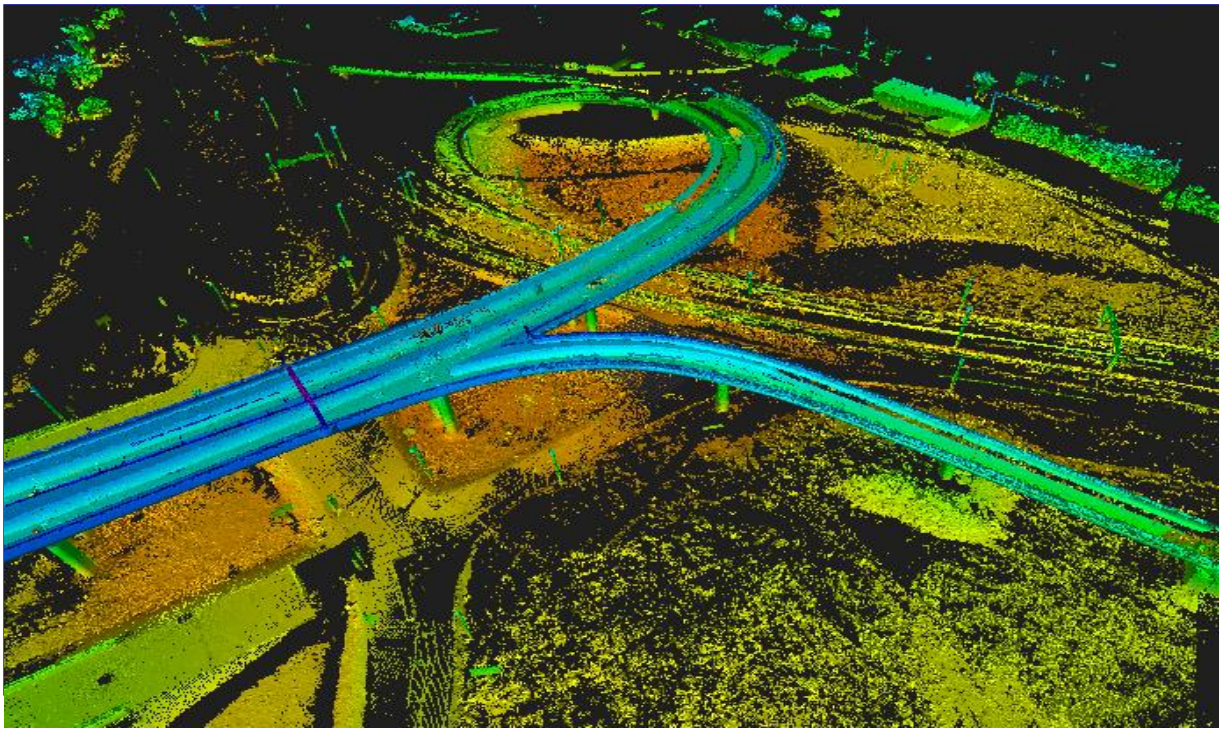
CHALMERS



Från punktmoln till 3D modell

Generering av 3D-geometrier till projekteringsunderlag

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

AHMAD ALOMRAN

Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Avdelningen för Construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:50

EXAMENSARBETE 2014:50

Från punktmoln till 3D modell

Generering av 3D-geometrier till projekteringsunderlag

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

AHMAD ALOMRAN

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014

Från punktmoln till 3D modell
Generering av 3D-geometrier till projekteringsunderlag
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

AHMAD ALOMRAN

© AHMAD ALOMRAN 2014

Examensarbete/Institutionen för Bygg- och Miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:50

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management *Construction management*
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Sammansatt punktmoln från utförd laserskanning (Bildkälla: Skanska Sverige AB).

Chalmers Reproservice/Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Göteborg 2014

Från punktmoln till 3D modell

Generering av 3D-geometrier till projekteringsunderlag
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

AHMAD ALOMRAN
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Problemet som ligger till grund för undersökningen är den mängd data som ett punktmoln oftast innehåller. Syftet med undersökningen var att undersöka möjligheterna att hitta en lämplig användning av punktmolnet till projekteringsunderlag på ett effektivt sätt med hjälp av de programvaror som Skanska Teknik redan använder. Som ett led i detta vändes förhoppningarna mot Autodesks ny program ReCap. Programmet är Autodesk egen variant för hantering och bearbetning av punktmolnsdata, och innehåller möjligheten att indexera olika råa punktmolnsformat till ett eget. Vilket sedan kan användas i andra Autodesks program. För att göra undersökningen erhölls ett punktmoln från en konsult. Utöver punktmolnet användes i huvudsak två programvaror och en plug-in för skapandet av 3D-modellen. Autodesk ReCap för rensning och filtrering av oönskade punkter, Civil3D och Point Cloud Feature Extraction för generering av 3D-objekt. Målet var att se vilka möjligheter det finns med användningen av punktmolnsdata och denna teknik till projekteringen, hur en beställning skall se ut samt vilka krav som bör ställas. Slutsatsen som kunde dras var att användningen av punktmoln till skapandet av projekteringsunderlagen genom att bara använda Autodesk programvara är möjlig. Undersökningen visar att användning av punktmolnsdata för skapandet av projekteringsunderlag som metod är tillräckligt utvecklat. Däremot är Autodesk ReCap fortfarande i utvecklingsfasen. Det är möjligt att använda programmet i dagsläget för vissa typer av jobb men för ett stort och komplext projekt rekommenderas det inte. I dagsläge är kunskapen internt mycket begränsad och därför rekommenderas Skanska till att undersöka vilken kompetens som behövs för att kunna implementera denna teknik inom företagets olika användningsområden. För att summera slutsatserna med avseende på problemställningen kan det då konstateras att Autodesks programvara klarar hantering av punktmolnsdata bra, med tanke på att programmen används redan på Skanska Teknik vilket inte innebär extra kostnader för köp av nya programvara.

Nyckelord: Punktmoln, laserskanning, fotogrammetri, projektering, 3D-modell, ReCap

From point cloud to 3D model

Generation of 3D geometries for design specification

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

AHMAD ALOMRAN

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The fundamental problem addressed in this study is the amount of data point cloud usually contains. The main purpose of this study was to investigate the possibility of finding an appropriate and efficient way of using the software point cloud in design specification at Skanska Teknik. Autodesk's new program ReCap was introduced in this study as an alternative approach. The software is Autodesk's own version for the handling and processing of point cloud, which includes the ability to index the various raw point cloud data format into its own. This then could be used in other Autodesk programs. To do the survey, point cloud were obtained from a consultant. In addition to point cloud there were two software and a plug-in used for the creation of 3D model. Autodesk ReCap, for cleaning and filtering of unwanted items. Civil3D and Point Cloud Feature Extraction for the generation of 3D objects. The goal was to see what options are available with the use of point cloud data and this technique on the design, how an order should look like and what requirements should be imposed. The conclusion that could be drawn was that the use of point cloud in design specification by only using Autodesk software is possible. The survey shows that the use of point cloud data for the creation of design specification method is sufficient. However Autodesk ReCap is still in the development phase. It is possible to use the program in the current situation for certain types of jobs but for a large and complex projects, it is not recommended. The current situation is the knowledge internally very limited and therefore recommended Skanska examine what skills are needed to implement this technology in its various applications. The conclusion of this thesis is that it is possible to use the current programs that Skanska Teknik uses.

Key words: Point Cloud, laser scanning, photogrammetry, design, 3D-model, ReCap

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD V
DEFINITIONER AV BEGREPP VI

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Avgränsningar 1

2 METOD 2
2.1 Litteratursökning 2
2.2 Tillämpning av programvara och fallstudie 2
2.3 Intervjuer och studiebesök 2

3 PUNKTMOLN 3
3.1 Allmänt om punktmoln 3
3.2 Olika mätningstekniker 3
3.2.1 Fotogrammetri 4
3.3 Terrester laserskanning 6
3.3.1 Planering av skanning 7
3.3.2 Registrering 7
3.3.3 Bearbetning av punktmolnsdata 9
3.4 Tillämpningsområden 9

4 TOLKNING AV PUNKTMOLN TILL BIM 10
4.1 Import och visualisering 10
4.2 Punktmolns hantering och rensning 11
4.3 Vidare bearbetning av metadata 12
4.3.1 Skapandet av en markmodell 14
4.3.2 Skapandet av 3D-Objekt 15

5 ANALYS 18
5.1 Import och informationshantering 18
5.2 Modell skapandet 19

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER 20

6.1 Kompabilitet mellan olika programvara 20
6.2 Hantering av punktmoln 20
6.3 Tillverkning av modeller 20
6.4 Användarvänlighet 21
6.5 Visualisering 21
6.6 Tid och kostnader 21
6.7 Rekommendationer till Skanska Teknik 22

7 REFERENSER 23

BILAGOR 24

Förord

Detta uppdrag genomfördes hos Skanska Teknik, anläggning och geoteknik. Först och främst vill jag tacka mina handledare på Skanska Teknik, Henrik Ljungberg och Torbjörn Jansson för deras stöd och engagemang under hela perioden. Jag vill även tacka alla andra personer som jag har kommit i kontakt med under examensarbetet.

Göteborg juni 2014



Ahmad Alomran

Definitioner av begrepp

Alignment	En horisontell 3D-polylinje som innehåller Civil 3D funktioner.
Assembly	En funktion som definierar till Civil 3D hur en sektion av ett objekt ser ut.
Feature line	En 3D-polylinje som innehåller Civil 3D funktioner.
Fotogrammetri:	Vetenskapen om att göra mätningar från bilder.
Korridor	En tredimensionell modell som kombinerar den horisontella geometrin hos en Alignment, den vertikala geometrin hos en profil och tvärsnittsgeometrin av ett Assembly.
Laserskanner:	Lik en totalstation men använder sig av laserstrålningar för att mäta avstånd.
Ortofoto:	Geometriskt korrigerad flygbild.
Punktmoln:	Mängd punkter som läggs i ett tre-dimensionellt koordinatsystem, X-, Y-och Z-koordinater. Punktmolnet kan skapas av 3D-laserskannrar.
RCS:	Filformat skapat av Autodesk för indexering av olika råa punktmolns filformat.

1 Inledning

Användningen av punktmoln har precis påbörjats inom Skanska till att skapa projekteringsunderlaget. Denna teknik har funnits på marknaden länge men den var inte riktigt riktad till byggbranschen. Fördelarna med att använda sig av punktmoln är bland annat att det är tidsbesparande samt att det ger en snabb visualisering i projektet. Detta medför att det går att få ut en mängd olika information i ett tidigt skede.

Trots alla fördelar med att använda sig av denna teknik så har den ännu inte fått sitt stora genomslag, och framför allt inte när det gäller skapandet av projekteringsunderlag.

