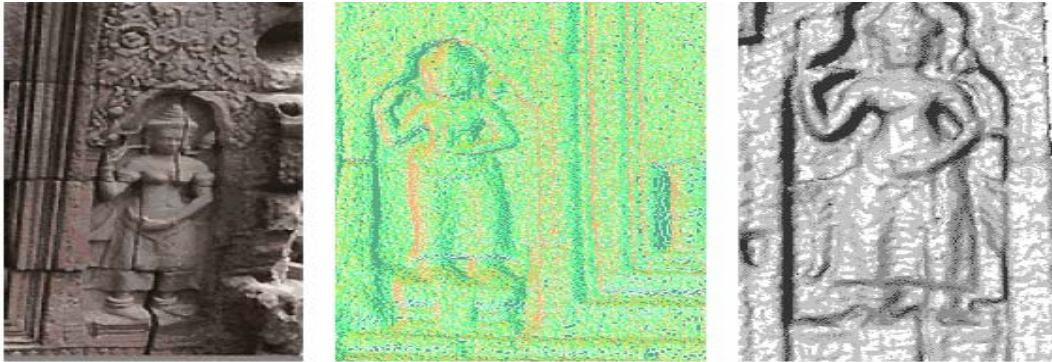
Bilde 5) viser en endelig modell av et vannforsynings system

Bakkebasert laserskanning er videre funnet bruklig innenfor arkeologi og arkitektur områder, til rekonstruksjon av skulpturer, bygnings fasader og lignende.



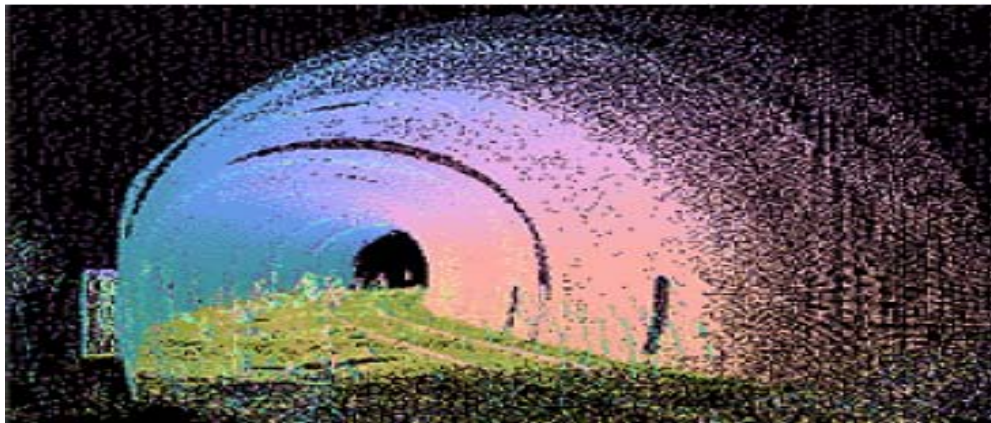
Bilde 6) Kartlegging ved laserskanningen er ikke begrenset av emners størrelse. Mindre objekter kan også være emne for laserskanning.

Bilder viser eksempler av skulpturer som er skannet i forbindelse av arkeologiske utgravninger. Til venstre er bilde av skulpturen, i midten punktskyen og til høyre endelig modell.

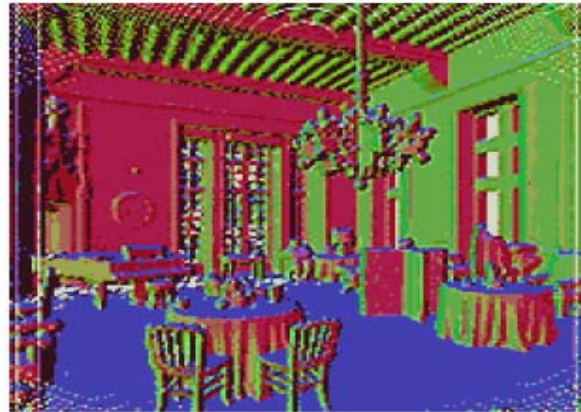


Bilde 7) Et eksempel på rekonstruksjon av bygnings fasade. Til venstre er selve bilde, i midten er punktskyen og til høyre er ferdig modell for bygnings fasade

Bakkebasert laserskanning har vist seg å være et god og rask metode i forbindelse med tunnel og veg utbygning



Bilde8) viser en punktsky etter skanning av en jernbane tunnel



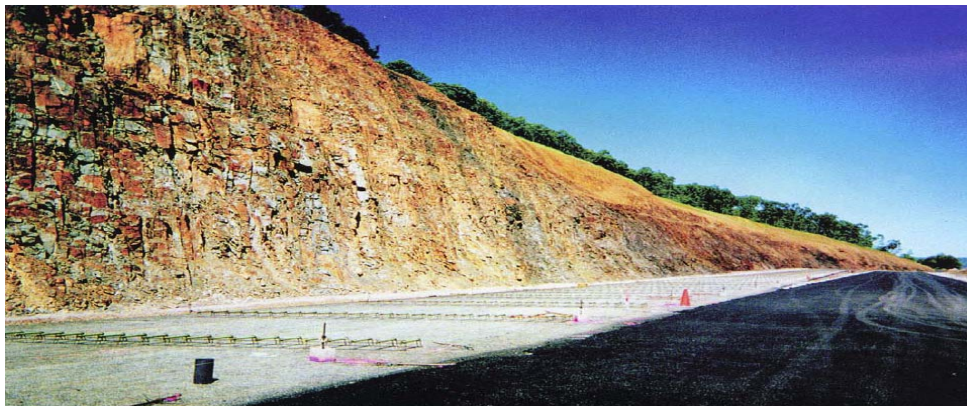
Bilde 9) viser eksempler på oppmåling med bakkebasert laserskanning både innendørs og utendørs.



Laserskannings bilde 10) (tatt av Solcon firma) med oppdrag fra Norsk Natur Museum



Laserskannings bilde11) som brukes i forbindelse med kartlegging av bygning



Bilde12) viser hvordan laserskanning kan brukes i forbindelse med volumberegninger. Ved kjennskap av terrenget både før og etter endringer kan volumet beregnes.

3.2. Kartlegging av større systemer

I forbindelse med framstilling av større rør systemer kan det være tidsmessig og økonomisk hensinnmessig å prefabrikkere mest mulig av systemer og minimere montasje og installasjonsarbeide på byggeplassen. For å kunne prefabrikkere mest mulig er det nødvendig å ha kjennskap til utformingen av eksisterende systemer som et nytt system skal passe til. Tilsvarende er nødvendig å ha kjennskap til utformingen av et system etter framstillingen av denne for å kontrollere om denne er utformet som planlagt. I begge tilfelle er nødvendig å foreta kartlegging (laserskanning) av de involverte systemer, vist mest mulig skal prefabrikeres. Prefabrikasjon av rør systemer krever modeller og modeller krever oppmåling.

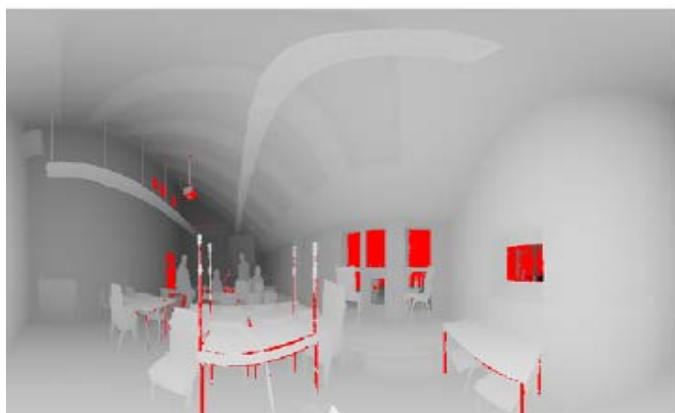
Det kan nevnes at det er lagget forsøk med å bruke bakkebasert laserskanning i forbindelse med rekonstruksjon av trafikk ulykker, produktsimulering, korridor oppmåling, rekonstruksjon av landskaper(eksempelvis ZOO i Wien) og oppmåling av undergrunnen osv.

3.3. Laser og retursignal

Det brukte laserstråle i skanneren er en type 1, som vil si at laserstråle er ikke skadelig for øyer. Laserstrålen ligger i et infrarødt område med en bølgelengde på 900nm. Selv om en laserskanner kan skanne i en avstand på 150m i radius, det anbefales en maks radius på 80m av hensyn til nøyaktigheten og objekt gjenkjennelse.

Innen man begynner en skanning skal man angi i hvilket radius laserskanneren skall innmåle objekter og velge en avstand til objekter(eksempelvis 32m, 45m, 50m). Det er mulig å skifte mellom avstand intervallene i en skanning.

Noen laserskannere registrerer kun det første eller det siste motagne signal, andre begge retursignal mens noen registrerer samtlige retursignaler. Andre laserskannere igjen velger å midle avstanden fra det forskjellige deler av footprint(brede av laserstrålen). På den måten kan det bli dannet feilaktig punkt et sted mellom objekter. Her skulle det vært fordel vist laserskanneren vektet og registrerer de signaler som inneholder mest footprint.



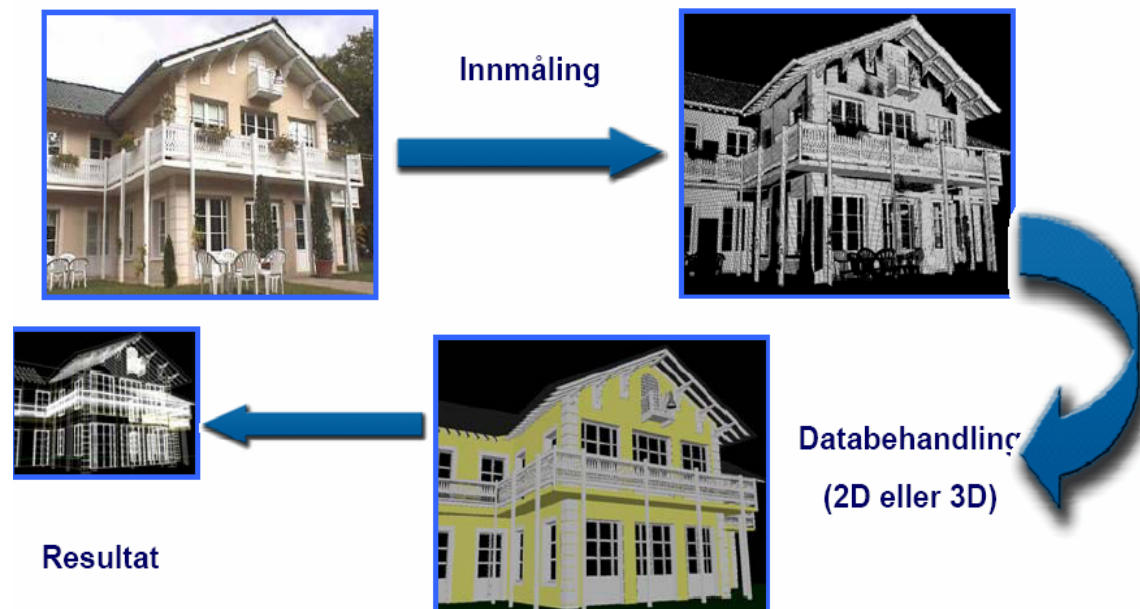
Bilde 13) Et eksempel på område hvor ikke er målt. Rød farge indikerer objekter som ikke er målt.

