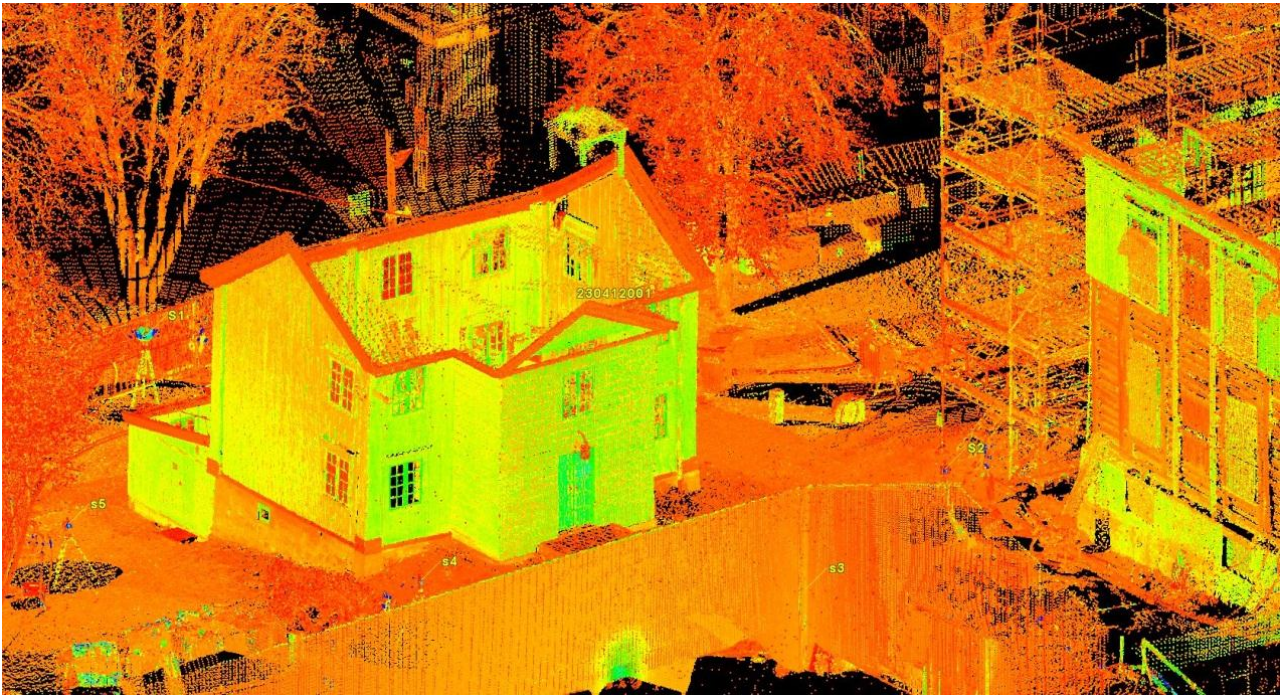


CHALMERS



Metoder för laserskanning av hus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2012
Examensarbete 2012:52

EXAMENSARBETE 2012:

Metoder för laserskanning av hus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON

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

Göteborg, 2012

Metoder för laserskanning av hus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON

© NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON, 2012

Examensarbete/Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2012:52

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

Omslag:
Sammansatt punktmoln från utförd laserskanning (Bildkälla: Skanska Norge AS)

Chalmers Reproservice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2012

Metoder för laserskanning av hus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Skanska Teknik i Göteborg känner endast till ett fåtal projekt där laserskanning använts som projekteringsunderlag. Det finns dock ett intresse av att använda laserskanning för att skapa modeller och ritningar av befintliga byggnader. I dagsläget är kunskapen mycket begränsad inom företaget och därför måste olika användningsområden och tillämpningar undersökas vidare.

Denna studie syftar till att beskriva laserskanning som metod, redogöra för vilka tillverkare och produkter som finns, vilka konsultföretag som är verksamma inom markburen laserskanning, vilka användningsområden som finns samt vad som tidigare gjorts internt inom Skanska. Slutligen presenteras rekommendationer, en checklista och ett offertunderlag för framtida projekt där laserskanning skall användas.

Avgränsningen har satts till att rapporten bara behandlar information som berör befintliga hus som står inför om- och tillbyggnad och det är endast tillverkare samt konsultföretag verksamma i Sverige som tas upp i kartläggningen. Rapporten baseras till största del på genomförda intervjuer och informationssökning via hemsidor men även studiebesök och produktdatablad ligger till grund för resultatet.

Resultatet visar på ett fåtal tillverkare och produkter som finns tillgängliga i Sverige och försäljningen av dessa är fortfarande småskalig, vilket till största del beror på de höga kostnaderna och den struktur som finns i byggbranschen. Det finns ett stort antal konsultföretag som erbjuder tjänster för laserskanning i Sverige och samtliga arbetar i hela landet samt skannar och levererar det som beställaren önskar. Internt på Skanska är kunskapen om laserskanning ytterst begränsad och det används väldigt lite inom företaget. Däremot har Skanska i Norge kommit längre och använder regelbundet laserskanning i diverse projekt.

Slutsatserna av studien visar att produkterna, konsultföretagen och laserskanningen som metod i dagsläget är tillräckligt utvecklad men det krävs en del förkunskaper och erfarenhet för att erhålla ett bra resultat. Därför rekommenderas att Skanska till en början anlitar externa konsultföretag att utföra laserskanning med stöd av det presenterade offertunderlag som tagits fram. Därefter bör detta resultat utvärderas för en eventuell fortsatt implementering av laserskanning i företaget.

Nyckelord: Laserskanning, punktmoln, användningsområden, 3D, modellering, programvaror, konsultföretag

Methods for laser scanning of houses

Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
NIKLAS ANDERSSON & VIKTOR JOHANSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Construction management
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Skanska Teknik in Gothenburg are only aware of a few existing projects where laser scanning has been used as planning documents. However, there is an interest to use laser scanning to create models and drawings of existing buildings. Today, the knowledge is very limited within the company and therefore different uses and applications have to be further investigated.