1.1 Bakgrund

Idag använder Skanska punktmolnet för bland annat volymberäkningar av bergtäkter. Detta väckte intresse att kolla på möjligheterna med att använda denna teknik på fler andra användningsområden. Skanska Teknik vill därför skaffa sig information om hur det är lämpligt att använda sig av punktmoln, genom att ta reda på möjligheterna och eventuella utmaningar, vad denna teknik kan användas till samt hur punktmolnet kan användas på bästa sätt vid projektering.

1.2 Syfte

Syftet med undersökningen är att undersöka möjligheterna med att använda punktmoln till projekteringsunderlag på befintliga konstruktioner som står runt ett intressant område. Undersökningen görs genom att i huvudsak besvara följande frågor:

- Vilka begränsningar har denna teknik och dess programvara?
- Vad klarar programvarorna som Skanska Teknik redan använder av?
- Vilka möjligheter finns det för bearbetning och hantering av punktmoln?
- Vilka möjligheter finns det för punktmoln vid skapandet av 3D-modeller och andra intressanta objekt?
- Vilken punkttäthet behövs vid skapandet av olika objekt?

1.3 Avgränsningar

För att kunna skapa en bättre förståelse för vilka möjligheter det finns vid skapandet av projekteringsunderlagen med hjälp av programvaror som Skanska Teknik redan använder, har rapporten begränsats till att endast använda Autodesk programvara. Genom att först tillämpa olika funktioner i Autodesk ReCap för filtrering av oönskad information för att sedan generera 3D-objekt med hjälp av Civil 3D och Point Cloud Feature Extraction.

Andra programvara som finns på marknaden kommer inte att granskas då studien endast avser användning av Autodesk programvara.

2 Metod

Arbetet har till största del genomförts hos Skanska Teknik. Arbetet inleddes genom att utföra en litteratursökning för att identifiera området samt för att kartlägga hur långt utvecklingen av denna teknik har kommit. Efter det genomfördes intervjuer med både personal på Skanska Teknik och andra konsulter som jobbar med samma teknik.

2.1 Litteratursökning

Litteratursökningen genomfördes med hjälp av dator och sökningar på bland annat ”laserskanning”, ”projektering”, ”bim” och ”punktmoln”. Material från Skanska Teknik har även använts vid informationsinsamling. Efter det har relevant information sorterats ut.

2.2 Tillämpning av programvara och fallstudie

Egna tester har genomförts samt andra tutorials från olika hemsidor använts under arbetet för att skapa en bättre förståelse på hur dessa program fungerar. Ett par plug-in har även använts från Autodesk Exchange. Hjälpfunktionen utnyttjades för att skapa en bättre förståelse för vad dessa olika funktioner betyder.

Efter det genomfördes en fallstudie för att kunna testa dessa olika program och deras förmåga att kunna hantera punktmoln för att sedan generera 3D-objekt. Ett arbetsflöde var sedan skapat för framtida användning (Se *Bilaga1*).

2.3 Intervjuer och studiebesök

Intervjuer med personer från olika företag delades in i olika grupper beroende på i vilken fas de hanterar information. Inför personliga intervjuer skickades en lista på frågorna för att dessa personer skulle ha tid att förbereda svaren på önskad information (Se *Bilaga 2* och *3* för frågeformulären).

Skanska har nyligen köpt en SmartOne UAV-flygplan där intervju med personer som använder denna teknik genomfördes. Ett studiebesök till Skanska Survey i Norge var nödvändig för att skapa en bättre förståelse på hur tekniken används internt inom Skanska.

Laserskanningen i Norge har använts ett par år nu och därför var chansen att skapa en bättre förståelse för för- och nackdelar för verktyget större. Även hur information kan hanteras på bästa sätt.

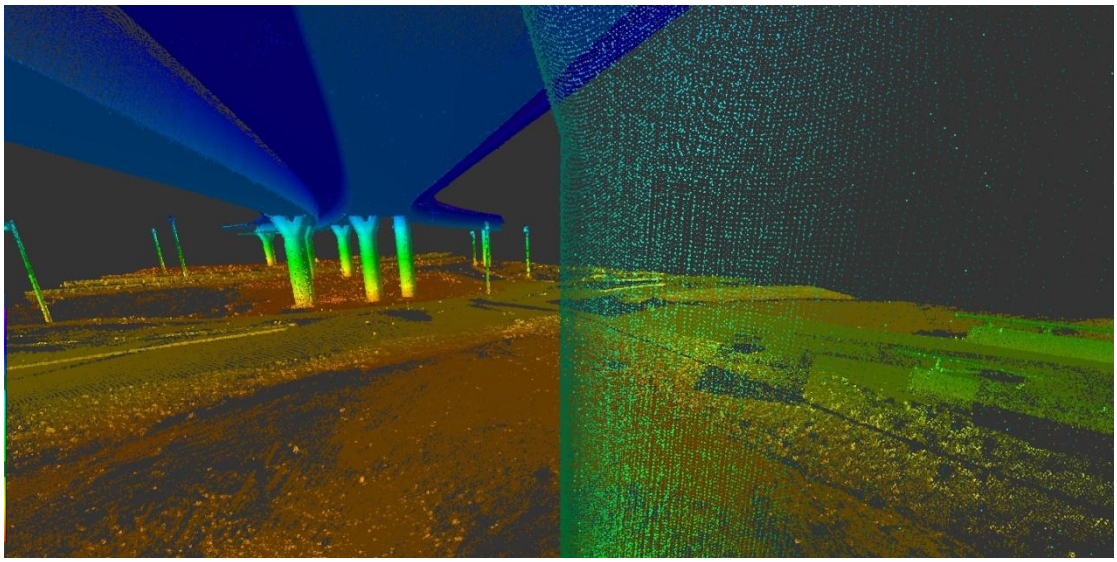
3 Punktmoln

Detta kapitel syftar till att läsaren ska få en djupare förståelse för olika delar inom punktmolnsskanning, hur de fungerar samt vilka användningsområden som punktmolnsdata används inom.

3.1 Allmänt om punktmoln

Punktmoln är rådata som reflekteras tillbaka ifrån ett objekt eller en miljö där varje punkt får ett x-, y- och z-värde, vilket sedan kan kopplas mot världens koordinater. Dessa punkter är kopplade mot ett av de nationella referenssystemen bland annat SWEREF 99 för att få den lägsta möjliga lägesosäkerheten.

I och med att det går att lägga dem i ett koordinatsystem så kan punktsvärmen då skapas som senare visualiseras i 3D (Figur 1). Vad laserskannrarna då gör är att avbilda verkligheten till digitalform, och med kombination av en bild av objektet som skannats kan färger då överföras till punktmolnet vilket skapar ett naturtroget punktmoln (Sam Pfeiffle, 2012).



Figur 1 Hur ett punktmoln ser ut. Pelaren till höger visar hur täta punkterna är

En sådan skanner skapar punkter utifrån det som den ser vilket också går att kombinera med olika skanningar för att sedan få ett enda stort punktmoln. Detta är orsaken till de stora datamängderna som fås fram. Punkttätheten är en annan orsak till den stora datamängden, för ju mer reflekterade punkter vi får desto tätare punktmoln blir det (Lantmäteriet, 2014).

3.2 Olika mätningstekniker

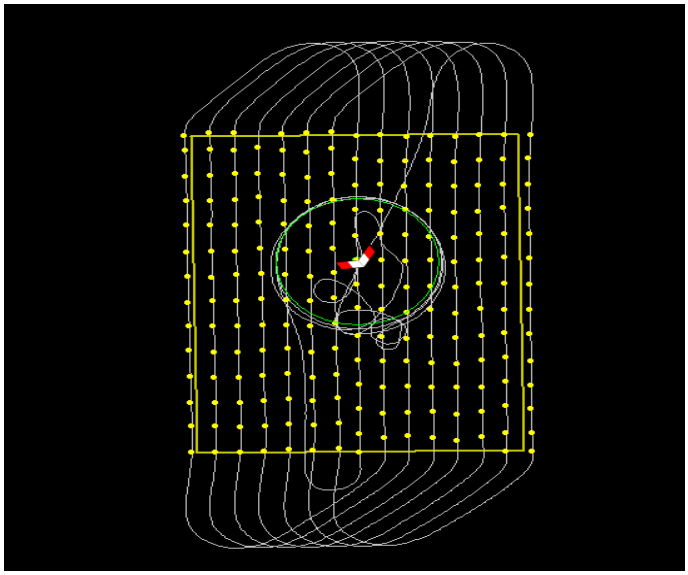
Idag finns flera metoder för att mäta olika objekt, beroende på efterfrågan. Rapporten lägger fokus på två av dessa olika mätmetoder, Fotogrammetri och Terrester laserskanning.

3.2.1 Fotogrammetri

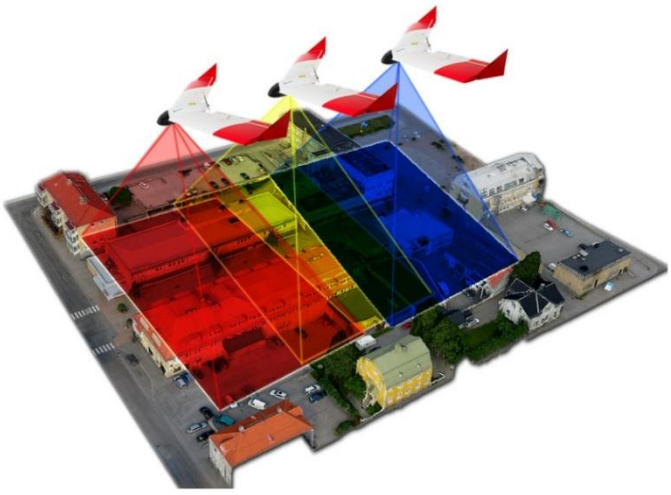
UAS, unmanned aircraft system, är en obemannad luftfarkost vars användning exploderat på marknaden under de senaste åren inom mätningsteknik. UAS-systemen innehåller oftast en GPS och en kamera.

Systemet tar bilder flygandes över ett redan planerat område och över ett bestämt stråk (Figur 2). Bilderna tas med ett visst intervall samt med en överlappning för att senare skapa ett ortofoto, geometriskt korrigerad flygbild, och DSM, Digital Surface Model.

Vid skapandet av ortofotot behövs terrängens variation i höjdled, genom att föra ner alla dessa höjder till ett nolläge tas då sidoförskjutningarna bort i bilden (Figur 3). Bildmatchningsalgoritmerna utvecklats snabbt från den traditionella fotogeometrin genom att hitta tusentals gemensamma punkter i bilderna. Resultatet liknar ett punktmoln, där varje pixel i bildmosaiken har en koordinat i både höjdled och plan (Smartplanes, 2014).