4. Introduksjon til laserskanning - Laserskanning prosess

I dette kapitlet har jeg til formål å gi introduksjon til bakkebasert laserskanner.

Arbeid med laserskanner består av å fire prosesser:

- Datainsamling
- databehandling
- Datalagring
- Datapresentasjon



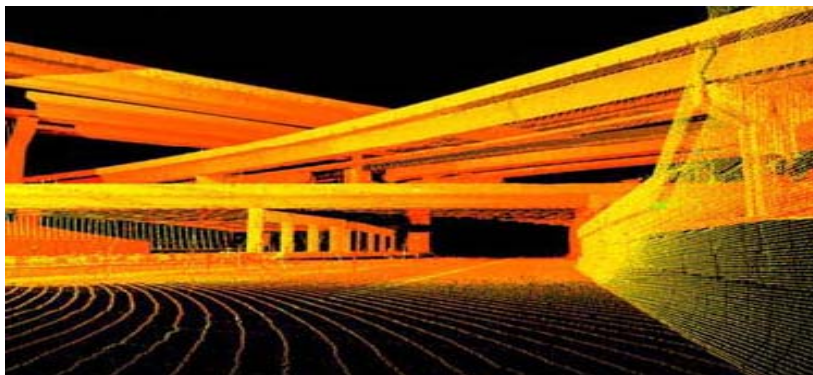
Bilde 14) viser laserskannings prosess

4.1. Datainnsamling

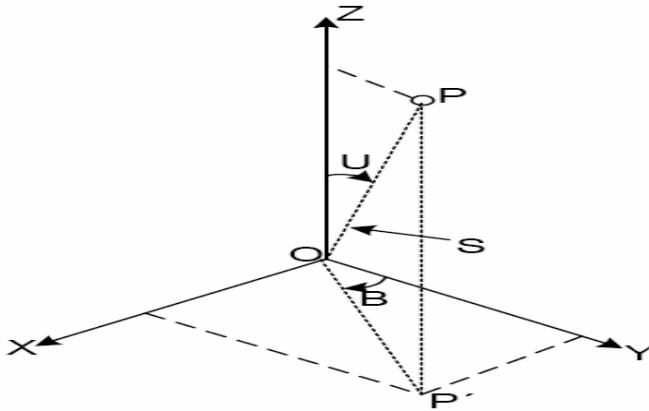
Datainnsamling med hjelp av bakkebaserte skannere foregår på samme måte som ved måling med totalstasjon(polar måling). Laserskanner måler til hvert punkt en avstand, samt to retninger, som omregnes til punktets x, y, og z koordinat. Ved tradisjonell polar innmåling måles det utelukkende til utvalgte punkter. Det er ikke tilfele med bakkebasert laserskanning. Her innmåles mange punkter i et bestemt mønster i stedet til enkle utvalgte punkter. Det søkte punktet, f.e.x. et hushjørne kan først komme fram (konstrueres) etter modellering av det skannede punkt.

Enkelte laserskannere samler dessuten inn intensiteten for hver skannede punkt. Koordinater og intensiteten i det enkle punkt som er skannede registreres i en lokal koordinat system. Intensiteten er et utryk for hvor mye av det å utsende laserlyse som reflekteres og returneres til laserskanneren. Det angis i verdi fra 0 til 1,(hvor 0 er utryk for 0 % refleksjon og 1 er utryk for 100 % refleksjon.).Verdien 0 vil ikke komme fram, ettersom ingen refleksjon vil medføre at ingen punkt registreres. I modellen kan det enkelte punkts intensitet utrykes med farge. Men, ettersom moderniseringen og utviklingen av utstyr går stadig framover og nye laserskannere og totalstasjoner er blitt reflektorløse. Det er en klar fordel da det går å unngå problem med å plassere prismer på plasser som kan vare umulig for mennesker å nå. Ettersom datainnsamlingen foregår automatisk, da kan det innsamles en stor mengde punkter på kort tid. Eksempelvis kan det innsamles over 1000 punkter i sec. Med dagens moderne laserskannere. Mengder med punkter utgjør en punktsky. Vist et valgt objekt ikke kan dekkes med en punktsky, da kan det skannes flere ganger fra forskjellige oppstillinger(for å dekke den valgte objekt). Det enkelte punktsky kan etterpå settes sammen for å oppnå en samlet punktsky av objektet. Sammenknyttingen av punktskyer(oppstillinger) skjer med hjelp av felles punkter og transformasjon til en felles koordinatsystem. Etter sammenknyttingen har man sammenhengende punktsky.

Det samlede punktsky kan danne da utgangspunkt for oppbygning av en 3D modell.



Bilde 15) Punktsky av laserskannet veg anlegg



Bilde 16) Det måles to vinkler(U og B) og en avstand (S) til hvert punkt(P)

4.1.1. Planlegging av data innsamlingen

Planlegging av data innsamlingen har til formål å sikre at mengden og kvalitet av data som samles inn er tilstrekkelig til å løse kartleggings oppgave og samtidig redusere ressursforbruket. Planlegging er veldig viktig fordi det er avgjørende å fastlegge hva man vil kartlegge og undersøke.

4.1.2. Skanningsmetode

Det fins flere forskjellige metoder å skanne et objekt på. Det fleste systemer anvender speil til å sende ut laserstrålen, med fra før bestemte vinkler. En annen og lit sjelden metode er fiberskanning der man anvender optiske fibrer. Men den laserskannings metode brukes kun i skanning fra luften.

Datainnsamlingen foregår slik at det sendes ut laserstråler til objektet som man ønsker å skanne. Stråler reflekteres diffust av objekt overflaten og en del av lyset returnerer til laserskanneren der lyset samles opp. Både utsendelse og oppsamling av stråler kan vare på forskjellig vis avhengig av laserskannerens type. Det fins flere typer laserskannere som bruker forskjellige metoder å måle avstand:

Avstand skannere

- Time of flight metoden
- Fasesammenlignings metode

Triangulasjons skannere

- Enkel kamera metoden
- Dobbelt kamera metoden

Ved utsendelsen registreres det vinkel til utsendte stråler. Avhengig av hvilket speile teknikker som brukes ved konstruksjon av skannere så skannes det i forskjellige mønstre. Den konstruksjon som er mest brukt er:

- Oscillating mirror
- Rotating polygon

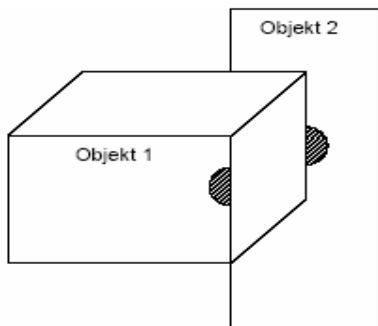


Bilde 17) Detaljert bilde av tunnel seksjon, tatt med laserskanner GS200 (mai 2004, Geoplan øst). Brukes til å finne ut hva stor deformasjon er i forhold til den teoretiske som var når tunnelen ble bygd.

4.1.3. Nøyaktigheten

Det er flere parameter som har innvirkning på nøyaktigheten. En av disse er diameter på laserstrålen, når det rammer en objekt. Denne størrelse, som også kalles footprint er bedre jo mindre diameter er, fordi returnerende signal mer blir konsentrert. Avstand til objekt har innflytelse på hvor stor diameter på laserstrålen er. Helningen av den flate som laseren rammer har innflytelse på footprintes størrelse.

Utover footprinten har også effekten av den utsendte laserlys en innflytelse. Det skyldes primært at forstyrrende ekkoer skal framstå svakere enn det sanne ekko, slik at det sanne avstanden blir målt. I noen tilfelle kan bakgrunnstrålingen fra andre objekter forstyrre de ekkoene som kommer tilbake til mottakeren.



Bilde 18)Figur viser oppdeling av et footprint sett skrått forfra

4.1.4. Fordeler og ulemper

Allikevel går ikke refleksjoner alltid bra. Problemer oppstår når det måles på objekter med transparente(gjennomsiktige) overflater, hvor lyse har problemer å bli reflektert. Det kan f.eks. være glass fasader, is eller gjennomsiktig plastikk. Det skannes med impulser i den visuelle del av den elektromagnetiske spektrum.

Vis tettheten på vanddampen stiger brytningen i atmosfæren endrer seg og det kan forstyrre refleksjon som gjør at koordinater og avstanden blir mindre pålitelige. Det samme ved temperatur under frysepunktet har vist seg å være et problem da vanddamp kristaliserer og legger seg som en overflate på objektet og dermed kan virke som reflektor(speil).

Når man skanner et objekt skal man være oppmerksom på innfallsvinkel i forhold til objekt som skannes. Hvis vinkler er for spise er det risiko at det ikke returneres noen ekko fra det utsende impuls.

4.2. Databehandling

Resultatet av datainnsamling er en stor mengde punkter som betegnes som en punktsky. Vist datainnsamling er foretat fra flere oppstillinger da er resultatet flere punktskyer som viser var or seg det skannede objekt fra flere oppstillingspunkter.

Første del av databehandlingen er å sette sammen punktskyer, slik de utgjør en samlet punktsky. Mål med databehandlingen er å omsette det samlede punktsky til en 3D modell og samtidig å redusere datamengden. Omsetting av punktsky til en 3D modell foretes før å omdanne det enkelte punkter til objekter eller overflater. Redusering av datamengde foretas for å fjerne de punktene som har ikke noen betydning for endelig modell, for å kunne bedre og raskere håndtere laserskannings data. Det vil si at disse to emner, redusering og omsetting, er to sider av samme sak. Hvilke metoder det enkelte produsenter av software til databehandling bruker er fabrikk hemmeligheter, det teoretiske muligheter er viktigere. Generelt kan databehandlingen bestå av følgende trin:

- Datarensning
- Datafiltrering
- Transformasjon
- Modellering

4.2.1. Datarensing

Når man skanner et objekt, skannes ofte punkter som ikke representerer det valgte objektet. Det er flere årsaker til dette:

- Refleksjon av uønskede objekter bak objektet som er valgt å skanne.
- Refleksjon av uønskede objekter mellom laserskanneren og valgte objekt(eksempelvis regn, støv eller forbipasserende objekter som biler osv.)
- Flere refleksjoner fra samme stråle(eksempelvis ved hjørner hvor noen laserskannere registrerer flere retursignaler en som er tilfelle)
- Avstandfeil som er forårsaket av materialets forskjellige refleksjons evne.

Når man undersøker punktskyene kan disse feilaktige og overflødige punkter fjernes manuelt i det programmet vi bruker. Hvis feilen på det feilaktige punkt er liten, kan det være vanskelig å oppdage et slikt punkt.

4.2.2. Datafiltrering

Ut over de feil som kan fjernes med datarensingen, forekommer det også i punktskyer mindre feil, forårsaket av laserskannerens begrensede nøyaktighet og den skannede overflatens ujevnheter(ruhet). Det betyr for eksempel at ikke alle punkter ligger i samme plan, selv om overflaten som er skannet er rett.

Ved modellering påvirker de feilaktige punkter modelleringen. Derfor kan det være nyttig å filtrere punktskyen, slik at det feilaktige punkter slettes fra punktskyen. Slik kan man forbedre etterfølgende modellering.