This study aims to describe laser scanning as a method, map manufacturers, available products and consulting firms operating in terrestrial laser scanning, describe different applications and what has been done within Skanska. Finally, recommendations and a requirement specification for future projects where laser scanning is used are presented.

The limitations of the report are set to only process information related to existing houses, facing renovation and extension, and only manufacturers and consulting companies based in Sweden are processed in the survey. The report is based largely on conducted interviews and information from websites, but also field trips and product brochures are used.

The results point to a few manufacturers and products available in Sweden and the sales are still on a small scale, which is mainly because of high costs and the structural features in the construction industry. There are a large number of consulting firms that offer services for laser scanning in Sweden and all of them are operating in the entire country and they scan and deliver the requested result. Within Skanska the knowledge of laser scanning is very limited and there is very little experience of laser scanning within the company. However, Skanska in Norway is more advanced and regularly use laser scanning in various projects.

The conclusion of this study shows that products, consulting firms and laser scanning as a method is today sufficiently developed but it requires some prior knowledge and experience to obtain a good result. It is therefore recommended that Skanska initially should use external consulting firms to perform laser scans with support from the requirement specification presented. Thereafter, this result should be evaluated for a possible continued implementation of laser scanning in the company.

Key words: Laser scanning, point cloud, applications, 3D modeling, software, consulting firms.

Innehåll

SAMMANDRAG	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Tidigare studier inom området	3
2 METOD	4
2.1 Litteratursökning	4
2.2 Kartläggning av tillverkare	4
2.3 Kartläggning av externa konsultföretag	4
2.4 Intervjuer med tillverkare	5
2.5 Intervjuer med externa konsultföretag	5
2.6 Kartläggning internt inom Skanska	6
2.7 Studiebesök på Skanska Survey – Norge	7
2.8 Videokonferens med SCUP	7
3 TERRESTER LASERSKANNING	8
3.1 Begrepp	8
3.2 Tekniken för laserskanning	10
3.3 Användningsområden	11
3.4 Skanningsprocessen från objekt till ritning	15
3.4.1 Etablering	15
3.4.2 Skanning	16
3.4.3 Bearbetning av data	17
3.4.4 Tillverkning av ritningar och modeller	17

4	RESULTAT AV KARTLÄGGNING	18
4.1	Tillverkare av laserskanners	18
4.1.1	Leica Geosystems	18
4.1.2	FARO	22
4.1.3	Trimble	24
4.1.4	Sammanställning av tillverkarnas produkter	26
4.2	Konsultföretag verksamma inom laserskanning	27
4.2.1	Gemensamma åsikter om laserskanning	27
4.2.2	Astacus AB	29
4.2.3	Bjerking AB	29
4.2.4	Cad-Q	29
4.2.5	COWI AB	30
4.2.6	Geocama Consulting AB	30
4.2.7	Mättjänst AB	30
4.2.8	Mätcenter	30
4.2.9	Norconsult AB	31
4.2.10	Precision Technology AB	31
4.2.11	Projektengagemang AB	31
4.2.12	SimpleWorks AB	31
4.2.13	Sweco	32
4.2.14	Teodoliten Mätteknik AB	32
4.2.15	Tyréns	32
4.2.16	WSP	32
4.2.17	Sammanställning av konsultföretag	33
4.3	Erfarenheter av laserskanning inom Skanska	35
4.3.1	Sveavägen 44 – Kontorsbyggnad i Stockholm	35
4.3.2	Skanska Survey Norge	36
4.3.3	Skanska Maskin	37
4.3.4	Skanskas centrum för utlandsprojektering - SCUP	37
5	ANALYS	39
5.1	Tillverkare av laserskanners	39
5.2	Konsultföretag verksamma inom laserskanning	40
5.3	Erfarenheter av laserskanning inom Skanska	40
6	SLUTSATSER	42
6.1	Förberedelser inför ett anbud	43
6.2	Offertunderlag	43
6.3	Reflektioner och fortsatta undersökningar	43
	KÄLLFÖRTECKNING	45
	BILAGOR	48

Förord

Detta examensarbete på 15 högskolepoäng har genomförts som en del i vår Byggingenjörutbildning på Chalmers tekniska högskola. Det har varit mycket givande då ämnet som vi behandlat varit helt nytt, både för oss och för vår uppdragsgivare. Examensarbetet är utfört på uppdrag av Skanska Teknik Göteborg, avdelning Hus & Bostad.

Först och främst skulle vi vilja rikta ett stort tack till våra handledare på Skanska, Ulf Thorell och Sofia Appelgren för deras stora engagemang och vägledning, men även till de andra medarbetarna som visat intresse för vårt arbete.

Vi vill även tacka Sven Gunnarson på Chalmers tekniska högskola, för hans synpunkter och vägledning vad gäller rapportskrivningen. Till sist tackar vi alla övriga personer som vi kommit i kontakt med under vårt examensarbete.