Figur 2 Flygningsschemat (Bildkälla: Smartplanes, 2014)



Figur 3 Bildmosaiken skapat av flera bilder (Bildkälla: SweScan, 2014)

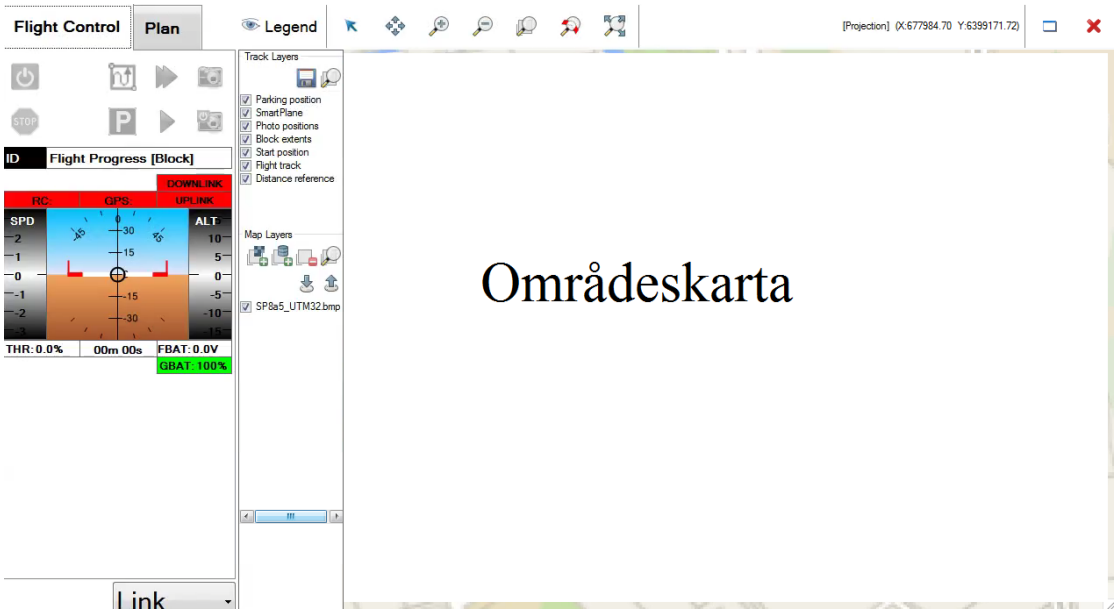
Miljö och säkerhet är bland de viktigaste anledningarna till varför denna teknik används. Inmätningar eller fotografering i otillgänglig terräng eller i ett område där det är farligt att vistas är exempel på användningsområden. Detta innebär mindre kostnader och utsläpp vilket är bra för miljön.

Praktiska användningsområden av denna teknik är exempelvis:

- Markinmätning - Inmätning och foto av befintlig mark redan vid anbudsskedet samt kontroll av levererad terrängmodell från beställaren.
- Volymberäkning - Till exempel berg– och grustäkter, deponier, vecko– eller månadsvis uppföljning av ditt projekt.

För att kunna framställa ett punktmoln med denna teknik måste flera steg genomföras. Först markeras det intressanta området med hjälp av markstationen, det är dessa program som styr flyget, senare väljs flyghöjden. Inne i programmets ruta är det möjligt att se hur stort det markerade område är samt hur lång flygtiden är, se Figur 4.

För att starta flygningen måste flygplanet skickas iväg med hjälp av manuell muskelkraft. När planet är i luften påbörjas insamling av önskad information och vid slut behöver flygplanet ett öppet område att landa på. Tagna bilder laddas sedan ned från kameran till bearbetningsprogrammet för att kunna arbeta vidare med informationen (Smartplanes, 2014).



Figur 4 Smartplanes flygningsprogram

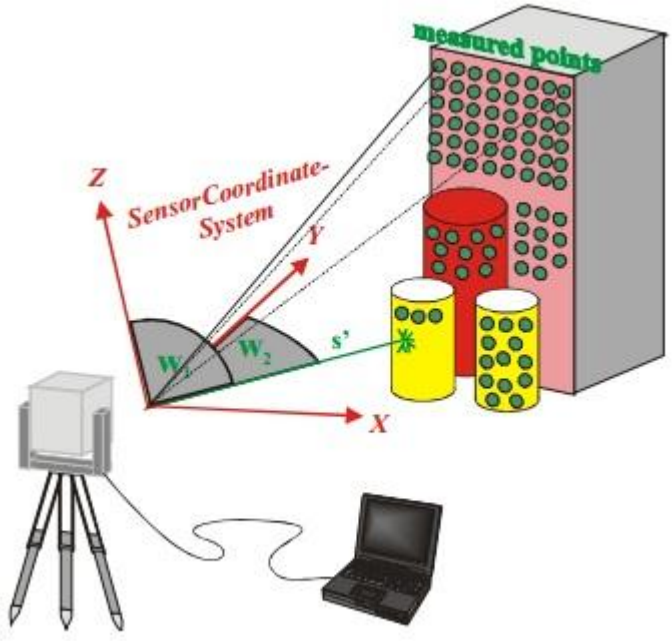
3.3 Terrester laserskanning

Inom Terrester laserskanning, TLS, finns det olika mätmetoder för att mäta avstånd, Fasskillnadsmätning och Pulsmätning. Fasskillnadsmätning, där fas skillnaden mellan den utsända och reflekterade harmoniska vågsignalen bestämmer avståndet mellan instrumentet och objektet.

Vid pulsmätning används korta laserpulser där avståndet (s') bestäms utifrån den tid det tar laserpulsen att sändas ut, träffa ett objekt för att sedan reflekteras tillbaka till instrumentet. Varje laserpuls som skickas har en känd vertikalvinkel (w1) samt en horisontalvinkel (w2), se Figur 5.

Vissa laserskannrar kan också leverera punktmoln som innehåller intetsitetsfärger, dessa färger visar hur kraftig varje reflekterat puls är. Detta skapar en bättre förståelse för materialskillnaden.

Varje reflekterat puls får en XYZ-koordinat, dessa pulser skapa ett punktmoln där antalet punkter kan variera mellan ett och fler än hundra miljoner beroende på instrumentets upplösning och inställningen som är vald vid insamlingen av informationen (Staiger, 2003).



Figur 5 Principen av terrester laserskanning (Bildkälla: Staiger, 2003)

En viktig aspekt att ta hänsyn till är säkerheten, med hjälp av denna teknik kan information av komplexa miljöer fås på ett mycket lättare sätt jämfört med traditionell mätning. Genom att undvika att stänga av trafiken i området är också en säkerhetsfråga vilket även sparar en hel del tid. Andra fördelar med laserskanning är att andra intressanta punkter finns redan i modellen istället för att gå ut och komplettera mätningen.

Eftersom punkterna fås i 3D är då risken för fel inmätningar mindre än vid det manuella arbetssättet, samt att båda sparar både tid och resurser vilket ofta läggs på projektets totala kostnad.

Beroende på hur arbetet skall utföras planeras skanningen därefter. Vid varje skanning uppkommer nästan alltid skymda partier vilket gör att varje uppställning placeras efter ett tankearbete för att få ett heltäckande punktmoln (Reshetyuk, 2009).

3.3.1 Planering av skanning

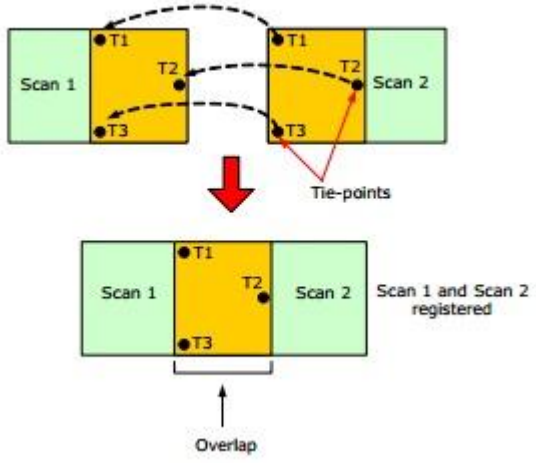
Varje uppställning med laserskannern är placerad för att det finns ett syfte att stå där. Antingen genom att skanna en viss detalj därifrån, eller för att se en av referenspunkterna därifrån. Att planera en laserskanning kräver en hel del tankearbete, för att få ett jämt och heltäckande punktmoln. Naturligtvis uppkommer det skymda partier i punktmolnet, men med hjälp av god kommunikation med beställaren samt god planering av uppställningspositionerna skapas ett bra punktmoln.

3.3.2 Registrering

De punkter som fås genom skanningen är de punkter som laserskannern ser och för att få en heltäckande modell bör skanningen göras från fler olika vinklar. Dessa slås sedan ihop med olika punkter som fås från de olika uppställningarna. Det finns flera olika metoder för att registrera samman flera olika punktmoln, med eller utan måltavlor, dessa metoder är:

3.3.2.1 Target-based registrering

För att kunna registrera ihop två punktmoln så behövs det minst tre måltavlor som syns från båda uppställningarna. Dessa måltavlor används sedan för att registrera ihop punktmolnet som fås utifrån dessa två skanningar (se Figur 6).



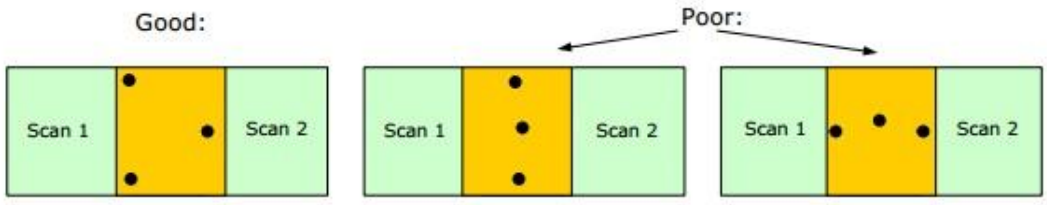
Figur 6 Target-based registrering (Bildkälla: Reshetyuk, 2009)

3.3.2.2 Registreringen mot befintliga förhållanden

I vissa fall är det omöjligt att placera ut måltavlor vid till exempel skanning av höga byggnader. I detta fall används då naturliga punkter som hämtas ifrån skannern, exempelvis fönster, kända objekt och annat.

En viktig punkt att tänka på är att inte välja punkter som ligger på samma linje, i horisontell och vertikalled, för då är det risk för fel matchning, se Figur 7. Annars görs själva registreringen på samma sätt som target-based.

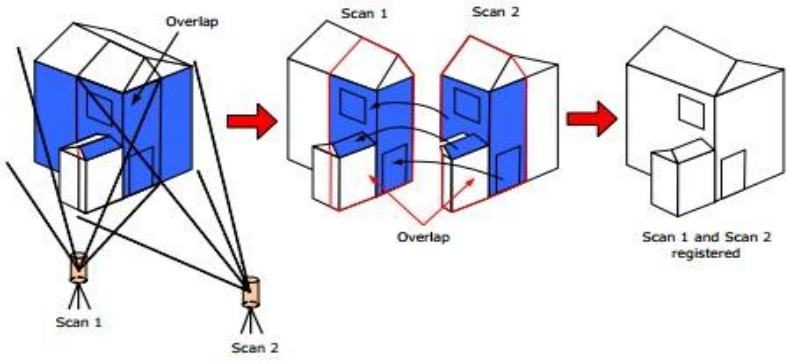
AutoDesk ReCap använder sig av denna metod för registreringen.