4.2.3. Transformasjon

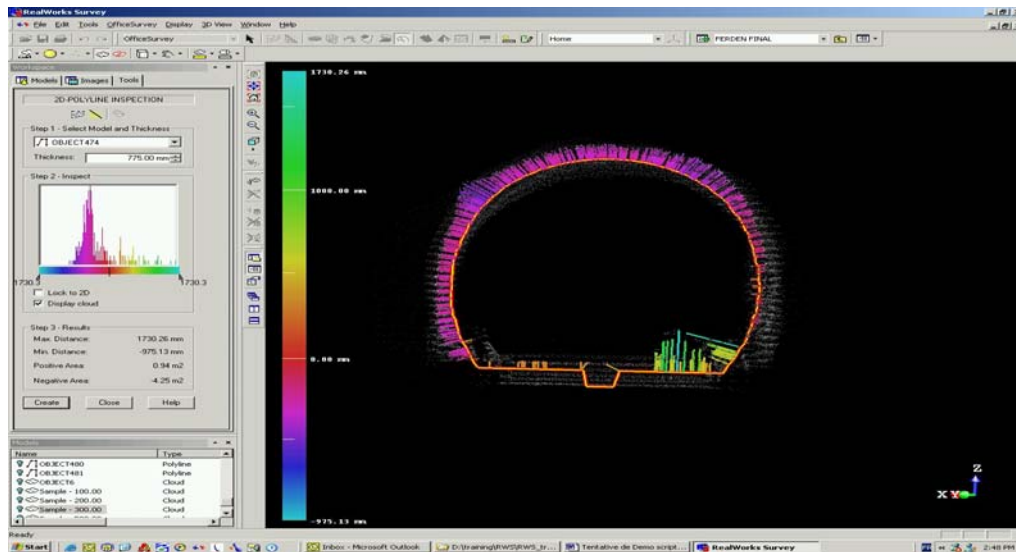
Transformasjon er nødvendig i to tilfeller:

- Sammenknytning av flere punktskyer til en punktsky
- Tilknytning av en punktsky til koordinatsystem

Til sammenknytning av flere punktskyer brukes sammenknytningspunkter. Disse skal være lett å kjenne igjen i punktskyene og kan være kjente former som for eksempel hjørner eller spesielle targets med høy refleksivitet. Tilknytning til et kjent koordinatsystem krever at disse targets måles inn i et kjent koordinatsystem, eksempelvis en totalstasjon.

4.2.4. Modellering

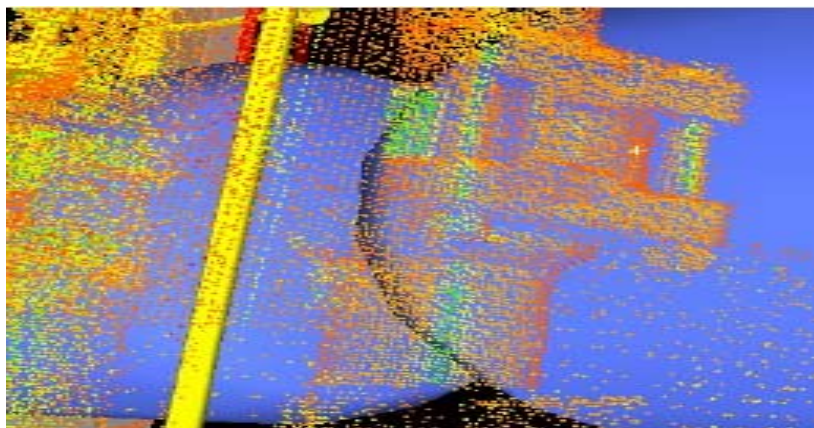
Årsaken til bruk av laserskanneren er at man ønsker en modell av et eller mange objekter. Punktskyer kan betraktes som en modell i seg selv, men oftest ønskes en CAD modell av objektet. Derfor brukes punktskyer til modellering av overflaten. Det fins flere metoder i denne modelleringen.



Bilde 19) viser grafisk geometrisk kontroll. Med hjelp av kontraster(farger) kan man se hva stor deformasjon er i tunnelen. Modellert profil er fra programvare Real Works.

4.3. Etterbehandling i programvare gjennomgang av funksjoner

Programvare for etterbehandling av laserskanningsdata har mange av Windows standard funksjoner og muligheter til å tilpasse programmet til de enkelte bruker. Prosessen for digitalisering krever mye manuelt å arbeide. Det er forskjellige metoder for tilpasning av punktsky til et gitt objekt eller flate. Det avgjørende for valget av metode til tilpasning eller modelleringen er tilgjengeligheten av de enkelte punkter. Det er ikke alltid lett å skille data fra hverandre, noe som bilde nedenfor illustrerer. Derfor er det gått at det fins forskjellige metoder til å komme gjennom modelleringen.



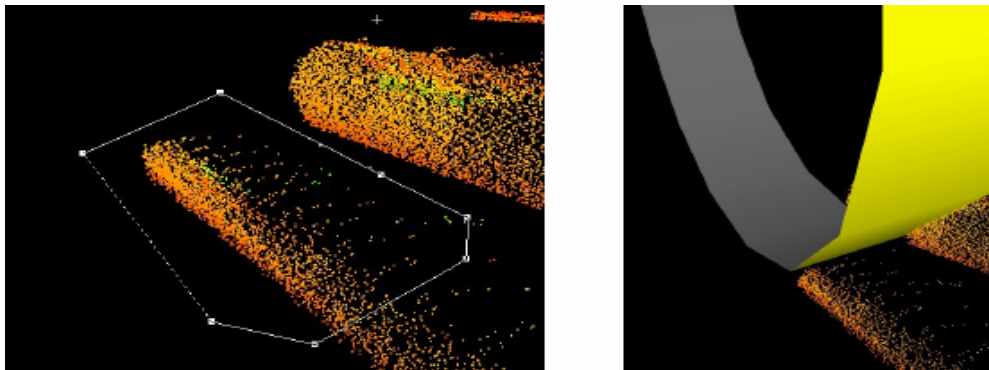
Bilde 20) viser eksempel på kompleksitet

Det mest brukte funksjon er:

- Fit to cloud
- Fit to cloud constraint
- Region grow

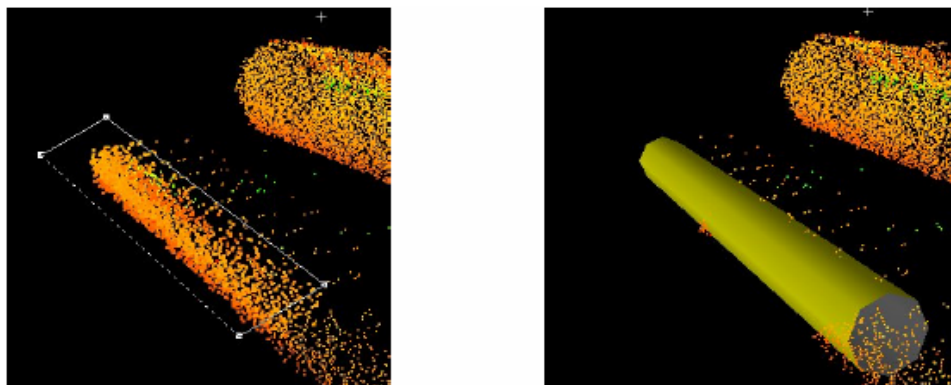
Det fins også andre funksjoner til modelleringer, sånt som intersections, piping connectors, fit to piced points osv.

Fit to could er funksjon til omsetning av punktsky til modell. Denne funksjon benytter alle markerte punkter til å danne modell best mulig. Ved bruk av denne metoden er det viktig å fjerne alle punkterer som ikke skal brukes i modellerings prosess.



Bilde 21) figur viser gruvefeils innflytelse på dannelse av modellen

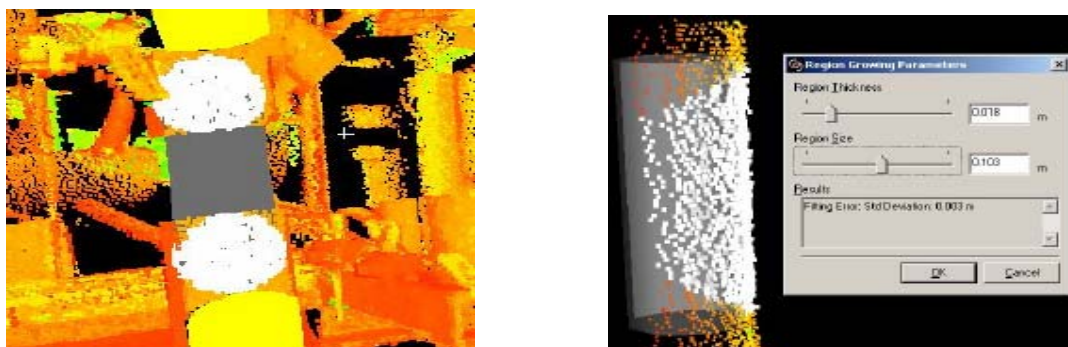
Figuren vise at den modellerte rør er ikke i overensstemmelse med punktmengde noe som avgrensningen indikerer. Med litt tålmodighet og presisjon i utpekningen av punkter blir resultatet annerledes og mer sammenfallende med punktskyen.



Bilde 22) viser modell dannelse uten gruve feil

Fit to cloud constraints bruker samme prinsippet for utvelgelse av punkter som den ovenstående, bare beregningsmetode er annerledes. Denne funksjonen krever at man vet fra før dimensjonen på objektet som skal modelleres. Funksjonen tvinger modellen til å ha forutdefinert dimensjon (eksempelvis en rør skal ha forutdefinert diameter). Programmet har ikke mulighet til å tilpasse det beste modell til de valgte punkter, men tilpasser en modell best mulig til en punktsky. Det man skal være oppmerksom ved denne metoden er at senterlinje kommer ikke til å ligge på den riktige sted vist, eksempelvis, røret tvinges til å ha en fast definert diameter.

I Region grow funksjonen har brukeren mulighet til å peke ut hvilke punkter han skal ha i beregningen innen funksjonen utføres. Det er mulig å se en skygge av den nye modellen samtidig som man velger ut punkter.



Bilde 23) viser eksempel på Region grow

På figuren er det illustrert danningen av en flate. De to sirkler viser hvor er utgangspunkt for flate valgt. Framgangsmåte er at man peker ut en, to eller tre punkter, avhengig av områdes størrelse, og beregner et utkast av den nye overflaten (den grå i midten og den hvite overflaten). Vist den aksepteres så justeres den undersøkelse område (dybden eller maksimale avstand mellom de interesserte punkter). Når det gjelder utvalg av punkter så velges kun de som skal være med i beregningen. Men vist området er liten og antallet av punkter minimalt for danning av en modell kan modellen komme til å se som i figuren.



Bilde 24) viser feil ved region grow

Når det endres parameter for antall punkter, endres det utkast for modellen løpende samtidig med at spredningen for beregningen endres. Ulempe med metoden er at kun punkter fra samme skanningen brukes til modelleringen.

4.4. Konklusjon

Etter denne beskrivelse av bakkebasert laserskanning og etterfølgende databehandlingen kan konkluderes at laserskanning er en kompleks metode til måling og framstilling av modeller. Prinsippene bak selve laserskanningen synes å være enkle, men dessverre kan vi ikke så mye i dag pressist om hvordan laserskannere er bygd opp og hvordan de virker ettersom produsenter ikke opplyser om de. Eksempelvis sier de ikke om hvordan vinkler til å utsende stråler bestemmes, hvordan koordinatene til punktene i punkttskyen beregnes og om programvare bruker de innsamlede intensiteten. Det er mange ubesvarte spørsmål i bakkebasert laser skanningen.

Databehandlings prosess er omfattende og krevende og er nødvendig å bruke avansert programvare. I denne forbindelse kan det være et problem at det ikke sies noe om hvordan programvare foretar forskjellige operasjoner eller at programvare ikke er i stand å gjennomføre de funksjoner brukeren ønsker for å oppnå et resultat.