Göteborg maj 2012

Niklas Andersson

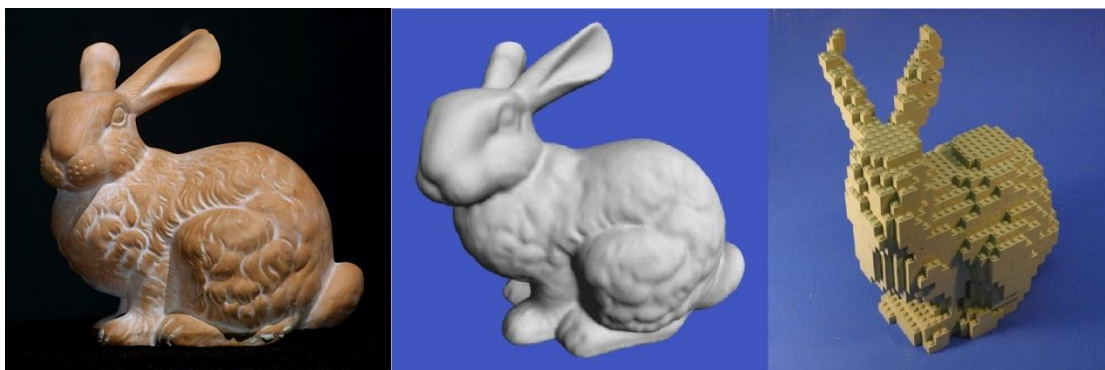
Viktor Johansson

1 Inledning

I alla typer av byggprojekt krävs insamling av olika slags information. För att fatta riktiga beslut krävs bland annat att mätningar av det aktuella objektet görs. Det kan handla om mätning av våningshöjder, rumsstorlekar, volymer, avstånd mellan bärande element, ojämnheter, sneda byggnadsdelar och andra mått som är viktiga för den fortsatta projekteringen. Traditionell mätning går ut på att göra mätningar och föra protokoll över varje enskild punkt som är av intresse. Detta sker med hjälp av till exempel tumstock, måttband, handlaser eller totalstation. Mätningarna kan vara mycket tidskrävande och ger endast en begränsad detaljrikedom, vilket kan leda till att kompletterande mätningar måste göras.

Tänk istället möjligheten att en maskin ställs upp på ett stativ, den sätts igång och några minuter senare har miljontals koordinat- och färgsatta punkter registrerats. Utifrån insamlad data kan exakta ritningar, modeller eller visualiseringar skapas, där alla synliga detaljer finns med och ingenting försummas. Detta är tanken och grundidén bakom tredimensionell laserskanning.

Tekniken bakom laserskanning har funnits i flera årtionden men det var under mitten av 1990-talet som det började användas i större utsträckning och nya användningsområden upptäcktes hela tiden. Under 1993-1994 skannade forskare vid Stanford University en porslinskanin som numera är känd som "The Stanford Bunny", se Figur 1. Kaninen skannades med hjälp av en laser från tio olika håll och utifrån insamlad data skapades en komplett 3D-modell med millimeterprecision. Modellen användes sedan för diverse tester inom området. Bland annat skapades en legomodell med skanningen som underlag (Turk, 2000).



Figur 1. The Stanford Bunny blir legomodell (Bildkälla: Turk, 2000).

Först ut att applicera tekniken med laserskanning för mer användbar tillämpning var oljeraffinaderier som hade ett behov av att kontinuerligt uppdatera ritningar över rör- och ledningsinstallationer. Även företag inom byggsektorn har de senaste åren börjat använda laserskanning och insett fler och fler fördelar med tekniken. Det är dock fortfarande relativt nytt och har inte slagit igenom fullt ut i branschen, ännu.

1.1 Bakgrund

Skanska Sverige AB har endast haft ett fåtal projekt där laserskanning använts som projekteringsunderlag. I och med att projekt som inkluderar BIM (Building Information Management/Modeling) blir allt vanligare finns nu tankar på att använda laserskanning för att skapa modeller av befintliga byggnader. I dagsläget är kunskapen begränsad inom företaget och användningsområdena och tillämpningarna med tekniken måste undersökas vidare. Önskan finns att i ett tidigt skede följa med i utvecklingen på området då laserskanning förmodligen kommer bli en allt större del av projekteringen inom en snar framtid. För att reda ut oklarheter om hur laserskanning fungerar, användningsområdena kring det, möjligheter och eventuella utmaningar med tekniken, vill Skanska skaffa information om hur de på lämpligaste sätt skall utnyttja tekniken. Studien görs för att underlätta beslutsfattande och förbereda inför fortsatta undersökningar inom området.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att undersöka olika möjligheter att tillämpa laserskanning på befintliga byggnader som står inför om- och tillbyggnad. Undersökningen görs genom att i huvudsak besvara följande frågor:

- Hur går laserskanning till och hur kan tekniken användas vid projektering?
- Vilka företag tillverkar laserskannare och vilka programvaror tillhandahåller de för bearbetning av scan-data?
- Vilka externa konsultföretag erbjuder tjänster inom laserskanning och hur arbetar de med laserskanning?
- Finns det några befintliga projekt inom Skanska idag där laserskanning använts och vilka är erfarenheterna internt?

Dessa frågor besvaras för att till slut leda fram till rekommendationer för hur Skanska Teknik – Hus & Bostad kan använda laserskanning i sin verksamhet. Som en del av rekommendationerna kommer någon form av checklista och ett offertunderlag att presenteras.

1.3 Avgränsningar

Eftersom laserskanning har många olika tillämpningsområden har avgränsningen gjorts vid laserskanning av befintliga byggnader inför om- och tillbyggnad. Vad gäller kartläggning av de olika tillverkarna har avgränsningen satts till tillverkare som har försäljning i Sverige, antingen direkt eller genom återförsäljare. Vad gäller konsultföretag har kontakt tagits med företag som erbjuder markburen laserskanning av hus, och inte de som endast utför bil- och flygburen skanning av vägnät, vegetation och topografi. Huruvida laserskanning är kostnadsmässigt fördelaktigt eller inte tas inte heller upp i undersökningen. För detta krävs en kostnadskalkylering av ett riktigt projekt, vilket inte gjorts.

1.4 Tidigare studier inom området

De flesta tidigare studier är tekniskt inriktade och innefattar ämnen såsom infallsvinkelns påverkan på resultatet, kalibrering och modellnoggrannhet vid mätning med olika typer av skanners.

En relevant studie är Lundbergs examensarbete från KTH där en jämförelse av totalstationsmätning och laserskanning vid fastighetsdokumentation har gjorts. 2D-ritningar har framställts och jämförts med avseende på tidsåtgång, noggrannhet och kostnad. Studien påvisar endast små skillnader vad gäller tidsåtgång och noggrannhet men en relativt stor skillnad vad gäller kostnad och att detta beror på att en laserskanner är väldigt dyr jämfört med en totalstation. Det diskuteras även en del om att kostnad och tidsåtgång för ritningsframställning inte behöver vara proportionell mot projektets storlek och därför kan laserskanning vara fördelaktigt vid större projekt. När det gäller 3D-modellering borde laserskanning vara att föredra framför mätning med totalstation (Lundberg, 2009).