Figur 7 Registrering mot befintliga förhållanden (Bildkälla Reshetyuk, 2009)

3.3.2.3 Surface matchning och registrering med hjälp av geometriska objekt.

Dessa två registrerings metoder skiljer sig ifrån de andra två. På dessa sätt behövs varken måltavlor eller andra befintliga punkter utan de överlappar ett område eller ett objekt (se Figur 8). Cloud Register i Cyclone, Leicas eget program för hantering av punktmoln, använder sig av denna metod för registrering.



Figur 8 Surface matchning och registrering med hjälp av geometriska objekt (Bildkälla: Reshetyuk, 2009)

3.3.3 Bearbetning av punktmolnsdata

Efter att registreringen är klar sparas datan i rätt filformat. Vilket filformat som används är beroende på vad datan kommer att användas till samt i vilket program det kommer arbetas i.

Det finns olika program för utförandet av de olika stegen men det viktigaste är att börja med att ta bort brus, felregistrerad information, från punktmolnsdata eftersom laserskannern registrerar allt i dess synfält.

En av de viktigaste problemen med användningen av denna teknik är att datorer och programvara inte har hunnit ikapp teknik utvecklingen, vilket medfört stora problem vid hantering av mängddata som insamlas. Detta medför att punktmolnet brukar delas i flera delar för att jobba med olika delar åt gången.

3.4 Tillämpningsområden

Att kunna få miljontals punkter som dessutom är väldigt detaljerade och noggrant inmätta gjorde att denna teknologi började bli mer accepterad i många olika användningsområden.

Genom att kunna få exakta mätningar på en väldig kort tid, samt att kunna göra digitala modeller av befintliga konstruktioner, effektiviserar produktionen väldigt mycket. För då fås stor mängd information, speciellt när det intressanta området är stort, komplext och otillgängligt.

Ett par tillämpningsområden inom bygg- och anläggningsbranschen:

- Skapa underlag vid projekteringen
- Dokumentation av befintliga byggnader, anläggningar och andra konstruktioner
- Volymberäkningar
- Förberedelse inför produktion och ombyggnation
- Noggrann och snabb 3D mätning
- Inspektion och skadeidentifiering
- Deformationsmätningar
- Kontrollera utfört arbete med planerat
- Upprätta relationshandlingar (Reshetyuk, 2009).

4 Tolkning av punktmoln till BIM

4.1 Import och visualisering

Oftast vid skanning fås miljontals punkter som behöver olika programvaror för rensning, filtrering och redigering. Dessa programvaror klarar en viss typ av filformat beroende av hårdvaran. Eftersom arbetet begränsar sig till Autodesk programvara användes då ReCap, som innehåller stöd för olika filformat från olika tillverkare, för att sedan spara dessa olika filer till Autodesk eget filformat RCS (Reality Capture Scan format), se Tabell1.

Vid importering var det viktigt att justera antalet punkter i punktfilen genom att ändra inställningar för intensitets intervall, decimeringsvärden och annat. Vad detta gör är helt enkelt att den gör om den råa punktmolnsfilen till andra format som ReCap kan öppna, denna process kallas för Indexering.

Filformat som kan importeras i ReCap	Filformat som kan exporteras från ReCap
FLS FWS ISPROJ PTG PTS PTX LAS ZFS ZFPRJ ASC CLR E57 TXT	RCS (Sparas automatiskt efter indexering) RCP (Projektfil) PCG PTS E57

Tabell 1 Visar vilka möjliga filformat som kan im- och exporteras i ReCap

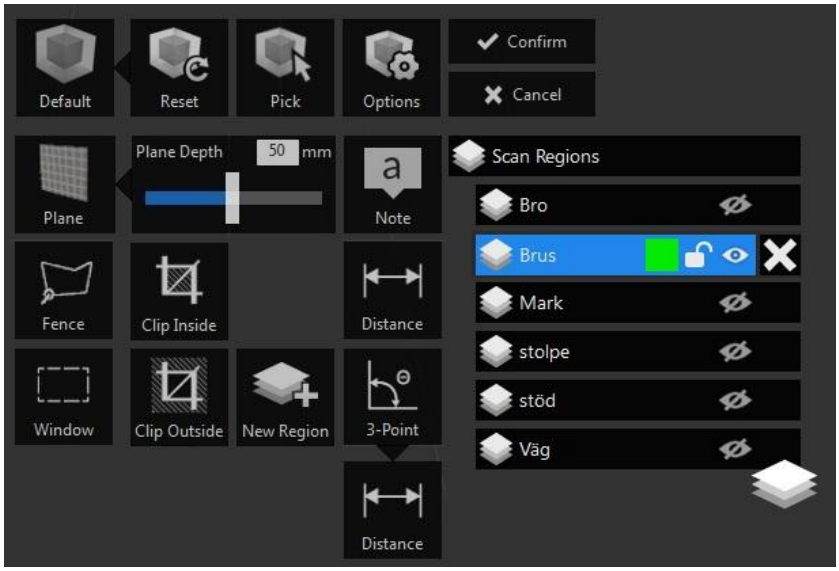
4.2 Punktmolns hantering och rensning

Eftersom punktmolnsfilen oftast innehåller oönskade punkter krävs det en del bearbetning för att rensa bort dessa punkter. I fallstudien användes både Autodesks ReCap och Point Cloud Feature Extraction, ett plug-in till bland annat AutoCAD och Civil3D. Dessa två program gjorde det möjligt att dela upp punktmolnsfilen i mindre bitar, vilket underlättade nästa steg.

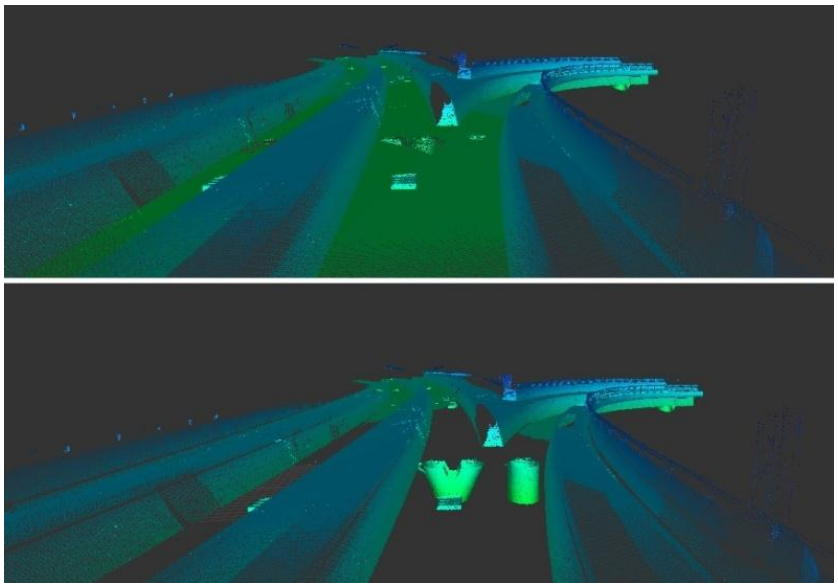
ReCap innehåller *Region* funktionen vilket betyder att det är möjligt att markera olika önskade delar och gruppera dem. Det fanns flera arbetssätt för att använda ReCap, antigen genom att gruppera ihop olika objekt med hjälp av funktionen *Region*, begränsa arbetsområdet med hjälp av *LimitBox* funktionen eller också genom att kunna del exportera önskade områden. Dessa funktioner gör det enklare sedan vid filtrering, rensning eller radering av oönskade punkter vilket har skett manuellt, (se Figur 9).

Med hjälp av enkla markeringsverktyg såsom planmarkering kunde en önskad väg, bro eller andra planer som ligger på en viss nivå markeras enkelt, för att sedan utföra den önskade funktionen, (se Figur 10).

De olika skanningar som genomfördes importerades sedan in i ReCap för att få all information i ett enda stort punktmoln. Sedan användes dessa olika funktioner parallellt för att sedan exportera det intressanta området, resultatet blev ett enda stort punktmoln som också är mindre minneskrävande.



Figur 9 Hanteringsverktygen



Figur 10 Filtrerings möjligheter med ReCap

4.3 Vidare bearbetning av metadata

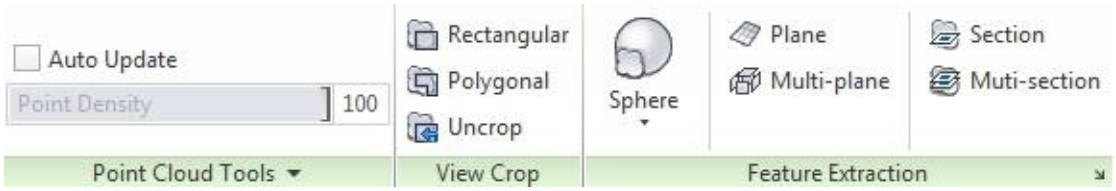
När rensning av punktmolnet var klar exporterades sedan filen till RCS-filformatet som sedan importerats in i Civil 3D.

Det fanns två sätt att importera filen till Civil 3D, antingen genom att importera rå punktmolnsdata eller genom att använda *Attach* funktionen och med den andra metoden var det möjligt att kunna använda det data som exporterats från ReCap. En viktig punkt att tänka på var koordinaterna vid inläsning av data, för att undvika omarbeten.

Ett område valdes att skapa modell av, genom att kunna generera planer och sektioner av önskade objekt med hjälp av Civil 3D och Point Cloud Feature Extraction som plug-in.

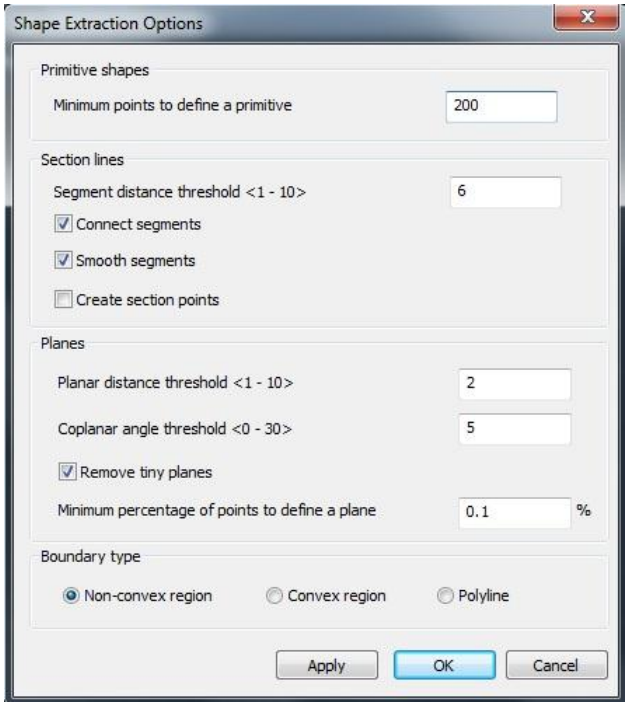
Point Cloud Feature Extraction innehåller egna funktioner, vilket underlättar hantering av punktmolnsdata. Med hjälp av bland annat funktionen *Crop* isolerades önskad information för att sedan generera önskade planer och sektioner.