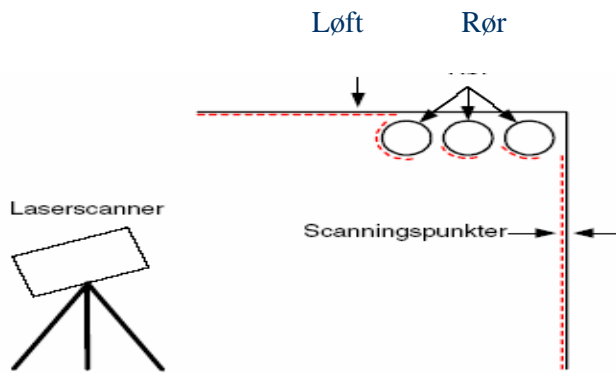
5. Sammensetningen av skanninger

Sammensetningen av forskjellige punkttskyer til en punkttsky kan enten gjøres ved hjelp av sammenknytnings punkter eller ved hjelp av passpunkter. Passpunkter brukes i tilfelle hvor det skannede objekt ønskes fastlagt i forhold til en gitt koordinat system, men sammenknytningspunkter brukes i den tilfelle hvor er ikke nødvendig. Det er forskjellige metoder til sammensetning:

- Transformasjon av pas eller sammenknytningspunkter(for eksempel en Affin transformasjon)
- En samlet utjevning av alle pas eller sammenknytningspunkter. Her gjøres en samlet utjevning med en gang.
- Polar beregning, hvor oppstillingspunkter i hver oppstilling beregnes ut fra målinger i fikspunkter og det andre punktet i en punkttsky beregnes som polær innmåling ut fra oppstillingspunkter.

5.1. Omsetning av punkttsky til 3D modell

Den prosessen at omdanne en punkttsky fra bakkebasert laserskanning til 3D er vesentlig forskjellig enn at omdanne et punkt mengde fra luftbåren laserskanning til en digital overflate modell. I forbindelse med framstilling av en digital modell brukes samtlige punkter til å bestemme en overflate. Det kan la seg gjøre, fordi punkter tilhører den samme overflate(objekt). Det er ikke tilfelle med bakkebasert laserskanning.

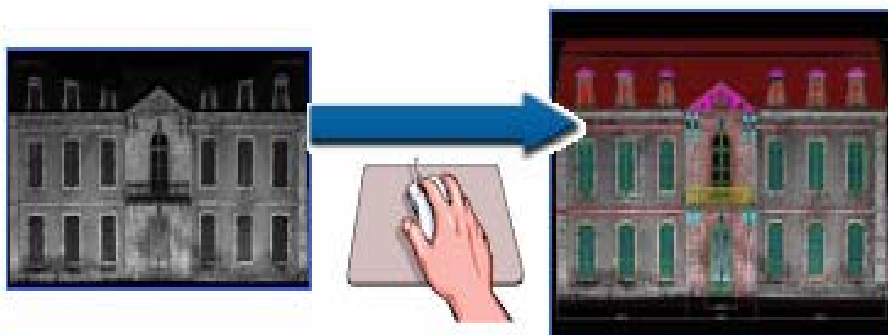


Bilde 25) Figuren viser et eksempel på en situasjon fra bakkebasert laserskanning

Fra figuren framgår at det skannede område inneholder fem forskjellige objekter (veg, løft og tre rør). I dette tilfelle er det ikke hensiktsmessig kun å danne en overflate av samtlige punkter, da de fem objekter ikke har en sammenhengende overflate i virkeligheten. Derfor er det mer riktig å danne en overflate for hvert objekt ettersom det gir en bedre representasjon av virkeligheten. Det vil si at et samlet 3D modell basert på bakkebasert laserskannings data består av flere forskjellige overflater (en overflate for hvert objekt som er skannet).

For å omdanne en punktsky til et 3D modell er det nødvendig å vite:

- Hvilke punkt som tilhører i samme gruppe
- Hvilken objekt(flats) et punkt representerer
- Hvordan flater settes sammen til en samlet 3d modell



Bilde 26) viser Ortofoto ut fra 3D punktsky

5.2. 3D laserskanning

Ved 3D laserskanning bestemmes dimensjonelle posisjoner til et stor antall punkter jevnt fordelt på objektet. Punkttetthet og antall defineres manuelt av operator. Punkttetthet angis til en bestemt avstand fra skanneren. Dette kalles måleplan. Punkter utgjør sammen en punkttsky. Ved større objekter eller og/eller ønske om 360 graders dekning kan et antall punktskyer transformeres sammen til en sammenhengende punkttsky i samme koordinatsystem. Med spesielt utviklede etterprosesserings programvare kan punktskyer danne grunnlag for generering av en 3D CAD modell og eksporteres til Auto-cad, Mikrostasjon osv. 3D laserskanning kan benyttes til alle typer oppmålingsoppgaver, men de største fordeler oppnås ved oppgaver hvor de kreves stor detaljeringsgrad. Det kan eksempelvis være bygnings fasader, vei og jernbane strekninger, lufthavn, bruer og andre trafikkerte områder. Samtidig gir metoden fordeler at man sjelden behøver å foreta supplerte målinger.

5.3. Sammensetning av flater til en samlet 3D modell

Det enkelte overflater eller objekter skal settes sammen til en samlet 3D modell. De objekter eller overflater som er dannet av enkelte punktgrupper skal erstatte punktgrupper. Det fjernes de enkelte punkter i en punkttsky or erstattes av flater/objekter. Det medfører at data mengde reduseres. Den datamengde som brukes til å beskrive en flate eller objekt matematisk er mindre enn datamengde for en punkttsky hvor det beskrives de samme flater/objekter.

5.4. Punktgruppe

Det fins forskjellige teknikker som avgjør hvilke punkter som tilhører sammen i en punktgruppe. Det kan skje gjennom:

- Intensitets måling
- Manuell sammensetting
- Kombinasjon av disse

I en datainnsamling blir intensiteten registrert. Ideen er å håle sammen punkter med samme intensitets måling i en punktgruppe (intensitets målinger deles ut i intervaller). Problemer med denne teknikk er at forskjellige objekter kan reflektere en laserstråle med samme intensiteten. Det muliggjør at punkter fra forskjellige objekter samles i en punktgruppe (hvor det ellers er mening å sortere punkter, så at hvert objekt har punktgruppe). Problemet kan løses ved å avgrense områder, så at vi får punkter med samme intensitet innenfor et begrenset område som en punktgruppe. Dette kan gi et nytt problem senere når vi skulle sette sammen flere flater til en samlet modell.

En annen mulighet er å foreta et manuell utvalg av punkter som tilsamens utgjør et objekt. Utvalg kan eksempelvis skje på bakgrunn av digitale bilder. Problem med manuelle sammensetninger er mengde arbeid som skal utføres. Den krever tid og samtidig er det økt mulighet for å gjøre feil.

Kombinasjon av de teknikker, hvor punkter eksempelvis først sorteres ved hjelp av intensitets målinger og etterpå et manuell utvalg av punkter i de enkelte intensitets intervaller foretas, er det beste måten.



Bilde27) viser en punktsky modell. Det er mulig med hjelp av intensitets koding å definere flate som skal skannes. Også å beregne avstand mellom punkter.

5.5. Overflate fra punktgruppe

Etter at punkter er inndelt i punktgrupper skal de omdanes til flater eller objekter. Det er i den forbindelse mulig å redusere mengde av data. Til det brukes det forskjellige tekniker. Det dreier seg om:

- Approksimasjon
- Best-fit
- TIN(trianguler irregulær Network)

5.5.1. Approksimasjon

Ved denne metoden approksimeres en overflate mellom de målte punkter i en punktgruppe. Datareduksjon består i at punkter i en punktgruppe erstattes med en overflate som kan beskrives matematisk. Enklere sagt, først må vi finne en matematisk modell som kan beskrive gitt punktgruppe og etterpå erstatter vi punkter med en matematisk modell. Kriging er et eksempel på metode til approksimasjon av rumlige flater.

Det kan være tre ulemper med denne metoden:

- Før overflate approksimeres så foretas det et utvalg av punkter. Vist vi får punkter fra andre grupper i samme utvalg vil resultatet av approksimasjon bli påvirket av disse punkter.
- Dannes det kun overflate hvor det fins punkter. Det betyr at områder der ikke kan måles i forbindelse med datainnsamling ikke bli kartlagt.
- Et overflate er ikke god representasjon for en rør fordi viktige informasjonen, sånt som plassering av senterlinje og radius framstår ikke av overflaten.

5.5.2. Best-fit

Med denne metoden undersøker vi en gitt punktgruppe i forhold til hvordan det best stemmer overens med en reke fra før definerte objekter. Undersøkelse kan eksempelvis foretas med hjelp av minste kvadrats metode. Data reduksjon består i at punkter i en punktgruppe erstattes av et objekt som kan beskrives med matematiske funksjoner. Ulemper med denne metoden er:

- Ikke alle mulige objekter er definerte fra før
- Det er ikke alltid mulig å måle samtlige sider av et objekt. Metoden vil i sånn tilfelle forsøke å forutsi formen på objektet til tross at objektet ikke er målt fullstendig. Det vil medføre at endelige 3D modell inneholder feil.

5.5.3. TIN (Triangular irregular Network)

Tin metode er egentligen en metode til datareduksjon. I motsetning til de to førstnevnte foretas datareduksjon innen en punktgruppe omdannes til flate. Etter reduksjon dannes det flater i de trekanten som inneholder de resterende punkter i datasettet.

Ulemper med denne metode er:

- Det kan vare omfattende å gjøre beregning av punkter som inngår i TIN modell
- Det er ikke mulig å gjøre analyser på flater der TIN modell dannes.

6. Valg av oppmålingssystem

Nå for tiden har bakkebasert laserskanning blitt en tilleggs teknologi for geodetiske applikasjoner. Bruken av laserskanningen øker stadig. Forskjellige skannere fra forskjellige firmaer er tilgjengelige.

Med hjelp av bakkebasert laserskanning går det å løse en hel del oppmålings oppgaver som kanskje var ikke mulige å gjennomføre med tradisjonelle oppmålings tekniker. Selv om bakkebasert laserskanning tilbyr mange muligheter, så er det viktig å tenke at dagens laserskannings system skiller seg en del. Det innebør at visse laserskannings systemer egner seg mer til et gitt formål enn andre, noe som leverandører av laserskannings utstyr bruker å påpeke.

Etter teknisk gjennomgang av datainnsamling og databehandling er det relevant å se på de faktiske instrumenter som finnes på marknaden. Laserskannings instrumenter som er beregnet for 3D bakkebasert laserskanning lagges av få fabrikanter i verden.