Ett annat intressant examensarbete är utfört vid Uppsala universitet av Kvist och Persson. Det behandlar användningen av scan-data från en laserskanning. De konstaterar att det är den enorma datamängden som är det största hindret vid laserskanning idag. Det krävs bra programvaror och kraftfulla datorer. De skriver vidare att det är stor skillnad mellan hur väl olika programvaror klarar av att hantera mycket scan-data. Dessutom fastställs att många av programvarorna är väldigt dyra och att det kan vara svårt att övertyga en aktör om att laserskanning kan bidra till minskade kostnader (Kvist & Persson, 2010).

2 Metod

Inom området för laserskanning finns det ytterst lite litteratur. För att kort beskriva hur laserskanning fungerar används främst tidigare studier i form av avhandlingar, examensarbeten och undersökningar som gjorts av tekniken. För att kartlägga tillverkare och konsulter har ett stort antal intervjuer genomförts, men även produktblad och information från hemsidor har använts. Interna intervjuer och samtal har förts på Skanska för att få en bild av deras erfarenheter av tekniken.

2.1 Litteratursökning

Det finns endast ett fåtal rapporter om ämnet och det enda som finns skrivet om tekniken för laserskanning är i form av tidigare arbeten och studier. De flesta av tidigare examensarbeten har varit mer tekniskt inriktade. De behandlar allt från infallsvinkelns påverkan på resultatet till skillnaden mellan olika programvarors bearbetning av scan-data. Vi har därför endast sorterat ut relevant information ur tidigare studier och rapporter.

2.2 Kartläggning av tillverkare

För att hitta och kartlägga tillverkare har sökningar gjorts på internet. När det gäller tillverkarna har det ofta varit svårt att hitta svenska webplatser och tyvärr är informationen om just laserskanning ganska begränsad då detta oftast är en liten del av deras sammantagna verksamhetsområde. Internet har i första hand använts till att samla information om företagen i sig, samt lite mer ingående beskrivningar av de olika programvaror som krävs för att få en fullständig modell att arbeta med. Vad de olika skanningsutrustningarna har för tekniska egenskaper i form av räckvidd, skanningskapacitet (punkter/sekund), fysiska mått, täthetsklass, arbetstemperatur och liknande information har i första hand hämtats från produktdatablad och tekniska specifikationer. Alla publikationer av detta slag är en form av reklam från tillverkarens sida och bör läsas kritiskt, eftersom allt som anges i ett produktdatablad är resultat från gynnsamma förhållanden.

2.3 Kartläggning av externa konsultföretag

Även när det gäller information om externa konsultföretag är internet och hemsidor en relativt begränsad källa. Informationen som finns är oftast bara i form av en liten notis om att de erbjuder tjänster för laserskanning. Så i detta fall har internet använts främst för att sortera ut vilka konsultföretag som är intressanta för detta examensarbete och därefter söka kontaktpersoner på företagen som arbetar med laserskanning och har mer kunskap inom området.

2.4 Intervjuer med tillverkare

För att kunna kartlägga och undersöka skillnader och likheter mellan de olika typerna av skanningsutrustning och tillverkare har vi genomfört både telefon- och personliga intervjuer. Av de tre tillverkarna vi valde att genomföra intervjuer med är det endast Leica Geosystems AB som har egen försäljning, service och support i Sverige. De övriga två, FARO och Trimble, har ingen egen verksamhet i Sverige utan all kontakt har här skett genom deras svenska återförsäljare. I FAROs fall sker all kontakt via teknikkonsulten ATS AB som har sitt kontor i Göteborg. Trimble sköter sin svenska distribution genom Geograf Sverige AB samt Trimtec AB. Vi har under vår kartläggning endast haft kontakt med Geograf Sverige AB, som har södra Sverige som sitt verksamhetsområde. Frågorna har dock besvarats tillsammans med systerföretaget Trimtec AB som har Stockholm och norrut som sitt område.

Frågorna som har ställts har i första hand haft produktrelaterad samt affärsmässig karaktär. De produktrelaterade frågor som ställts innefattar vilka modeller de erbjuder, vilka programvaror som är nödvändiga, hur service och avtal ser ut samt vilka kostnaderna är. Frågor av mer säljande karaktär har tagit upp saker såsom varför just deras skanner skall väljas före någon annan på marknaden, vilka deras starkaste säljargument är, hur de ser på utvecklingen inom området och vad de tror är nästa stora framsteg inom laserskanning.

Se *Bilaga 1* för fullständigt frågeformulär.

2.5 Intervjuer med externa konsultföretag

För att på ett rättvist och relevant sätt kunna jämföra de olika företagens tjänster inom laserskanning har ett frågeformulär med ett 20-tal frågor utformats, som rör det aktuella företagens verksamhet inom området laserskanning. Samtalen inleddes alltid med att berätta bakgrunden till examensarbetet och det har tydligt framgått att företagen kommer att nämnas i rapporten. Frågorna är ställda så neutralt som möjligt och målet har varit att undvika riktade frågor. Däremot försöker företagen sälja sina tjänster vilket ger en tendens till vinklade svar för att framhäva företagets styrkor och inte avslöja för mycket om hur de arbetar. Detta faktum tas i beaktning och resultatet skall därför granskas kritiskt.

Vissa konsultföretag tar internt hand om hela processen från skanning till färdiga ritningar, medan andra konsulter endast erbjuder ritningstillverkning eller enbart själva skanningen. Frågorna som ställs är utformade på så sätt att de som hanterar hela processen får fler frågor som berör allt inom verksamheten. För konsultföretag som endast utför vissa delar av processen har enbart aktuella frågor valts ut.

Frågorna som ställts till konsultföretagen har haft följande karaktär:
(Se *Bilaga 2* för fullständigt frågeformulär)

- Vilken typ av utrustning de använder.
- Om konsulterna själva utför allt arbete eller om de i sin tur anlitar externa företag.
- Hur länge de varit verksamma inom området och vilken kompetens som finns inom företaget.
- Vilka typer av skanningar de gör och inom vilket geografiskt område.