Civil 3D innehåller en funktion där det är möjligt att reglera punktmolnsdensitet, vilket underlättade hanteringen av filen i programmet, (se Figur 11).



Figur 11 Civil 3D och Feature Extraction verktygsfälten

Feature Extraction innehåller olika inställningsparametrar till exempel, Smoth segments, Connect segments (se Figur 12). Dessa funktioner gjorde att skapandet av 3D-objekt blev mycket lättare genom att kunna generera sektioner av dessa objekt. Mer om det beskrivs i kapitel 4.3.2.



Figur 12 Feature Extraction Inställningar

4.3.1 Skapandet av en markmodell

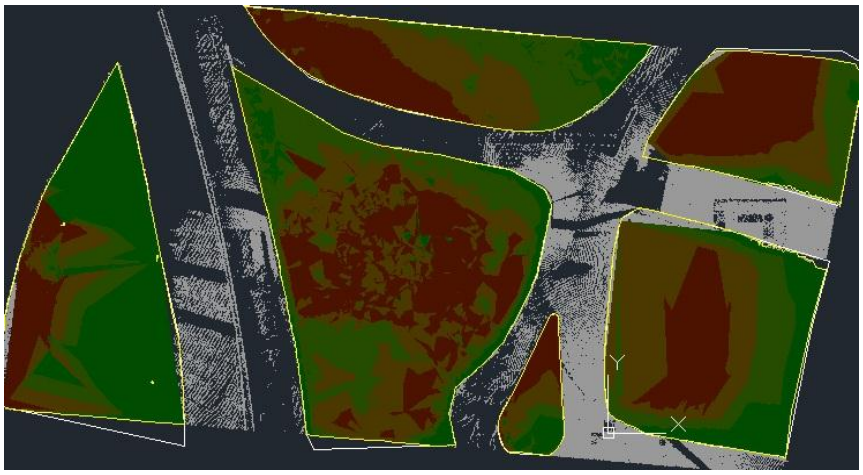
En markmodell är en tredimensionell geometrisk yta som består av trianglar eller rutsystem. Dessa skapas i Civil 3D genom att ansluta de olika inmätta punkterna till varandra. Det finns olika sätt för att få dessa punkter: traditionell mätning med hjälp av GPS, totalstationer och avvägningsinstrument eller punktmoln.

För att kunna använda punktmolnet i Civil 3D och tillämpa programmets funktioner måste punktmolnsfilen först innehålla Civil 3D:s inställningar.

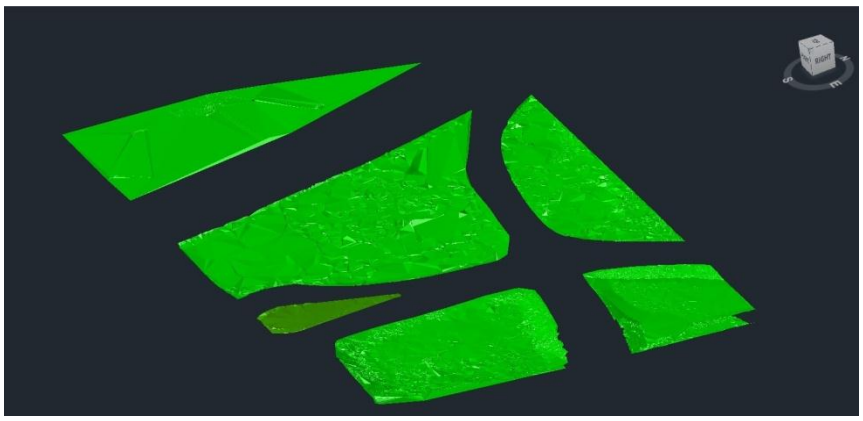
En väldigt viktig punkt är att under fliken *View* välja visnings läge 2D Wireframe för att kunna skapa en yta av punktmolnet. Sedan med hjälp av Civil 3D:s olika funktioner skapas markmodellen, se Figur 13.

Punktmolnsfilen innehåller oftast stora mängder punkter att programmet inte klarar av informationshanteringen. Men samtidigt krävs oftast inte den detaljeringen vid projekteringen vilket betyder att mängden punkter kan minskas och därmed kan man jobba effektivare med modellen.

Efter att markmodellen var skapad var det också möjligt att exportera den till både DEM och LandXML filformat.



Figur 13 Färdig markmodell som är skapat av punktmolnet

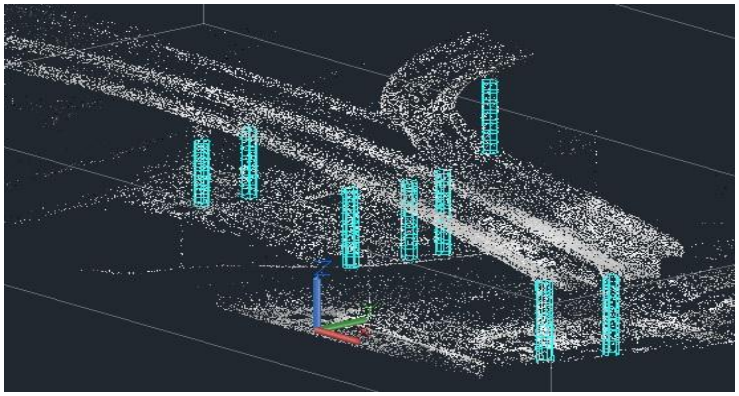


Figur 14 Vy av markmodellen

4.3.2 Skapandet av 3D-Objekt

Med kombination av Civil 3D olika funktioner och Feature Extraction så var det möjligt att kunna generera enkla 3D-Objekt. Genom att minska antalet punkter som visas med hjälp av regleringsfunktionen blev det betydligt snabbare att hantera punktmolnsfilen. Senare tillämpades olika Feature Extraction funktioner vid skapandet av olika intressanta delar.

Genom att först markera ett objekt i punktmolnet, till exempel pelare eller något annat cylinderformat, så var det möjligt för Feature Extraction att känna av formen på punkterna och i det fallet var det cylinderformade, se Figur 15. Dock var det endast möjligt att generera enkla geometrier. Med hjälp av de olika inställningarna som fanns var det också möjligt att justera punkttätheten och hur dessa olika geometrier ska genereras.

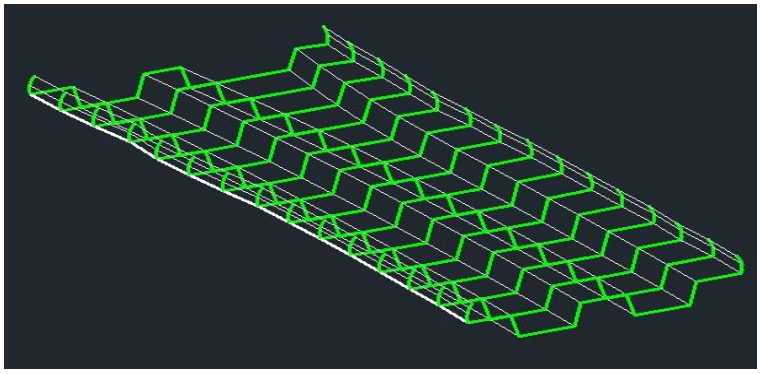


Figur 15 Automatiskt genererade pelare

Nästa område var att skapa broöverbyggnaden och med hjälp av *Sektion* funktionen i Feature Extraction var det möjligt att kunna skapa brosektioner med ett visst intervall, för att sedan generera 3D-polylinjer som senare används som referenser vid skapandet av bro överbyggnaden. Senare tillämpades Civil 3D funktioner för att skapa en korridor.

För att kunna skapa en korridor så är det vissa steg som måste göras, de stegen är att skapa en *Alignment*, *profil*, *Assembly* och *Subassembly*. Skapandet av Alignmenten och profilen kan göras direkt mot punktmolnet eller ritas manuellt.

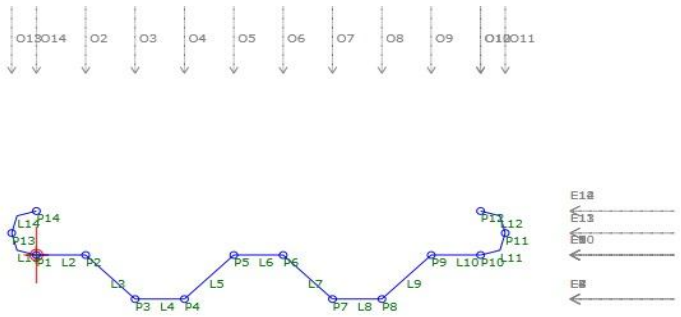
Det finns flera sätt för skapandet av korridoren, det mest lämpliga var genom att använda de genererade sektionerna, de gröna linjer i Figur 15, som skapades direkt från punktmolnet med ett visst intervall, sedan ritades de vita 3D-polylinjer som använder sig av sektionen.



Figur 16 Genererade multisektioner

Steget efter var att skapa en *Subassembly* i Subassembly Composer. Genom att ange varje punkt en Offset och en Elevation (Se figur 17).

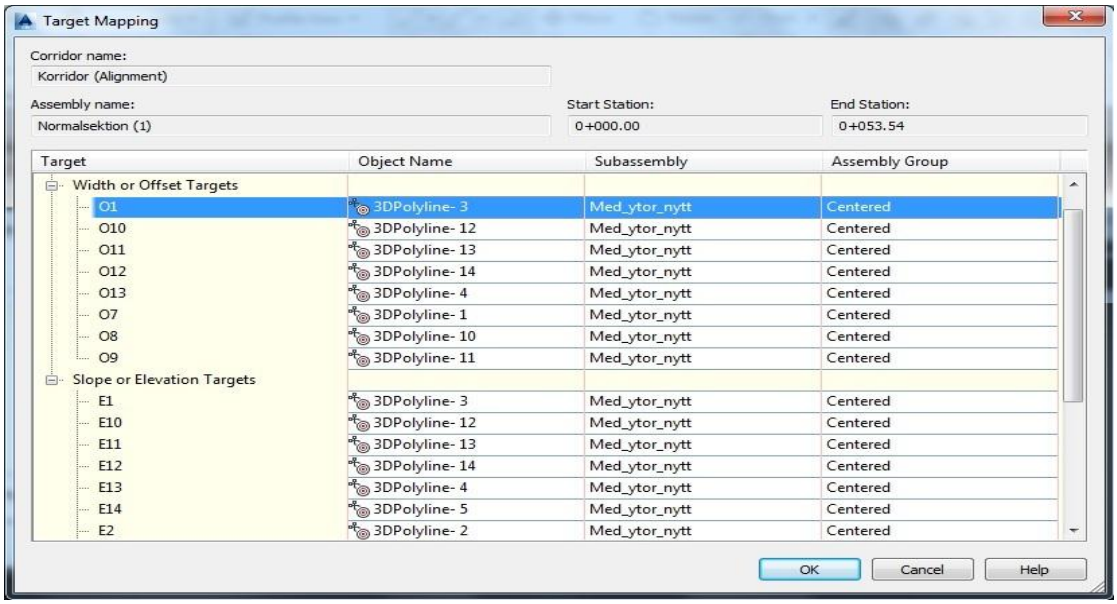
Efter att punktdefinitionen var klar, skapades länkar mellan dessa olika punkter, där en yta definierats för att sedan kunna skapa *Surface* av den ytan vid skapandet av korridoren.