6.1. Mensi

Mensi er et fransk firma som produserer laserskannere merke trimble og programvare til dem. Trimbles har kanskje det beste allround skanneren på marknaden og det er hovedsaklig to som er kjente:GS100 og GS200. Begge er motoriserte 360 graders skannere og kan betjenes av en person. Laserskannere fra trimble har en oppløsning 3mm på 100m og veldig god avstands nøyaktighet. Instrumenter gjentjener automatisk reflekstape(sfærer, targets). Som tileggs programvare bruker man egen produsert software som heter RealWorks som er et brukervennlig program som presenterer data med enkle tasttrykk og egner seg til beregninger av lengde, tverrprofiler, høydekurver, volumberegninger, avstander, koordinatmålinger osv. Skanneren kan stilles opp i en vilkårlig posisjon horisontalt og vertikalt ettersom den definerer egen referanse system ut fra syns område. Sammenheng mellom skanninger fra forskjellige oppstillinger skjer ved bruk av referanse flater som skal kunne, naturligvis, gjenfinnes i alle oppstillinger



Bilde 28) laserskanner GS200



Bilde 29)SOISIC langdistanse laserskanner

6.2. Riegl

Riegl er Østrisk firma som har spesialisert seg for laser oppmålingssystemer. Firma har to instrumenter på marknaden for 3D laserskanning. LMS-Z210 benytter seg av reflektorløs skanning gjennom en roterende speilpolygon som roterer kontinuerlig innenfor en vinkel på 80 grader vertikalt og 333 grader horisontalt. Skanneren kan måle fra 2m. og opp til en avstand på 700m. LPM-25HA er en skanner for korte avstander og brukes primært innendørs. Dette instrumentet kan skanne reflektorløst på avstand fra 2m til 60m og vinkler på opp til 180 grader horisontalt og 150 grader vertikalt. Begge instrumenter er avhengige av sammenknytnings punkter for å sammensette flere skanninger.



Bilde 30) Skanner LMS-Z210

6.3. Cyra

Cyra er et amerikansk firma som har spesialisert seg både på 3D skanninger og programvare. Firma framstiller oppmålings system CyraX og program vare som følger instrumentet Cyclone. Sveisiske Leica geosystems eier i dag Cyra technologies. CyraX 2400 og CyraX 2500 er laserskannere fra Cyra. Nyeste instrument CyraX 2500 kan skanne i avstand fra 1,5m opp til 100m, og 40 grader horisontalt og vertikalt. Skanninger fra flere oppstillinger krever sammenknytnings punkter for å kunne sammensette disse til en modell.



Bilde 31) HDS 3000



Bilde 32) HDS 4500

7. Utstyr og tilbehør

Systemet består hovedsaklig av laserskanner, en bærbar computer og software. Laserskanneren oppstilles på et stativ og tilslutes tilhørende batterier. For å bringe laserskanneren i funksjon tilslutes en computer med programvarepakken installert. Laserskanneren betjenes av computer, som er laserskannerens brukergrenseflate. Laserskanneren inneholder et digitalt kamera. Bilder som blir tatt brukes til å peke på skannings område.



Bilde 33) viser betjening av laserskanneren gjennom programvare

Et sakkingsystem består også av diverse spesielle targets(sfærer). Disse kan brukes som felles punkter ved tilknytning til et kjent koordinatsystem eller som sammenknytnings punkter ved sammenknytning av flere punkttskyer. Hvert laserskanningsystem har sine egne typer targets og disse kan også innmåles med tradisjonelle landmålings instrumenter, som for eksempel en totalstasjon. Alle targets er designet slik at det er forskjell i refleksjonen mellom overflate på et targets sentrum og de øvrige targets. Det fins forskjellige utforminger av targets.



Bilde34) Forskjellige typer av Cyra targets(kvadratisk, tvilling targets og sfærisk)

8. Nøyaktigheten med laserskanning og modellering

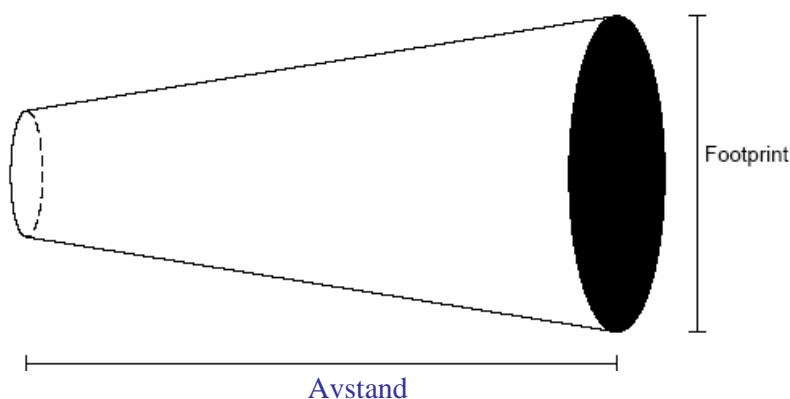
Formålet med dette kapitlet er å beskrive hvilke faktorer som har innvirkning på nøyaktigheten av det samlede punkter. Ut fra studier av laserskannings litteratur og egne bødemninger vurderer jeg følgende punkter som kunne ha innvirkning på nøyaktigheten av det skannede punkt og / eller modellerte objekt.:

- Bredde på laserstrålen
- Innfallsvinkel til objekt
- Avstand til objekt
- Støy
- Intensitet
- Atmosferiske forstyrrelser
- Antall punkter på objekt
- Sammenknytningen av punkttskyer
- Modellering

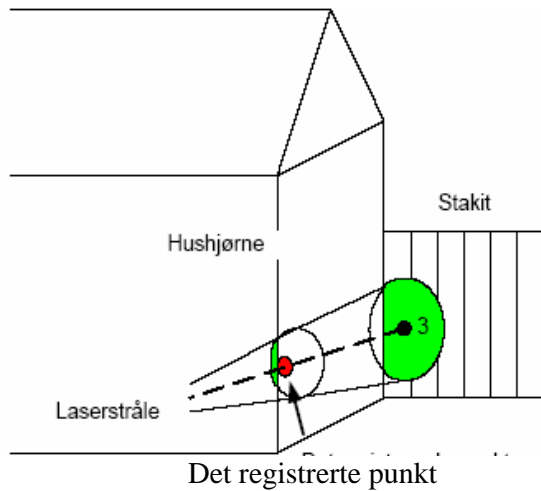
Det første seks punkter har mer med nøyaktigheten av det skannede punkt å gjøre. Mens det tre siste vedrører nøyaktigheten av det modellerte objekt.

8.1. Nøyaktigheten av det skannede punkt

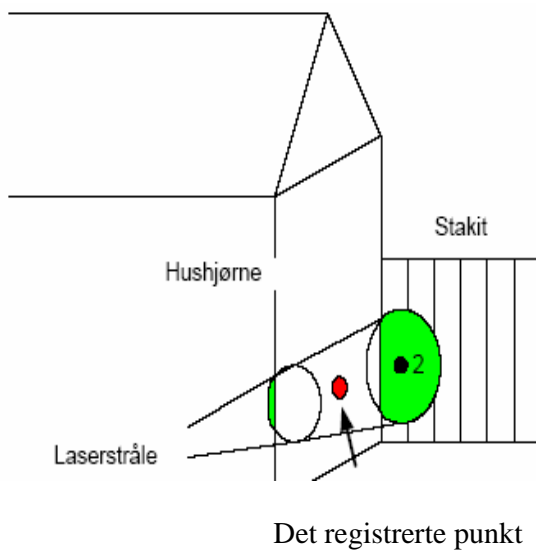
Laserstråles utbredelse ofte kalles footprint. Dens størrelse og utforming avhenger av avstanden og strålens innfallsvinkel til objektet. Dvs. at footprintets størrelse økes med avstanden til objekt som skannes. Vist strålen rammer vinkelrett på objektet da har footprint form som en sirkel, men rammer strålen skævt på objektet har footprint form som en ellipse.



Det fins flere forskjellige metoder hvor laserskanner kan registrere det returnerte laserlys ettersom det er lite forskjell på hvor mye retursignaler som registreres for hver impuls som er sendt ut. Skannings avstand begrenses av styrken på laserlyset. Et punkt kan registreres når den kan måles fra 5 % til 100 % diffus refleksivitet. Ifølge spesifikasjoner er laserskannerens maksimale rekkevidde på ca. 100m, men det anbefales å måle i en avstand av 1,5 til 50 m. Innenfor avstand på 50 m er laserstrålens footprint mindre eller lik 6mm. Noen skannertyper som brukes fra fly er i stand til å registrere to separate signaler fra samme utsendte stråle. Dette prinsippet brukes ikke, så vidt jeg vet, i laserskanningen fra bakke stasjoner. Enten registrerer laserskanneren det første returnerte signal eller registrerer det gjennomsnittet av de returnerte signaler. Registreres det første returnerte signal er det risiko for at avstanden ikke svarer til midten av de stråle.



Laserstråle rammer et hushjørne og et objekt som ligger bak. Det registrerte avstand tilhører huset, men vinkelen måles til punkt 3. Det punkt, det registreres som punkt 3 er markert med rødt. Slik kommer det til å virke at huset er lengre en i virkeligheten og avstand til punkt 3 er usant.



I tilfelle som på bilde registreres det middel av returnerte signaler. Til punkt 2 som er miten av laserstrålen registreres en middel verdi for avstanden beregnet på bakgrunn av avstanden til huset og avstanden til objekt som ligger bak(stakitt). Dvs. at punkt 2 kan ikke brukes og betegnes som støy.

Som det framgår i disse to tilfeller som er illustrerte, dess større areal på footprint, jo dårligere signal styrke og større risiko for at oppstår problemer.

8.2. Innfallsvinkel til objekt

Innfallsvinkel til objekt som skannes har innflytelse på nøyaktigheten av skannede punkter. Bare en liten feil på vinkelen til det objektet som skannes kan bety at returnsignal til laserskanneren kan bli svakt at det ikke registreres. I den forbindelse kan nøyaktigheten av for eksempel dannet flate bli mindre ettersom det er mindre punkter enn planlagt til definisjon av denne. Det kan også tenkes at de signaler er ikke kraftige nok til å bli returnerte og registrerte av laserskanneren og er dårligere bestemte enn de som returneres med høy refleksjon.

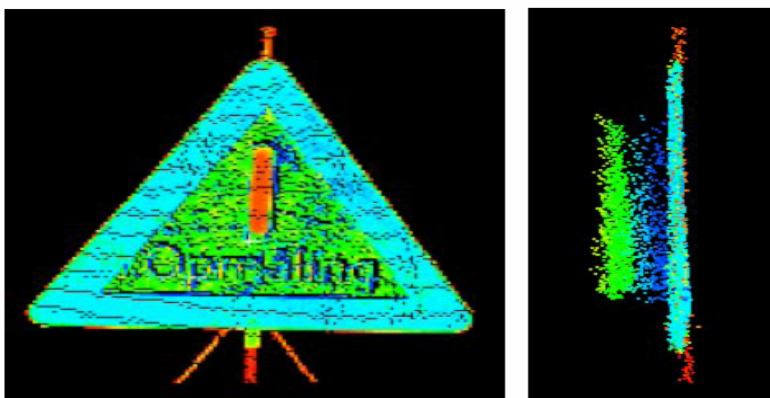
8.3. Avstand fra skanneren til objekt

Som ved avstandsmåling med totalstasjon har også avstand til objekt betydning for nøyaktigheten av laserskanningen. Det målte avstanden avhenger av refleksjon av objektet, atmosfæren, påvirkning av annen stråling (for eksempel sollys). I den forbindelse kan det også tenkes at signal styrke avhenger av avstanden til objektet.

Hvis man forutsetter at område, som skal skannes, er det samme og at skannings oppløsning er uendret, vil flere parametere endres, når avstanden til objektet varierer. Speilenes rotasjon blir enten større eller mindre. En av parametere som kan ha innflytelse på nøyaktigheten er hvordan instrumentet håndterer vinkler. Instrumentens vinkel endring er størst, når avstanden til objektet er mindre og når oppløsning er liten.