Utöver ovan nämnda specifika frågor har företagen även fått frågor som rör deras syn på tekniken och varför Skanska skall välja laserskanning framför traditionell mätning. Andra frågor rör eventuella svårigheter med laserskanning, hur de ser på framtida utvecklingen inom området och vad de har för krav på beställaren.

Konsultföretagen har i vissa fall inte velat dela med sig av information rörande kostnadsuppgifter och externa samarbetspartners. Frågor som rör priser för laserskanning och modellerande var svårt att få svar på då det varierar från projekt till projekt. Förutsättningarna är olika beroende på vad beställaren vill ha för typ av ritningar och modeller i det aktuella projektet. En del konsulter har valt att få frågorna skickade till sig för att sedan maila tillbaka svaren, vilket förmodligen ger mindre spontana svar på frågorna eftersom de kan fundera länge över frågorna och anpassa sina svar. I samtliga fall har telefonintervjuer eller personliga möten anordnats. Under arbetets gång har det dykt upp fler och fler konsultföretag, stora välkända företag så väl som mindre kända företag. Trots påtryckningar har inte alla konsultföretag lämnat svar på frågorna och de kommer därför endast att beskrivas kortfattat.

2.6 Kartläggning internt inom Skanska

Som tidigare nämnts är kunskapen om laserskanning ytterst begränsad inom Skanska. Det finns ett projekt där laserskanning har använts och det är vid ombyggnaden av en kontorsbyggnad om 40 000 kvadratmeter på Sveavägen 44 i Stockholm.

Inblandade personer har tillfrågats angående det aktuella projektet för att få en uppfattning av synpunkter och erfarenheter. Inget frågeformulär har använts utan allmänna diskussioner har förts om projektet, vad som upplevts som positivt, om det funnits något problematiskt med skanningen, vilket externt konsultföretag som använts och vad scan-datan skall utnyttjas till.

Utöver detta har kontakt tagits med diverse avdelningschefer, projektledare och mättekniker inom Skanska Direkt (ombyggnad) och landets olika Hus- och bostadsavdelningar. För att ytterligare kartlägga erfarenheterna inom Skanska Sverige har kontakt tagits med personal inom väg- och anläggning. De har i vissa fall hänvisat till andra personer som de trott skulle kunna ha varit inblandade i projekt där laserskanning använts varför även dessa personer har tillfrågats.

Inom Skanska finns avdelningen Skanska Maskin som sköter uthyrning av utrustning som behövs vid olika projekt. Avdelningen har kontaktats för att undersöka om de varit i kontakt med laserskanning, antingen från projektledare eller utifrån av säljare.

Skanska Survey i Norge har under en tid använt sig av laserskanning och med anledning av detta har vi varit i kontakt med mättekniker i Norge som är verksamma inom detta. För att ytterligare bilda oss en uppfattning om positiva och negativa aspekter med laserskanning har vi låtit dem berätta på vilket sätt de använder laserskanning, vilka typer av projekt de skannar och om de känner att detta har gett ett mervärde för Skanskas projektering.

2.7 Studiebesök på Skanska Survey – Norge

Skanska Norge har kommit längre inom området och har idag två skanners. För att få en fördjupad förståelse och på ett enkelt sätt redogöra för hur själva skanningen ute i fält går till har vi därför gjort ett studiebesök på avdelningen Skanska Survey i Oslo och deltagit vid en skanning. Byggnaden som skannades var ett litet hus från sent 1700-tal och det var en del av ett större renoveringsprojekt. Syftet med att laserskanna detta hus var att få underlag för framställning av enklare 2D-ritningar till arkitekten samtidigt som de ville ha scan-datan som kontroll under renoveringen. Byggnaden skulle lyftas bort i sin helhet för att möjliggöra renovering av grundmuren och sedan lyftas tillbaka och återställas i ursprungligt skick.

Personalen på Skanska Survey tillfrågades också angående hur de arbetar med laserskanning och vilka för- och nackdelar de ser med mätmetoden.

2.8 Videokonferens med SCUP

Skanskas centrum för utlandsprojektering, SCUP, är en organisation som bildades 2006. Vid kontoret i Pune, Indien, görs bland annat byggritningar till hus, vägar, broar och andra projekt. Organisationen har en del erfarenhet av modellering utifrån scan-data, dels från interna projekt inom Skanska men även en del uppdrag från externa beställare.

Under videokonferensen hölls en allmän diskussion med ansvariga på SCUP, kring deras syn på laserskanning och hur de arbetar med modellering. Frågorna som togs upp behandlade bland annat vilka typer av projekt de modellerat åt Skanska, vilka olika CAD-program de arbetar i, vad de levererar och vad de ser för möjligheter och svårigheter med laserskanning.

Se *Bilaga 3* för fullständigt frågeformulär.

3 Terrester laserskanning

Markburen laserskanning, det vill säga terrester laserskanning, TLS, bygger på några olika tekniker som på mycket kort tid samlar in en stor mängd tredimensionell information, i form av koordinatbestämda punkter. Traditionell mätning med exempelvis totalstation ger endast en begränsad mängd information och är mycket tidskrävande och i längden kostsam. En laserskanner samlar in mängder med mätdata och utför en komplett inmätning av ett rum, inom loppet av några minuter. Tusentals, ibland hundratusentals, laserpulser skickas varje sekund (Lichti, et al., 2002). Varje laserpuls resulterar i en punkt som är koordinatbestämd i tre dimensioner, varje punkt ges alltså en X-, Y- och en Z-koordinat (Berg & Hermansson, 2009).