Figur 17 Subassembly Composer

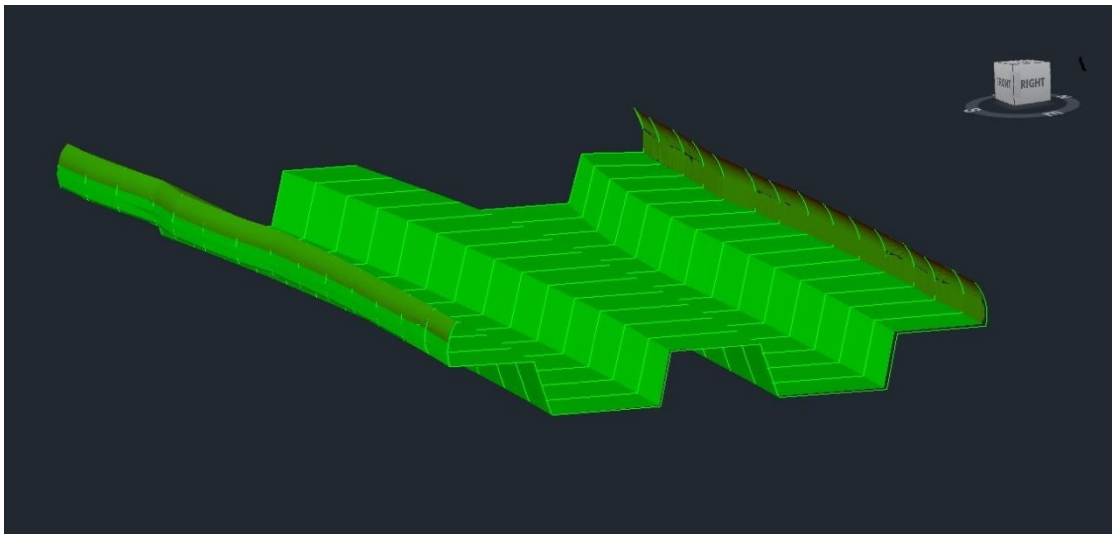
Efter framställning av all behövd information importerades den skapade subassemblyn till Civil 3D för att skapa en Assembly, sedan skapades en korridor.

För att få korridorens svängningar och breddvariationen användes då de vita 3D-polylinjer som sätts till targets, där varje linje kommer att få både Offset och Elevations från subassemblyn, se figur 18.



Figur 18 Target Mapping fönster

För att få en mjuk svängning sätts target frekvensen till 1m, senare skapades en *Surface* genom att välja dessa ytor som definierats i Subassembly Composser för att få den önskade korridoren, se Figur 19 för resultatet.



Figur 19 En korridor som var genererad från punktmolnet

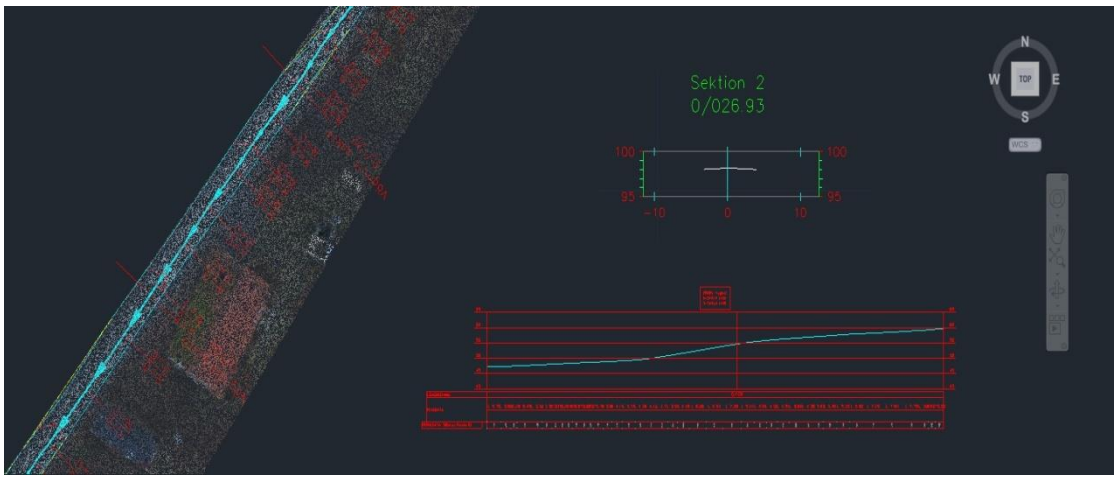
Nästa område var att jobba mot punktmolnet direkt i Autodesk Civil 3D utan att behöva skapa objekt med hjälp av Feature Extraction. Där valdes ett punktmoln av en väg som var hämtat ifrån ett annat projekt.

Punktmolnet framställdes med en UAS-SmartOne flygplan och Agisoft PhotoScan, ett ryskt bildmatchbningsprogram. Punkttätheten var dock betydligt sämre än TLS-skanning.

Efter att punktmolnet LAS-filen importerades in i Civil 3D, ritades först en *Polyline* för att välja rätt arbetsplan, senare ritades en *Feature line* på vägmitten för att kunna skapa en *Alignment*. För att göra om en *Feature Line* till en *Alignment* var det möjligt genom att först skapa en *Quick Profile* av linjen för att sedan exportera ut den till LandXML-filformat och importera in det igen.

Efter det ritades ett par *Feature Line* till för att definiera vägkanter. Sedan markerades dessa linjer och vägmitt-linjen för att generera en *Surface* från punktmolnet för att kunna skapa en *Profi*l, se Figur 20.

Den skapade profilen var endast visuell vilket krävde att en *Surface Profile* skapas genom att använda den genererade profilen som referens. På samma sätt som broöverbyggnaden användes Alignmenten, profilen och sidolinjerna för att skapa korridoren.



Figur 20 Arbeta mot punktmolnet direkt

5 Analys

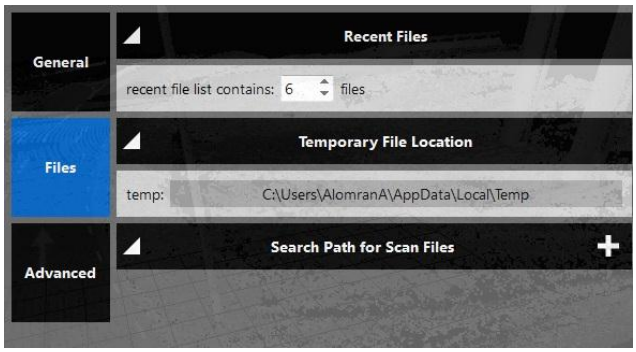
5.1 Import och informationshantering

I inledningsfasen var det enkelt att importera in punktmolnet i ReCap programmet eftersom programmet stöder olika filformat från olika tillverkare. En viktig punkt dock var att välja rätt inställningar vid indexering, eftersom det inte är möjligt att göra om det igen utan att hela arbetet måste göras om från början.

Autodesk ReCap är ett lättanvänt program som innehåller olika funktioner som är självklara för personer som jobbar med 3D-verktygen.

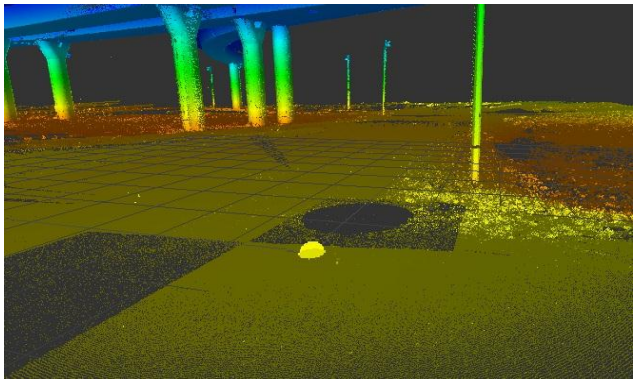
Att kunna markera olika områden med hjälp av *Plane* funktionen underlättar en del särskilt med kombinationen med olika funktioner till som finns i Autodesk ReCap. Ett upptäckt problem dock var att datorns processor inte klarar av jobbet ju mer bearbetning som sker. Lösningen till det problemet var att exportera det utförda arbete och öppna den nya filen för att börja därifrån.

Vid export upptäcktes två stora problem med programmet, första problemet var att vid exportering av utfört arbete avslutas exporteringen utan att spara något, detta kunde undvikas genom att ändra den temporära cash filen från Autodesk mappen till datorns egna, som ni kan se i Figur 21.



Figur 21 Val av C-Diskens Temporäre mappen

Det andra problemet som var mer allvarligt var att koordinaterna ändras om ett antal punkter rensas bort från punktmolnsgränserna. Lösningen till det problemet hittades genom att välja en lokal origo i filen som sätts till X=0, Y=0 och Z=0, se Figur 22. Och senare vid vidare bearbetning av punktdata i till exempel Civil 3D var det enkelt att välja de riktiga koordinaterna av den skapat origo för att kunna få punktmolnet i rätt koordinat system igen.



Figur 22 Val av en ny origo punkt

5.2 Modell skapandet

Autodesk Civil 3D hanterar punktmolnet relativt bra, punktmolns specifika verktyg kunde ha varit bättre men för skapandet av önskade objekt var det endast möjligt med hjälp av Feature Extraction plug-in. Eftersom sektioner och andra geometrier kan skapas snabbt och lätt.

Att reglera antal punkter som visas underlättar arbetet vid stora områden där antalet punkter är mer än ett par miljoner. Sektionskapandet fungerar bra, ibland genereras fel linjer vid de områden där det inte finns tillräckligt med information. Detta ställer krav på att genereringen fungerar utmärkt bara på de områden som är bra täckta.

Samma sak gäller för Primitiva geometrier, en nackdel är att i dagsläget är det möjligt att kunna generera enkla geometrier bara, vilket i projektets fall var de önskade komplexa områdena. Detta medförde att en del av dessa objekt var skapat och inte hela.

Att skapa en markmodell med hjälp av punktmoln fungerar på samma sätt som med vanliga inmäta punkter. Civil 3D klarar informationshanteringen bra men för att kunna hantera det ännu bättre var det lätt att redigera antalet punkter som användes vid skapandet av triangelmodellen.