8.4. Støy

I denne sammenheng defineres støy som måling av uønskede punkter. Begrepet kan oppstå som følge av vær forhold som for eksempel regn, islag og lignende, slik at laserstrålen muligens blir reflektert av disse i stedet av ønskede objekter. Det samme gjelder refleksjon av forbi passerende biler eller lignende. De feil som støy forårsaker kan være store og umiddelbart let gjenkjennelige i punktskyen, ettersom punkter vil bli liggende langt fra skannede objekter. I andre tilfeller kan støy punkter være vanskelige å finne og føre til at objekt modelleres med større unøyaktighet.

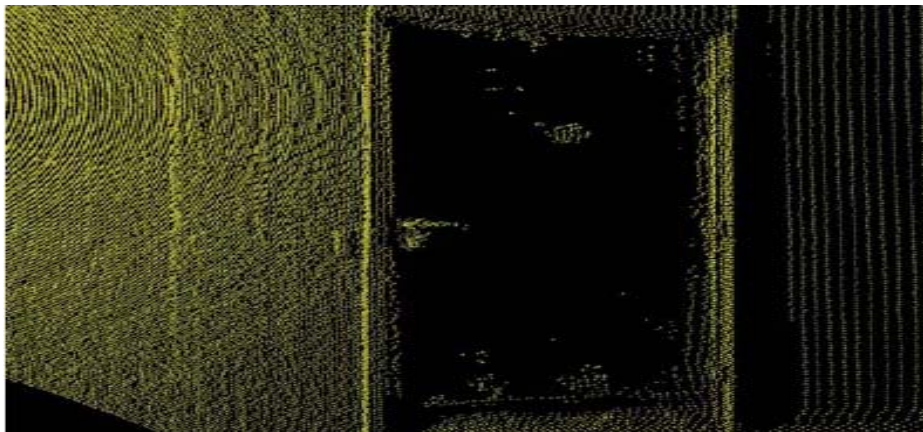


Bilde 35) På venstre bilde er en skilt som er skannet forfra. Til høyre er skilt skannet fra siden og alle punkter ligger ikke i samme plan og det kan oppstå unøyaktighet i målingen.

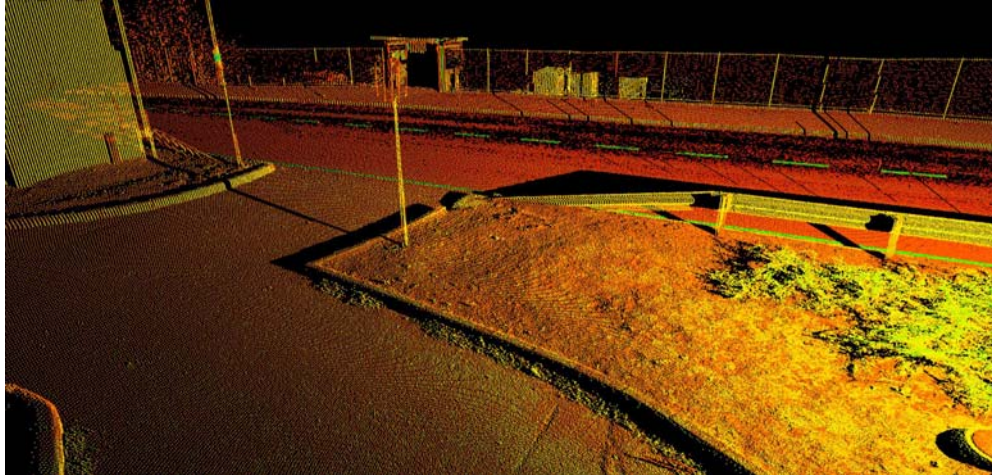
8.5. Intensitet

Intensitet er utryk for forhold mellom den energi som sendes ut ved hver impuls fra laserskanneren og den energi som returneres. Sagt på annen måte det er utryk for hvor reflektert er de rammede objekt.

Ett forsøk som er utført ved Curtin teknologiske universitetet i Australia viser at forskjellige materielens refleksjons evne muligens påvirker laserskanningen slik at objektet av bestemte materialer ikke reflekteres kraftig nok til, at laserskanneren registrerer retursignaler. Derfor kan man si, at forskjellige materialers evne til å reflektere eventuelt kan påvirke nøyaktigheten og fullstendigheten av skanningen. Denne tanken har bekreftes av University of Applied Sciences i Mainz, Tyskland som antyder at varierende intensitet kan forårsake unøyaktigheter. Då trekker jeg en konklusjon at nøyaktigheten på laserskanningen eventuelt avhenger av skannede objektets overflater, farger, materialer osv.



På bilde 36 er det illustrert intensitet. Man kan se at de er ikke så mange punkter på døren, men det er til gjengjeld på hvit malt betong veg. På dørens overflate er ca.350 punkter mens er på vegen ca.3500 punkter. Refleksjon fra den sorte overflate er vesentlig dårligere enn refleksjon fra den hvite overflate.



Bilde 37) viser intensiteter (forskjellige flater kan få intensitets kode verdier i skannings prosess)

8.6. Atmosfæriske forstyrrelser

Atmosfæriske forstyrrelser som sollys, luftfuktighet, temperatur og trykk kan ha betydning for laserskanning. Men, teknologisk utvikling har gått framover slik at alle nyeste laserskannerer som er på marknaden i dag kan korrigeres for temperatur og trykk under laserskanningen.

9. Modellering av objekter

Resultatet av skanningen er en stor mengde data. Formålet med modelleringen er å redusere data mengde og i samtydig utføre tolkning av de skannede objekter. Modellering dannes ved utjevningen av de skannede punkter. Utjevnings metode som er mest brukt er minste kvadrats prinsipp. Forskjellige program vare har en rekke verktøy som brukes til å modellere objekter.



Bilde 38) viser en ferdig modellert bygning

9.1. Nøyaktigheten av det modellerte objekter

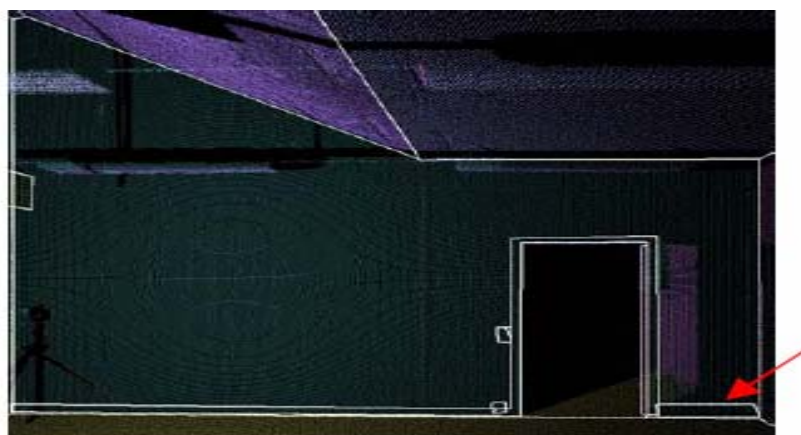
I denne skal jeg gjøre et forsøk på beskrivelse av hvordan antallet punkter på et objekt, sammenknytning av punkter i en punktsky og selve modelleringen av objekter kan ha innflytelse på nøyaktighet av de modellerte objekter.

9.2. Antall punkter på objekt

Antall punkter på en overflate kan variere og det av forskjellige årsaker. Det kan være, for eksempel, at objekter som skannes befinner seg i forskjellige avstander fra laserskanneren og derfor blitt definert ved forskjellig punktantall. Det kan også være at antall punkter på en overflate har blitt mindre en planlagt fordi laserstråle ikke reflekteres tilstrekkelig.

Antall av punkter kan påvirke detaljeringsgraden av punktskyen, hvilket påvirker fullstendigheten av den modellen som skannes. Dette gjelder spesielt skanningen av komplekse objekter.

Antallet av punkter kan også påvirke nøyaktigheten på annen vis. Modellers for eksempel et plan, kreves minst tre punkter til å bestemme planet. Nøyaktigheten vil bli mindre dess flere punkter er skannet på planet. Det kan i den forbindelse være interessant å undersøke hvordan antallet av punkter på en overflate påvirker nøyaktigheten ved modellering og om det fins en grense for antallet av punkter hvor nøyaktigheten ikke forbedres ved flere overbestemmelser. På samme måte som antallet av punkter har innflytelse på nøyaktigheten av det modellerte punkter har også plasseringen disse punkter betydning. Det antas å være mest hensynmessig at punktene er jevnt fordelt på objektet som modellers. Det kan også tenkes at samme nøyaktigheten kan oppnås ved kun å ha punkter i kanten av, for eksempel, en plan overflate. Besvarelse av spørsmål om hvordan antallet og plasseringen av skannede punkter påvirker nøyaktigheten av modellerte objekter krever ytterligere undersøkelser.



Bilde 39) Modellering av lister. Det hvite streker indikerer modellering av kanter under lister. Til høyre av døren (markert med rød pil) er liste modellert feilaktig ettersom punkter av vegen inngår i modelleringen

9.3. Sammenknytning av punktskyer

Formålet med å forete en sammenknytning er å plassere alle punktskyer i et felles koordinatsystem. Sammenknytningen av punkter er ofte nødvendig i forbindelse med modelleringen av objekter. På grunn av laserskannerens konstruksjon er begrensning på hvor stor område vi kan skanne med en enkelt skanning. For å skanne et rumlig objekt er det derfor ofte nødvendig å sammenknytte punktskyer. Sammenknytning kan skje etter tre prinsipper:

- Sammenknytning med targets
- Sammenknytning med modellerte objekter
- Sammenknytning med punktskyer

Det gjennomgående prinsipp er, som ved hver transformasjon, at det brukes felles punkter i punktskyer. Ofte brukes seks parametere transformasjon (tre flytninger og tre dreininger). Dvs. det er 3D transformasjon uten målestokk endring.

Targets man bruker i situasjoner hvor de kan plasseres i laserskannerens syns vinkel. Hvis laserskanneren brukes til innmåling av utilgjengelige objekter, hvor det er ikke mulighet å plassere targets i syns vinkel, kan det i stedet brukes modellerte objekter eller punktskyer. Det foreligger imidlertid ikke noen opplysninger om kvaliteten av de tre sammenknytningsmetoder.

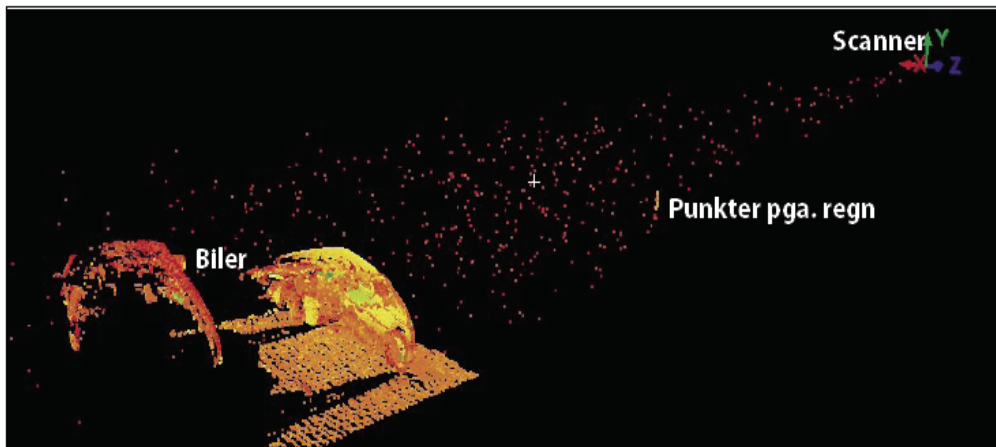
Det brukes minst tre punkter til sammenknytning, men resultatet å bli bedre jo flere sammenknytnings punkter blir.