3.1 Begrepp

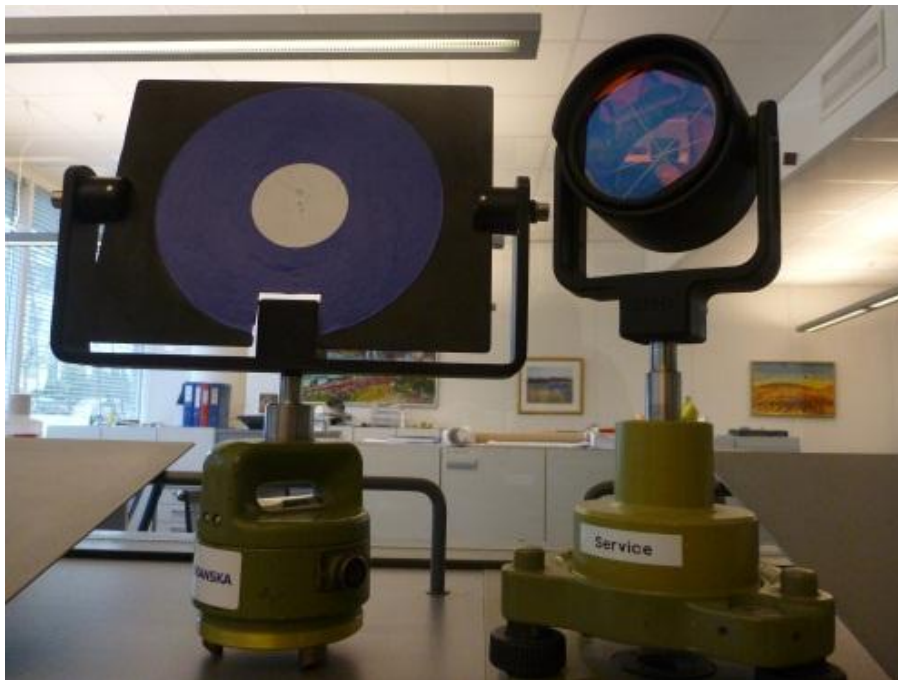
Punktmoln: Varje laserpuls som skickas iväg och återvänder resulterar i en punkt. Det stora antalet koordinatbestämda punkter som en laserskanner registrerar bildar tillsammans en stor punktsvärm som enskild kan vara svårtolkad. Då en laserskanner endast registrerar det som är synligt från aktuell uppställningsplats är det oftast nödvändigt att ha flera uppställningsplatser. De olika uppställningarna resulterar tillsammans i en stor mängd data, i form av spridda punktersvärmar. När informationen från de olika uppställningarna sammanfogas skapas ett fullständigt s.k. punktmoln (Figur 2), som kan kopplas till valt referenssystem, antingen globalt, nationellt eller lokalt (Reshetyuk, 2009).



Figur 2. Sammanfogat punktmoln (Bildkälla: Skanska Norge AS)

Integrerad digitalkamera: Som ett komplement till lasertekniken har de flesta av dagens nya skanners även en inbyggd digitalkamera. Efter att själva skanningen är klar roterar skannern ett varv till och fotograferar området som just har mätts in. Informationen i fotografierna används sedan för att ge varje punkt en korrekt färg för att i första hand underlätta visualiseringen av punktmolnet.

Måltavlor och prisma: En måltavla utgörs till exempel av en sfär eller en slät målbild (Figur 3) och används för att lokalisera och sammanfoga de olika punktmolnen. Ett prisma består av flertalet speglar som bryter ljus och reflekterar laserpulsen väl. Prismet används vid den initiala etableringen av laserskannern (Reshetyuk, 2009).



Figur 3. En typ av måltavla samt prisma (Bildkälla: Skanska Norge AS)

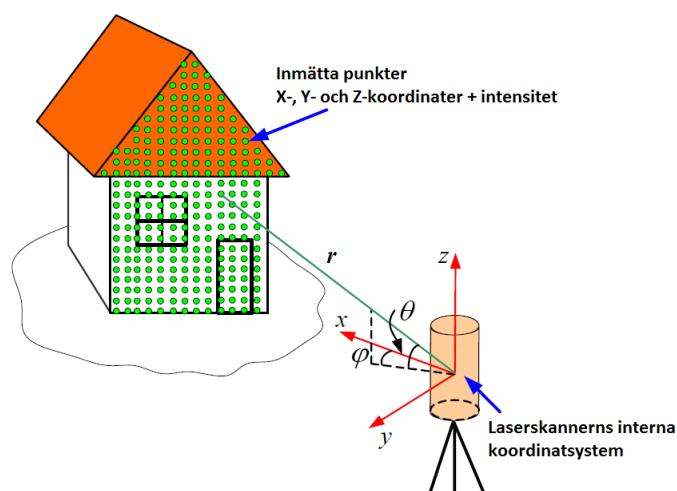
Pulsteknik: Denna typ av mätning bygger på ”time of flight”-teknik, där avståndet mellan skannern och den reflekterande ytan beräknas genom att mäta tiden för en reflekterad laserpuls. Utifrån avstånd och vinklar bestäms koordinaterna för varje specifik punkt.

Fasförskjutningsteknik: Den utsända laserstrålen moduleras som en sinusvåg, och avståndet till ett objekt bestäms utifrån fasförskjutningen mellan utsänd respektive reflekterad stråle. På grund av mer avancerad analysteknik är denna metod mer noggrann jämfört med pulstekniken, men har även en begränsad räckvidd (Boehler & Marbs, 2002).

Reflektivitet: Material, färg, ytans jämnhet och laserstrålens infallsvinkel på objektet påverkar hur väl laserstrålen reflekteras. Detta kallas för ett objekts reflektivitet. På längre avstånd krävs bättre reflektivitet för att få ett korrekt resultat. Reflektiviteten mot olika färger kan i grova drag sättas till 90 % för en vit yta, 35 % för en grå yta och 15 % för en svart yta. Då infallsvinkeln ökar försämras reflektiviteten. Detta begrepp används ofta i samband med produktspecifikationer, där det angivits på vilka avstånd en skanner kan användas beroende på reflektivitet.