6 Diskussion och slutsatser

6.1 Kompabilitet mellan olika programvara

Eftersom alla använda program är från en tillverkare, Autodesk, var det enkelt att anpassa de olika arbetssätten till varandra. Autodesk ReCap egen filformat, RCS, är lätt att använda i andra Autodesks program. Eftersom dessa program använder sig av samma punktmolnsmotor som ReCap använder.

En bra punkt att ta hänsyn till är att både ReCap och Civil 3D klarar indexeringen av olika format ifrån olika tillverkare vilket andra program som finns på marknaden inte gör idag.

6.2 Hantering av punktmoln

Autodesk ReCap är ett program som har funnits på marknaden i ungefär ett år och under den tiden examensarbetet utförts kom två versioner av programmet, vilket är ganska bra för en produkt som inte har funnits länge. En del funktioner fattas och andra buggar finns, men hjälp kan fås från autodesk forumet helt gratis.

Att använda ReCap idag vid stora och komplexa projekt där det är en del information som skall filtreras bör undvikas, om de personer som jobbar med informationen inte har tillräckligt med kompetens, tid eller en kraftfull dator. Oftast var det svårt att hantera filen på grund av storleken, detta kunde undvikas genom att dela upp filen i mindre delar för att sedan arbeta med varje del för sig. Annars har det fungerat bra att bara använda ReCap kombinerad med andra Autodesk program till mindre projekt.

6.3 Tillverkning av modeller

Skapandet av markmodellen fungerar på samma sätt som med vanlig inmäta punkter, annars fanns det tillräckligt med information om hur arbetssättet är under hjälp funktionen till Civil 3D. Däremot att skapa komplexa objekt till exempel pelare och liknande var det omöjligt att utföra på ett automatiserat sätt.

Autodesk erbjuder en molnbaserad tjänst, ReCap360, där det är möjligt att skapa Mesh ifrån punktmolnet, vilket betyder att möjligheterna för skapandet av komplexa objekt via mesh är möjligt.

Skapandet av broöverbyggnaden med hjälp av Feature Extraction och Subassembly Composser fungerade väldigt bra på de områden som hade punkttäthet på minst 2 punkter/cm. Skulle punktmolnsfilen sakna en del punkter kommer objektet då inte kunna skapas.

Att kunna projektera om en befintlig väg från punktmolnet sker väldigt snabbt och noggrant jämfört med traditionell mätning, speciellt när det är möjligt att kunna få väldigt många punkter för att kunna säkert och rätt skapa om vägen igen.

6.4 Användarvänlighet

Att övergå från AutoCAD till ReCap eller Civil 3D är ganska lätt för personer som är vana med att jobba med de programvarorna och 3D-vektygen. Olika personer har olika inlärningsförmåga vilket gör att önskad information bör vara tydlig innan utförandet av arbetet börjar.

Autodesk ReCap och Civil 3D innehåller redan grundfunktioner för generering av önskad information. Dessa kommer troligtvis bli ännu större i framtiden då efterfrågan kommer att öka med tiden.

Att modellera på punktmolnet fungerar till viss del idag, en del förbättringsmöjligheter finns men med dagens teknik är det lätt att koppla samman de traditionella arbetssätten mot denna teknik. Punktmolnet kan även importeras in i Autodesks andra programvaror.

6.5 Visualisering

Med hjälp av Autodesk ReCap olika funktioner är det enkelt att visa punktmolnet från olika vinklar. Dessa funktioner gör det enklare att kunna visa punktmolnsfilen och välja det område som är intressant för tillfället. Att kunna välja mellan olika skanningar som visas på skärmen gör det enklare att utföra det önskade jobbet på ett specifikt område. Ett viktigt verktyg är också att kunna ta mått direkt från punktmolnet.

RGB färger underlättar också arbetet då det blir enklare att kunna förstå vad dessa olika punkter är.

6.6 Tid och kostnader

Projekteringen skall vara vinstgivande både kostnads- och tidsmässigt därför var det viktigt att använda sig bara av Autodesk programvara eftersom dessa program redan finns inom Skanska Teknik.

Eftersom det är möjligt att kunna generera objekt i form av DWG från punktmolnet så är det också möjligt att kunna konvertera den vidare till det globala IFC (Industry Formation Classes) om det skulle behövas.

Autodesk ReCap klarar att indexera olika filformat som de flesta leverantörer av punktmolnsdata kan leverera idag. Detta ger möjligheten till att beställa olika sorts punktmoln från olika leverantörer.

En del tid försvinner vid indexering, vilket gör effektiviteten med utförandet av önskade arbetet skulle ha varit bättre om bearbetningen hade gått direkt på rådatan.

6.7 Rekommendationer till Skanska Teknik

De programvaror som Skanska Teknik använder idag är tillräckligt bra för användning av punktmolnsdata för att skapa projekteringsunderlaget. Ett par punkter skulle tas hänsyn till vid beställningen av punktmoln och dessa är Primärdatan och Metadatan.

Primärdatat bör innehålla:

- De olika filformat som kan levereras.
- Ifall önskat område är stort bör filen levereras i mindre delar som är numrerade samt en fil på den geografiska uppdelningen som tydligt visar numreringen och områdesgränserna på de olika delarna (Se bilaga 4).
- Vilket referenssystem som användes vid registreringen t.ex. SWEREF90.
- Produkttyp till exempel Ortofoto, punktmoln, 3D-terrängmodell.

Metadatan bör innehålla:

- Leveransrapport som innehåller dessa informationer:
    a. Uppställningskarta som visar placeringen på de olika kontroll- och stödpunkter.
    b. Skanner-, kamera placering och punktmolnsöverlappning.
    c. Kvalitetskontroll (före och efter bearbetningen) För exempel (Se bilaga 4).
    d. Utöver punktmolnet är det rekommenderat att leverera bilder på det skannade området.
- Krav på beställningen bör minst innehålla:
    a. Punkttäthet vid skapandet av 3D-geometerier på minst 1 punkt/cm för komplexa objekt och 1 punkt/2cm för övrigt.
    b. Punkttätheten vid skapandet av markmodellen på minst 16 punkter/m^2.
    c. Punktmolnen med verkliga färger, RGB färgat punktmoln.
    d. Kontrollpunkter i både mitten och sidorna av området.

7 Referenser

Autodesk Reality Capture (2014) *Features for ReCap*. http://www.autodesk.com /products/recap/features/recap/all/gallery-view (2014-03-13)

Lantmäteriet. (2014) *HMK–handbok i mät- och kartfrågor. Laserdata, luftburen insamling* (2014-05-19).

Reshetyuk, Y., 2009. *Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laserscanning*, Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.

Sam Pfeiffle, 2012. *What is 3D data capture?* https://www.sparpointgroup.com/what-is-3D-data-capture-form.aspx (2014-05-19).

Smartplanes (2014) *SmartOne unmanned aircraft. http://www.smartplanes.se /technical/specifications/* (2014-05-19).

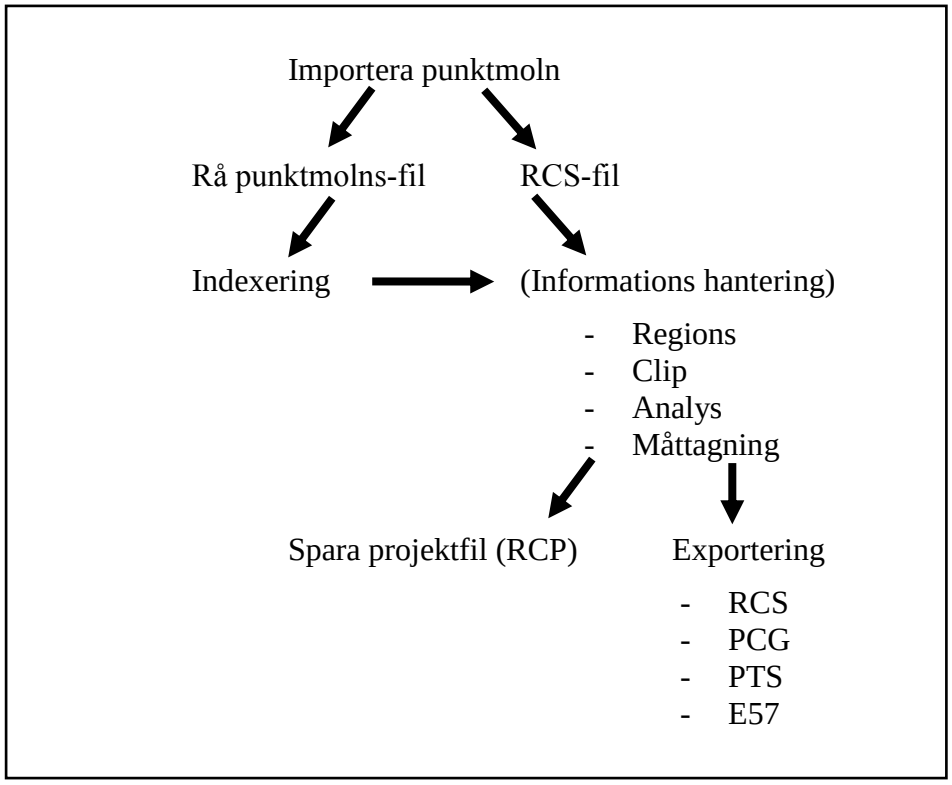
Staiger R., (2003*) Terrestrial Laserscanning – Technology, Systems and Applications*. http://www.fig.net/pub/morocco/proceedings/ts12/ts12_3_staiger.pdf (2014-05-19).

Bilagor

Bilaga 1 – Nybörjar manualen

ReCap

- ***Arbetsflöde***



- ***Import***

För att importera in en punktmolnsfil till ReCap först måste ett nytt projekt skapas genom att välja  symbolen. Senare är det möjligt att välja specifika inställningar vid importering

- ***Visualisering***

ReCap innehåller olika funktioner, Pan, Orbit, Zoom, Look och Fly, för att kunna visa punktmolnet från olika vinklar. Dessa funktioner gör det enklare att kunna visa punktmolnsfilen och välja det område som är intressant för tillfället. Att kunna välja mellan olika skanningar som visas på skärmen gör det enklare att utföra det önskade jobbet på ett specifikt område, se Figur 23.



Figur 23 Visningsverktyget

- ***Regions***

Ett punktmoln består av miljontals punkter. Systemets prestanda kan förbättras genom att inrätta skannings regioner, se figur 24.