10. Laserskanneres maksimale rekevidde

I følge spesifikasjoner fra flere laserskannere er rekevidde på ca. 100m, noen skannere kan strekke seg til 110 m. Men laserskanneres maksimale rekevidde er ikke nødvendigvis avhengig avstanden, innfallsvinkel og refleksjonsevne av de materialer som skannes har også påvirkning. Noen laserskannere viser advarsel ved finskanning med avstand større enn 50 m fra laserskanneren. Bilde kvalitet av de bilder kan ha lavere oppløsning vist det er større avstand enn det skulle vare. Dvs. at det nødvendig å ha noen større gjenstander til avmerkning av skannings områder som er eksempelvis større enn 100 m.

11. Skanning i regn og snøvær

Det er gjort flere undersøkelser på hvordan regn og snø påvirker skanninger. Det kan konkluderes, ut fra dem, at det frarådes å skanne under sånne forhold. Risiko for å behandle punktskyer feilaktig er stor.



Bilde 40) Resultat av skanningen i regnvær

Som det framgår av bildet, punkter ved bilen kan oppfates som punkter på bilens overflate, men kan i virkeligheten være regn dråper som er sittende på bilen.

12. Verifikasjon av laserskanner

Ettersom laserskanning kan brukes til mange formål, fordi der kan oppnås høy nøyaktighet ved bruk av målemetoden, kan det medføre, at antall laserskannere økes. Der er ikke mulighet å ta forholdsregler, der kan man eliminere systematiske feil, hvilket krever, at der ikke må være noe feil på instrumentet. Derfor bør der utvikles en metode hvor man kan bruke å kontrollere instrumentet forholdsvis lett. Hvis der er en systematisk feil på laserskanneren, vil det få større konsekvenser, enn hvis der er en systematisk feil på en totalstasjon, hvor disse kan lettere elimineres.

13. Betjening av laserskanneren

For å kunne betjene en laser skanner er det nødvendig at de er koblet med en bærbar PC med programvare som brukes til å styre laserskanneren. Programmet gjør det mulig å se område som skal skannes på skjermen til lapptoppen. Det er via programvare man definerer punktenhet. Innen skanningen er begynner det mulig å peke ut et område rundt sammenknytnings punkter på skjermen som skal bli skannet mer intensivt enn resten av objektet. Formål med dette er å få så stor mulig nøyaktighet ved sammenknytnings punkter. Program vare på dagens lasere er i stand til å beregne selv sentrum til sammenknytnings punkter med hjelp med predefinerte rutiner. Programvare kan visualisere skannings data. Etter at rådata er hentet inn i programvare kan disse eksporteres til noen andre formater, eksempelvis dxf, eller til en simpel tekst fil. Felles for alle filer er at det inneholder den samme informasjon X, Y og Z og intensiteten. Fra programvare er det mulig å eksportere modeller til AutoCad eller andre behandlings programmer

14. Panoramic og camera view scanner

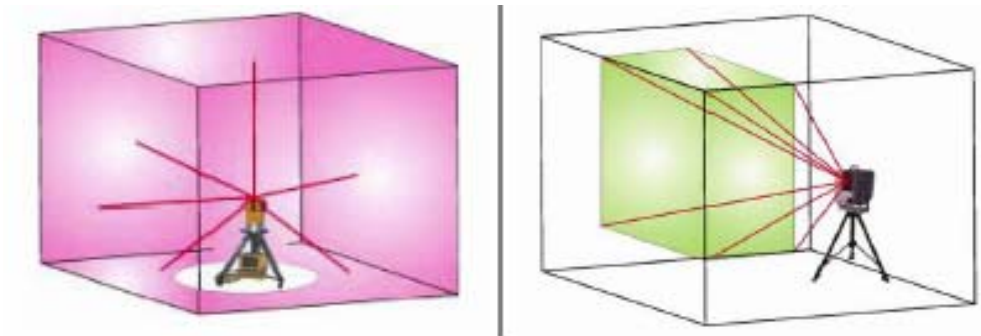
Bakkebasert laserskanning kan være egnet til innvendig 3D oppmåling. Det er en nyere oppmålings metode som brukes i mange fag områder i dag.

Avhengig av laserskannerens skanningsområde, er der forskjellige ting, som laserskanneren Egner sig til. Har skanneren et begrenset skanningsområde, kales den en camera view skanner, og har laserskanneren et 360° skanningsområde og en stor skannings vinkel, kales den en panoramic view skanner.

En panoramic view skanner bruker man i innvendig 3D oppmåling av rom (for eksempel tunneler). En camera view skanner er bedre til at skanne ting, som laserskanneren står utenfor, f.eks. fasader, Skulpturer osv.

En ulempe med innvendig bakkebasert laserskanning er at det kan vare problematisk å innmåle mindre rom(eksempelvis et baderom) delvis p.g.a. størrelse av instrumentet i forhold til oppstilling og p.g.a. avstanden fra laserskanneren til objektet har betydning for nøyaktigheten.

Det anbefales å bruke laserskanneren av type Callidus ved avstand fra 1 til 30m og laserskanneren av merke Cyrax ved avstand mellom 2,5 og 50m.



Bilde 41) Venstre bilde viser en panoramic view skanner ,mens høgre bilde viser en camera view skanner.

15. Bakkebasert laserskanning - Vad skal man tenke ved valg av systemet?

Med laserskanningen fra bakkestasjoner går å løse en hel del innmålinger som ikke er mulig å sammenligne med andre tradisjonelle målingstekniker som eksempelvis total stasjoner. Selv om laserskannings teknikk tilbyr mange muligheter så skal man tenke at dagens laserskannings systemer skiller seg fra hverandre en del. Dvs. At noen systemer er mer passende for vise målings oppgifter en andre.

Ved valg av laserskannings systemer bør man ta hensyn til:

- nøyaktigheten
- rekkevidde
- dekningen(d. graden)
- hastigheten(hva fort det går å måle)
- punktstørrelse
- vinkelopløsningen/punktavstand

Samtlige punkter har mer eller mindre stor betydning for valg av hvilke system som passer bedre en andre for utføring av måling eller visualisering. Eksempelvis, vist man er ute etter høg nøyaktighet og detaljeringsgrad, da er det system men liten punktstørrelse, høg vinkelopløsning og høynøyaktighet å foretrekke.

16. Dekning og overlapp

Laserskannings instrumenter måler i en bestemt vinkel i både vertikal og horisontal plan. Område som dekkes fra oppstillings punkt er avhengig av avstanden mellom skanner og objektet.

Når størrelse på overlappen mellom to målinger skal fastlegges er det flere faktorer man skal ta hensyn til.

-En liten overlapp mellom to målinger vil bety at antall av oppstillings punkter kan minimeres fordi dekingen fra hvert oppstillings punkt er maksimal. Antallet av oppstillings punkter minimeres også vist det foretas flere målinger fra samme oppstilling.

- Et stort overlapp vil gjøre det mulig å måle objekter i overlappet fra to sider (vist målinger foretas fra to oppstillinger). Det medfører at antall av blinde vinkler å bli mindre men antall av oppstillings punkter bli større.

-Størrelse av overlappet skal sikre at det er mulig å finne tilstrekkelig med sammenknytnings punkter i et overlapp mellom to skanninger.

Det er mulig å bruke noe slags targets med refleks merke som sammenknytnings punkter.



Bilde 42) Rumlig illustrasjon av targets med refleks merke

Det viktigste i forbindelse med plasserings valg av sammenknytnings punkter er å sikre at det er mulig å sette sammen de enkelte skanninger med hverandre.

16.1. Antall og plassering av sammenknytnings punkter

For å kunne samle målinger fra de enkle oppstillinger til en punktsky er det nødvendig å ha minst to sammenknytnings punkter i hver oppstilling. Punkter brukes til å bestemme koordinater til oppstillings punkter(X_0 , Y_0 , Z_0) og holdingen på instrumentet. Skal disse parametere overbestemmes er det nødvendig å ha ytterligere passpunkter og sammenknytnings punkter.

Det er to krav til plasseringen av punkter. For det første skal punkter plasseres så at det er mulig å bruke dem fra flest mulige sider av konstruksjonen. For det andre skal punkter plasseres så de dekker mest mulig av konstruksjonen.

16.2. Punkt tetthet

Punkttetthet(antall punkter horisontalt ganger vertikalt) er det avgjørende for detaljerings grad av det endelige 3D modellen. Jo større punkt tettheten er, dess bedre detaljerings grad men i samtidig data mengden å bli nokså stor. Desto større data mengde som skal håndteres, dess større krav stilles det til regnkraften på datamaskinen under databehandlingen.

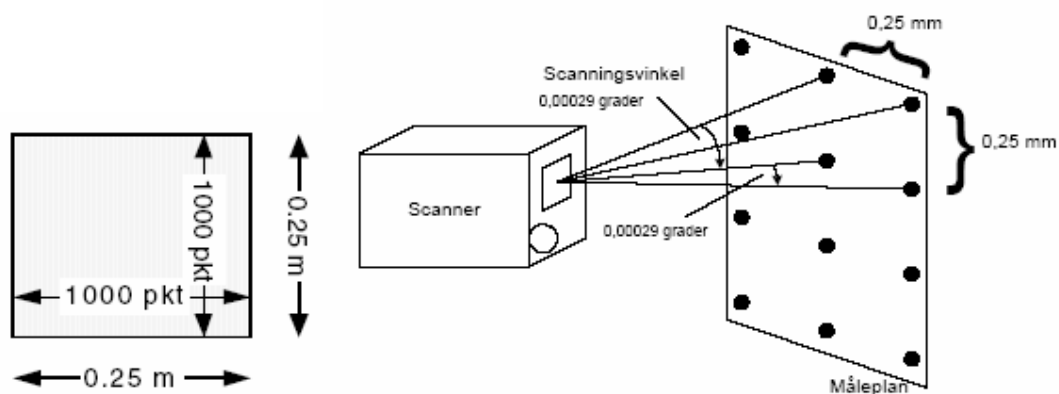
Derfor er det nødvendig å optimere punkttettheten sånt at det måles tilstrekkelig med punkter til å definere et objekt med nødvendig nøyaktighet og pålitelighet, uten at det måles flere punkter enn det er nødvendig.



Bilde43) viser en fasade av bygning med gjennomsnitts tetthet på 1cm.

16.3. Maksimal punkttetthet

Det framgår av instrumentets spesifikasjon at det er mulig å måle med en punkttetthet på ned til 0,25mm når avstand fra laserskanneren til objektet er 50m. Det tilsvarer en skanningsvinkel på 0,00029 grader mellom to, ved siden av hverandre, liggende retnings målinger. Vist det måles med den punkttettheten, betyr det at 1 million punkter dekker 0,25m ganger 0,25m. Denne punkttettheten vil gi en stor datamengde, når størrelse på valgt konstruksjon tas i betraktning.