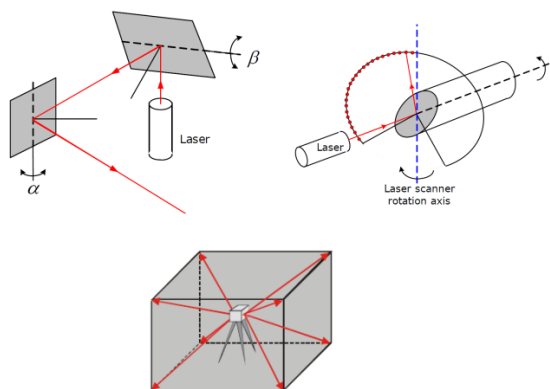
3.2 Tekniken för laserskanning

Grunden för markburen laserskanning är att en laserstråle av en viss våglängd skickas från skannern med minst två kända parametrar, en horisontalvinkel (φ) och en vertikalvinkel (θ), se Figur 4. Då laserpulsens träffar en yta reflekteras en del av pulsen tillbaka mot skannern. Med hjälp av flera olika metoder, bland annat puls- och fasskillnadsmetoden, kan avståndet (r) bestämmas. Principen bakom laserskanning är densamma som vid mätning med den typen av totalstation som inte kräver reflexer och prismor. Skillnaden är att en laserskanner mäter och registrerar tusentals punkter varje sekund. Många skanners lagrar även en fjärde parameter, intensiteten d.v.s. hur kraftig reflektion varje puls ger, vilket kan ge ett punktmoln olika intensitetsfärger i form av rött, grönt och gult, som förbättrar förståelsen för materialskillnader.



Figur 4. En laserskanner registrerar olika parametrar
(Bildkälla: Reshetyuk, 2009)

För att åstadkomma en sfärisk bild är skannern utrustad med antingen roterande eller oscillerande speglar, se Figur 5. Det är antingen en eller två speglar och beroende på skanner finns det olika metoder att rikta laserstrålen och skapa en panoramavy (Reshetyuk, 2009).



Figur 5. Roterande eller oscillerande speglar skapar en panoramavy
(Bildkälla: Reshetyuk, 2009)

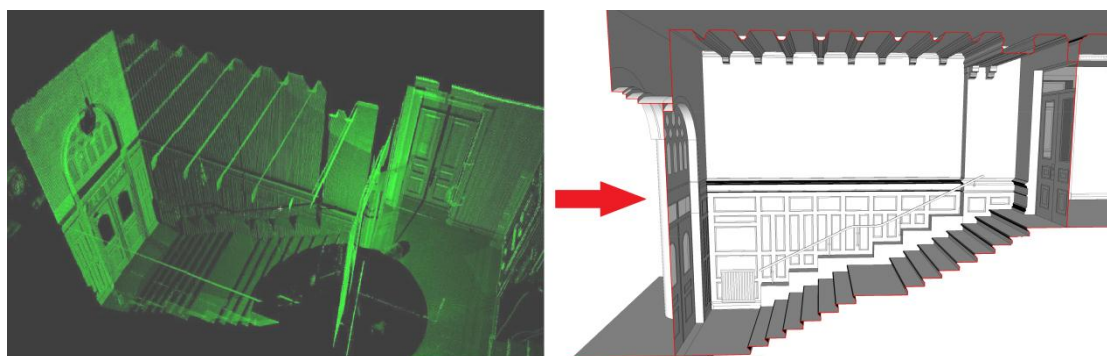
3.3 Användningsområden

Användningsområdena för laserskanning är väldigt många inom bygg- och anläggningsbranschen. Oftast är det vid så kallad ”reverse engineering” som tekniken kommer väl till pass, vilket innebär att ett objekt återskapas för kontroller av olika slag. En laserskanner mäter in det som syns med ögat och det är därför endast möjligt att skanna av frilagda stommar, bjälklag och takstolar. I övriga fall krävs kännedom om hur de olika byggnadsdelarna är utformade, sett till olika lager och skikt. Om behovet av en 3D-modell av en befintlig fastighet finns är laserskanning mycket användbart. Det vanligaste är att tekniken används vid om- och tillbyggnadsprojekt då önskemål om 3D-projektering finns. Nedan följer några lämpliga användningsområden för laserskanning inom detta område:

- Upprättande av relationshandlingar för jämförelse mot tidigare underlag.
- Dokumentation inför rivnings- och restaureringsarbeten.
- Underlag för framtida drift- och underhållsplaner.
- Underlag för om- och tillbyggander för att lätt lokalisera anslutningspunkter.
- Mätningar i svåråtkomliga och farliga miljöer.
- Deformationsmätningar av befintlig fastighet.
- Dokumentation av installationssystem för framtida kollisionskontroller.
- Volym- och optimeringsberäkningar.
- Visualiseringar (Reshetyuk, 2009).

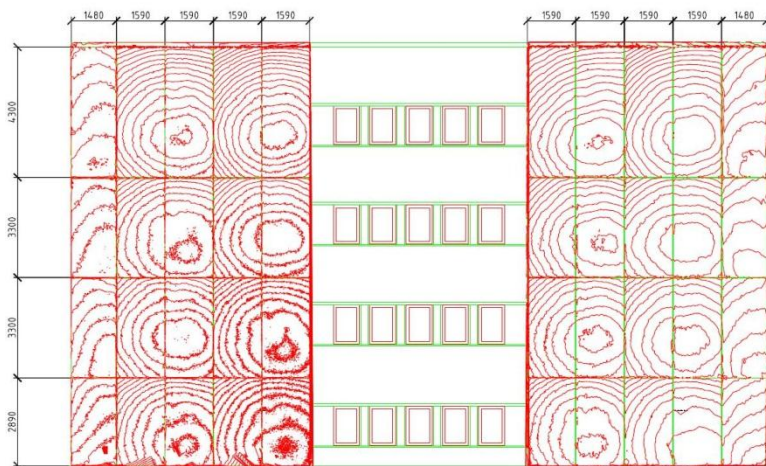
För att exemplifiera några av de ovanstående punkterna följer här bilder från befintliga projekt och förklarande text för att visa hur laserskanning kan tillämpas:

Utifrån endast en uppställning av skannern fås här tillräckligt med scan-data för att skapa en 3D-modell av ett trapphus, se Figur 6. I ovanstående fall används underlaget för bland annat placering av postfack.