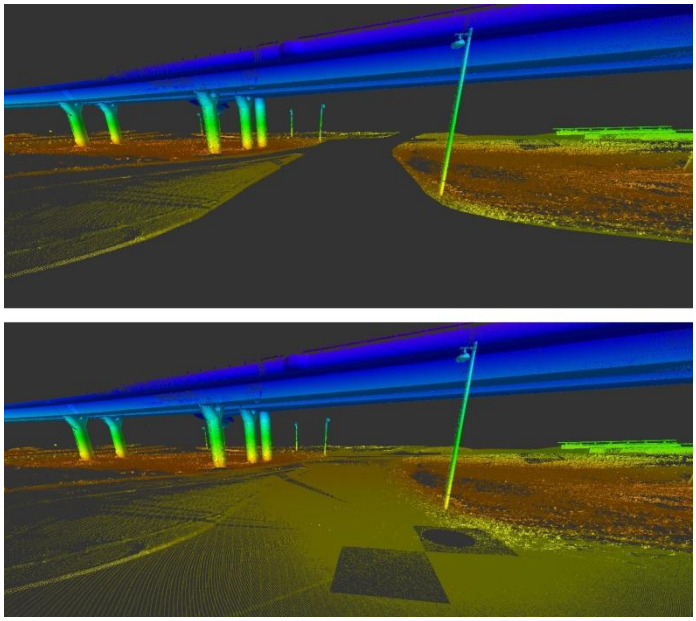
Skanningsregioner kan också hjälpa vid visualisering av befintliga konstruktioner i olika konfigurationer genom att hålla enbart de områden som du vill se påslagna.



Figur 24 Scan Regions meny

- ***Clip***

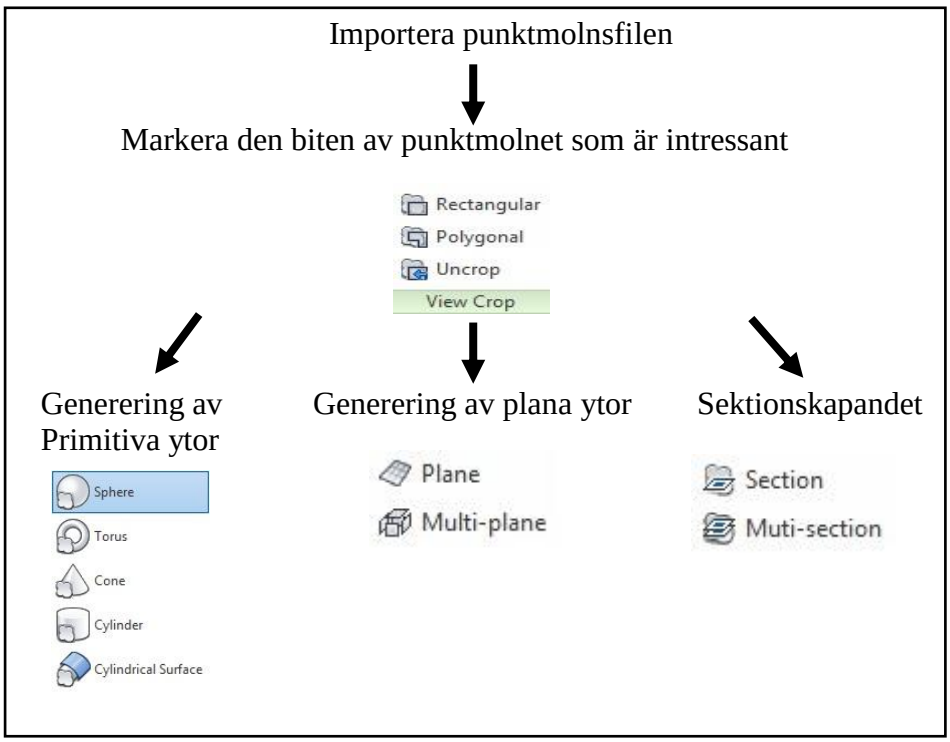
Klippningsverktyget ger ett sätt att dölja ointressanta delar av punktmolnet utan att permanent radera dessa punkter. Till exempel är det möjligt att använda klippning för att trimma bort människor och fordon som plockades upp under skanningen, se Figur 25.



Figur 25 Clip-funktionen

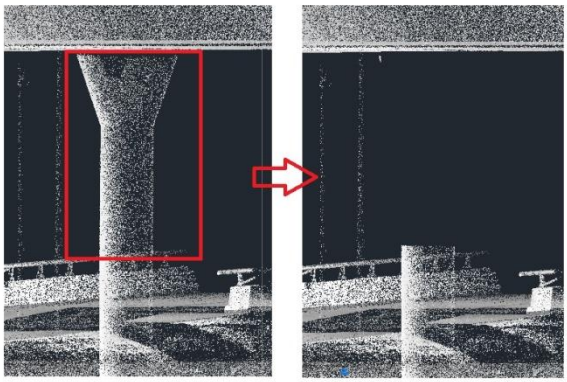
Point Cloud Feature Extraction

- ***Arbetsflöde***



- ***Crop***

Med hjälp av denna funktion är det möjligt att beskära ett punktmoln, dessa temporärt gömda punkter är antingen innanför eller utanför den angivna gränsen. Beskärningen hjälper vid isoleringen av den del av punktmolnet som innehåller de former som skall genereras.



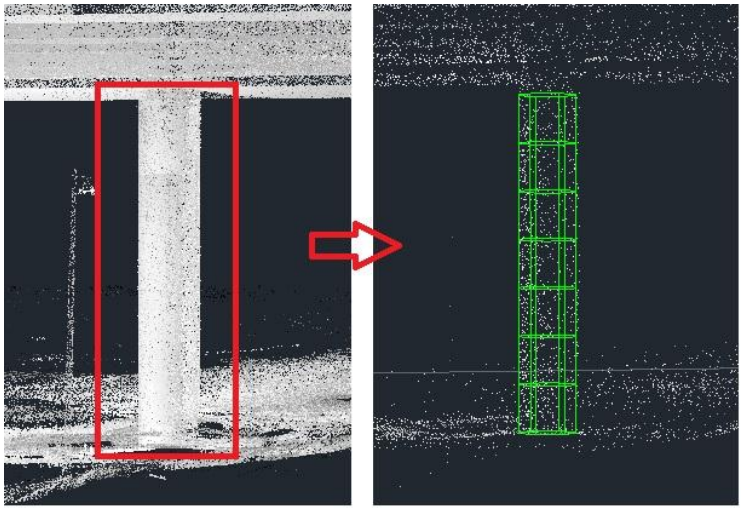
Figur 26 Crop-funktionen

Crop funktionen fungerar så här:

1. Välj *Point Cloud* fliken > *View Crop* panelen > *Rectangular*.
2. Välj ett önskat område.
3. För att välja vilka punkter skall beskäras välj en av följande:
   - I för att behålla det markerade området.
   - O för att ta bort det markerade området.

- ***Primitive Extraction & plana ytor***

Genom att generera primitiva eller 3D-geometrier, är det möjligt att skapa en geometri som ligger i linje med de funktionerna i punktmolnet. Tillgängliga former är sfär, tours, kon, cylinder, och cylindrisk yta.



Figur 27 Primitiv funktionen

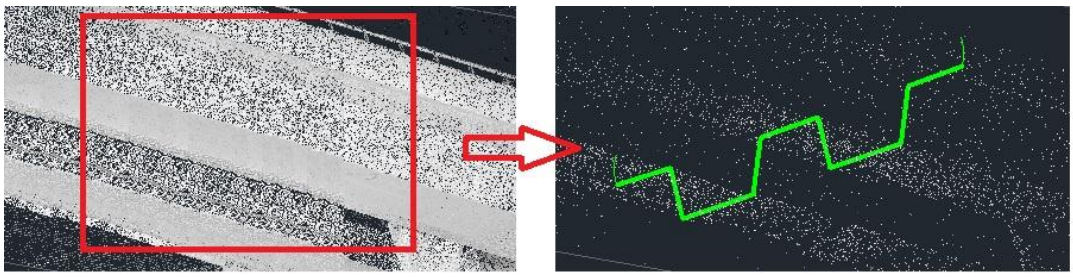
Genereringen av en primitiv form eller en yta fungerar så här:

1. Välj *Point Cloud* fliken > *Feature Extraction* Panelen > *Extract Primitive*, om det är ett primitiv som önskar, eller så väljs *Planes* om det är en plan som önskas.
2. I menyn väljs den form som vill genereras, till exempel cylinder.
3. Markera det område som innehåller den geometrin som vill genereras.
4. Klicka i området för att ange ett "bas" punkt som kommer att ligga på den geometrin som vill genereras.

- ***Sektioner***

En sektion är en horisontell eller en vertikal snitt genom en modell. För att skapa en sektion:

1. Markera punktmolnet
2. Justera för att vara vinkelrät mot det avsnitt som du vill extrahera.
3. Välj *Point Cloud* fliken > *Feature Extraction* Panelen > *Section*
4. Klicka för att ange det område som innehåller den geometri som vill genereras.
5. Inom detta område, klicka på två punkter som representerar planet för det avsnitt som vill skapas.
6. På kommando raden, Ange P (polylinje) eller S (spline).



Figur 28 Sektion-funktionen

Bilaga 2 - Frågeformulär: Mätgruppen

1. Vad brukar beställningen vara?
2. Hur långt i förväg bör beställningen göras?
3. Ställs några leveransvillkor från beställaren? I så fall vilka?
4. Hur mycket bearbetar ni själva innan ni lämnar in en produkt?
5. Vad är viktigast att tänka på vid beställningen av punktmoln?
6. Hur planeras skanningen?
7. Vilka filformat kan ni leverera?

Bilaga 3 - Frågeformulär: CAD-projektörer

1. Vilka noggrannhetskrav har ni på punktmolnet?
2. I vilket skede bestämmer ni er för att använda punktmoln? Och varför?
3. Vilka punkttätheter behövs vid skapandet av 3D-Geometrier?
4. Hur skapas 3D-Objekt utifrån punktmolnet?
5. Ställer ni krav på leverantören av punktmolnet?
6. Vilket är det mest optimala filformat?
7. Hur hanteras mängddata?

Bilaga 4 – Leveranser

Geografisk uppdelningskarta



Kvalitetskontroll

Sammanfattning

Kvalitet på punktmoln



Medelfel på punktmolnens referensmatchningar

2.1 mm

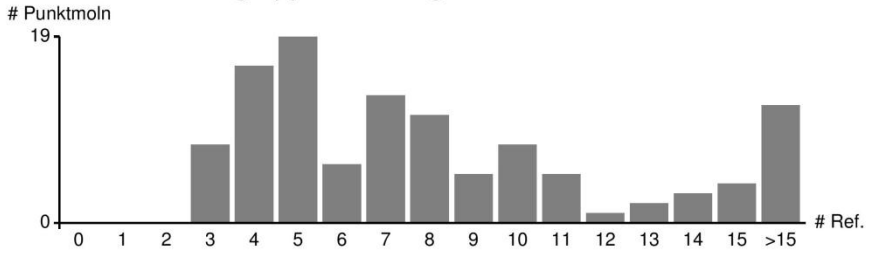
Kvalitet på referenser



Ref-typer använda vid matchning



Punktmoln grupperade enligt antal använda referenser



Totalt antal punktmoln:	113
Totalt antal referenser:	307 (23 inmätta och 284 härledda)

Skapad av TRIG AB