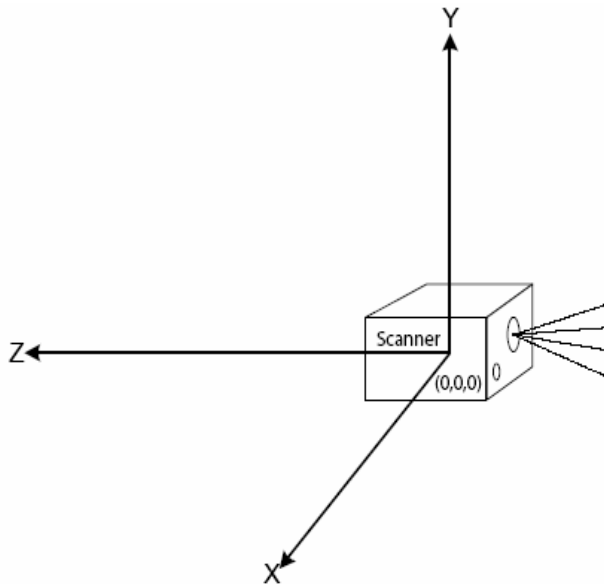
Bilde 44) viser punkttetthet på 0,25mm, når skannings avstand(måleplan) er 50m fra laserskanneren

16.4. Skanningshastighet

Skanningshastighet for de enkelte skanninger avhenger av skanningsområdes størrelse og punkttettheten. Det er mulig, med dagens skannere, å skanne med en hastighet på 1 kolonne/sec. med 1000punkter/kolonne ved bruk av det maksimale syns vinkel på 40 ganger 40 grader. Skannes det 1000 kolonner, bli skanningstid mellom 15 og 20min. Dette er det maksimale skanningstid. Velger man en mindre skanningsområde, punkttetthet eller punktantall, får man en hurtigere skanning. Laserskanningen er fullt operasjonell både i dagslys og mørke ved temperatur fra 0-40 grader, bare at fuktigheten er ikke så høy.

17. Orientering av koordinatsystem i laserskanneren

En laserskanner har ikke montert libelle eller noen form for lord. Det betyr at det er ikke mulig å orientere skanneren over et bestemt punkt eller i forhold til lodd linjen. Det skannes derfor i en lokal koordinatsystem. Dvs. at hvert enkel punkt er i sitt eget koordinatsystem. Ved å la laserskanneren være urørt mellom to skanninger, kan punktskyene innsamlet ved de to skanninger betraktes som liggende i det samme koordinatsystem.



Bilde 45) viser lokal koordinatsystem for skanneren

Koordinatsystemets orientering er dog ukjent(fremgår ikke av skanninger). Origo for koordinatsystemet fins inne i laserskanneren og Z-aksen orienteres mot måleplanen(laserskanneren). Derfor er relevant å kjenne punkters plassering. Det er forskjellige tenkelige muligheter om hvordan Z-aksen kan orienteres. Det dreier seg om:

- orientering mot sentrum av målinger
- orientering i forhold til skannerens akser
- orientering i forhold til målt avstand

Orientering mot sentrum av målinger vil si at punktet $(0,0,Z)$ befinner seg i sentrum av skannede område. Det er mulig å undersøke om punktet $(0,0,Z)$ plasseres på denne måte. Det kan foretas ved å ta hjørne koordinater til fire hjørne punkter fra en skanning av en flate(eksempelvis en flat veg) og summere X og Y koordinater. Er summen lik med $(0,0)$, eller veldig tett betyr det at punktet $(0,0,Z)$ er plassert i sentrum av måleplan(laserskanneren). Dette krever at laserskanneren er plassert midt for og parallelt med flaten, en ideal situasjon som i praksis vil sjelden forekomme.

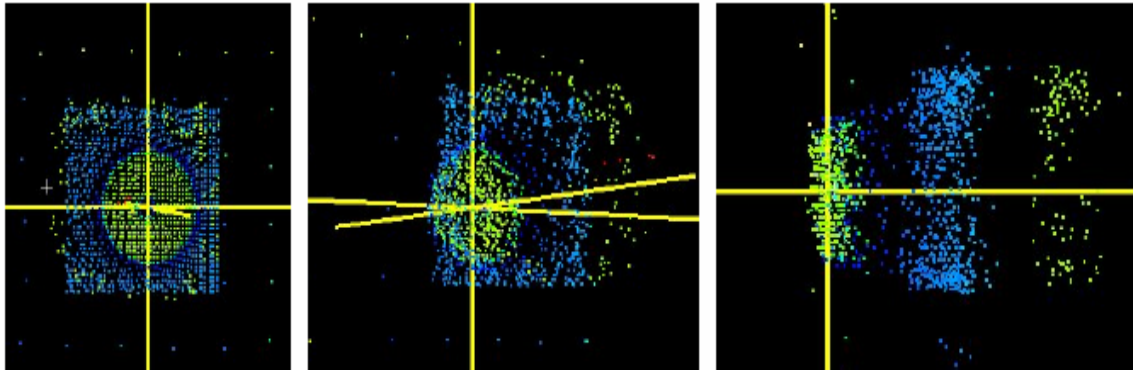
Det er også tenkelig at Z-aksen orienteres i forhold til skannerens akser. Det vil si at oppstillingen av skanneren har innflytelse på hvordan Z-aksen orienteres. Den avstand som måles kan også definere Z-aksen. Så lenge det fins en koordinat($0,0$,skannings avstand) da vil orientering av koordinat systemet kjennes.

19. Automatisk gjenkjenning av refleksmerker

Programvare til laserskanneren definerer automatisk midtpunkt av et refleksmerke når den er av en gjenkjennelig type. Softwaren er kun i stand til å gjenkjenne refleksjons mønstre for helt spesielle materialer. Kun laserskannerens egne refleksmerker kan brukes til formålet. Etter første skanningen med en valgt skannings oppløsning søker programvare til skanneren på gjenkjennelige punkter ur fra refleksjon. Programvare finner selv de gjenkjennelige refleksmerker, men også andre reflekterte objekter. De relevante objekter velges ut manuelt og skannes heretter mer intensivt. Denne finskanningen gjøres i to trin. Først definerer programvare interesse område ved å skanne i et 20 ganger 20cm stort felt med en oppløsning på ca.1 cm. Interesse område reduseres etter hvert og til slut man finskanner ønsket felt for å definere koordinatsett til refleksmerke. En såkalt verteks settes inn i refleksmerkes senter for å definere punktet.



Bilde 46) viser en laserskanner og en targets som er av gjenkjenlig type



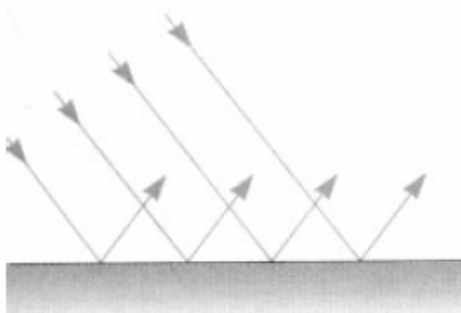
Bilde 47) Refleks merke sett forfra , Refleksmerke sett skrå fra siden , Refleksmerke sett fra siden

20. Refleksjon av lys

Lys brukes til å måle avstander ved laserskanningen. Når en laserstråle passerer gjennom luften og rammer et materiale, reflekteres den. Overflatens utformning på de materialer, som laserstrålen rammer har innflytelse på hvordan laserstrålen reflekteres. Når lys reflekteres, er innfallsvinkelen samme som utfallsvinkelen. Det er tre metode av lys refleksjon:

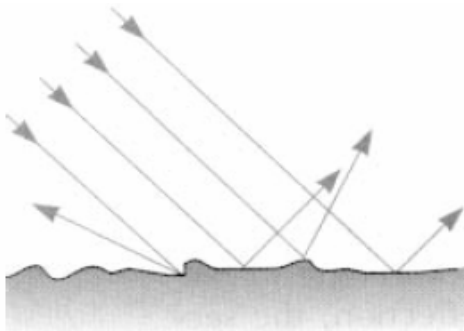
- Speil refleksjon
- Diffus refleksjon
- Retro refleksjon

Hvis det reflekterte overflate er glatt, reflekteres lysstrålen som er parallele både for og etter refleksjon. Det vil si at lysstrålen rammer ikke lyskilden, som er i dette tilfelle laserskanneren. Lys reflekteres på denne måten, når lysets bølgelengde er større enn den reflekterte overflatens ujevnhet.



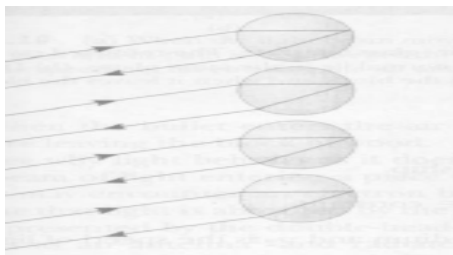
Bilde 48) viser lys reflektert med speil refleksjon

Hvis den reflekterte overflaten er ujevn, reflekteres lysstrålen diffust. Ved diffus refleksjon er bølgelengden mindre enn den reflekterte overflatens ujevnhet. På grunn av overflatens ujevnhet reflekteres lyset i vilkårlige retninger og derfor blir noen av lyset reflektert tilbake til laserskanneren.



Bilde 49) viser lys reflektert ved diffus refleksjon

hvis den reflekterte overflaten er uformet på en spesiell måte, da reflekteres lysstråle direkte tilbake til laserskanneren. På denne måten er refleksmateriale utformet.



Bilde 50) viser lys som er reflektert ved retro refleksjon

21. Framtids perspektiv med bakkebasert laserskanning

Laserskanningen har i forhold til andre oppmålings metoder en ekstrem hurtig datainnsamling, men etterbehandlingen er stadig omfattende. Med at velge et relativ stor oppløsning kan område hurtig skannes uten at samtidig å gå i kompromiss med nøyaktigheten ved sammensetningen av modeller. Nøyaktigheten på objekter og flater vil nok alltid være avhengig av valgt oppløsning. Det er ingen tvil om at laser skanning fra bakke stasjoner er en ny og spennende oppmålings metode som vil vinne fram det kommende år. Spesielt kommer bruks muligheter at utvides med tiden, når/hvis automatisk objekt gjenfinning blir ferdig utviklet og som standard blir en del av programvare. Det ideale skulle også vart vist man kunde bruke en og samme laser både for korte og lange avstander. Når utviklingen kommer så langt, vil en konstruksjon, eksempelvis, ikke være noen tidsmessig oppgave.

22. Kilder

22.1. Litteraturliste

Cyclone, Users manual, Cyra Technologies
Curtin University of Technology, Australien
Cyra Technologies, Wolfgang Boehler, G. Hainz , Andreas Marbs
Landmåling i teori og praksis, Peter Cederholm
Leica geosystems, Bruker veiledning
Utjevning, Peter Cederholm
Virkeligheten i en punktsky, Bjarne Wiregard
Airborne laser scanning, an introduction and overview, Aloysius Weir and Uwe Lohr
3D modell reconstruction, Søren Ærendahl Mikkelsen
Ålborg Universitet, Danmark
Terrestrial laser scanning, investigation and application for high precision scanning, Thorsten Schulz and Hilmar Ingesand, Switzerland

22.2. Web adresser

www.cyra.com
www.trimble.com
www.mensi.com
www.calidus.de
www.riegl.com
www.leica-geosystems.com
www.deltasphere.com
www.capnor.com

22.3. Kontakt firmaer

Geoplan øst
Solcon

22.4. E-meil korrespondanse

Hei Georg,

Her er en presentasjon av bakkebasert laserscanning.

Jeg vet ikke hvor stor mail-kapasitet du har på serveren, så jeg sender deg denne filen først.

Jeg sender også en ny mail med en PP på engelsk som er på 28 MB.

Lykke til videre.

Vidar

-----original Message-----

From: GEORG SMAKIC [<mailto:georg.smakic@hig.no>]

Sent: 18. mai 2005 11:14

To: Vidar Tangen

Subjekt: bakkebasert laserskanning

Viser til samtale 18.05.2005.

Du kan sende presentasjoner eller noe relevant stoff om laserskanningen på denne adresse.

På forhånd takk
Hilsen Georg