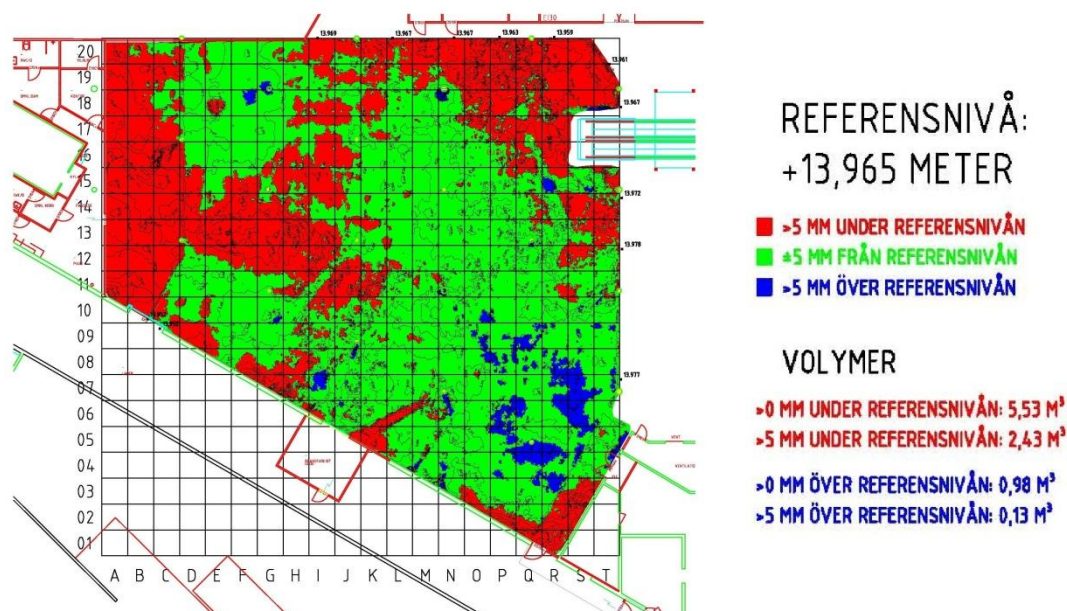
Figur 6. Punktmoln och 3D-modell av trapphus i flerbostadshus
(Bildkälla: Projektengagemang)

Efter en utvändig skanning av en fasad kan information om deformationer i fasadskivorna tas fram (Figur 7) och visualiseras med hjälp av höjdkurvor som visar toppar och dalar i ytan, som kan vara till nytta vid fasadrenoveringar.



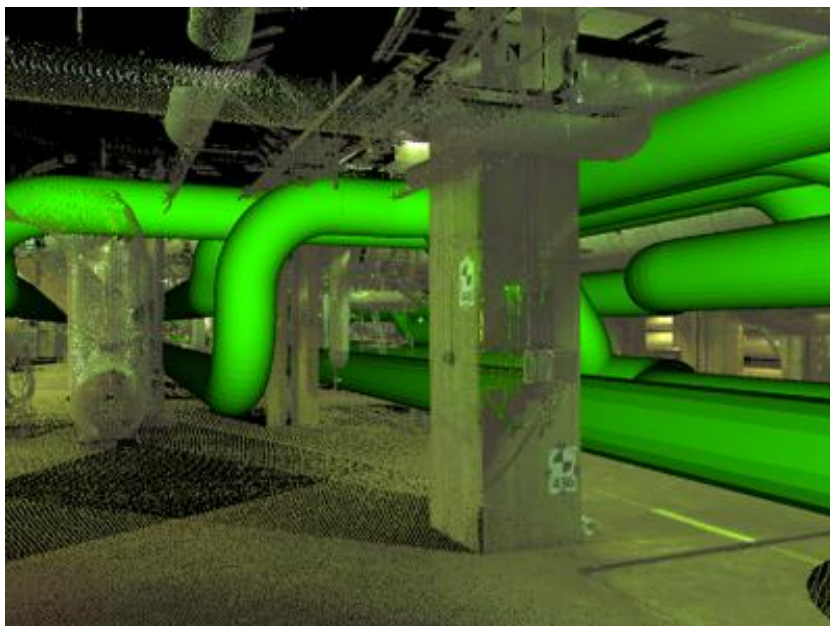
Figur 7. Deformationer i fasadskivor (Bildkälla: Projektengagemang)

Ur en invändig skanning kan nivåerna på ett golv (Figur 8) hämtats för att skapa en tydlig bild över vilka områden som behöver slipas (blå), flytspacklas (röd) och lämnas orörda (grön). Med detta underlag effektiviseras och optimeras planering samt beräkningar av tids- och materialåtgång.



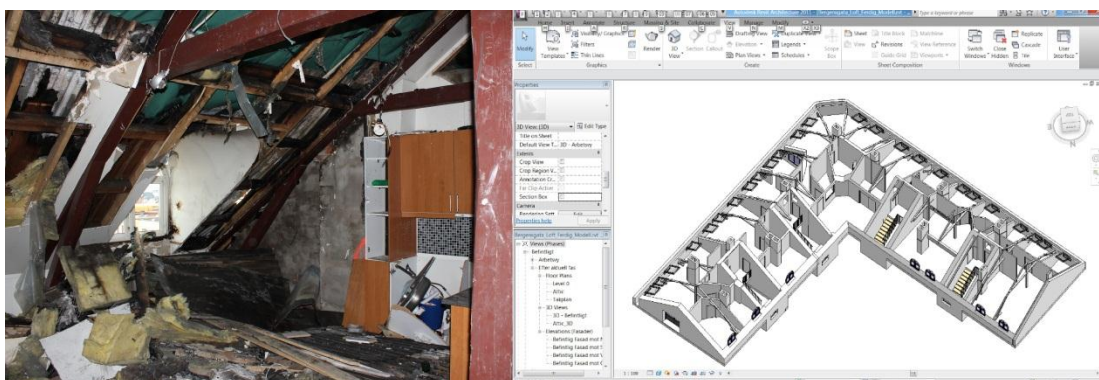
Figur 8. Nivåskillnader på golv (Bildkälla: Projektengagemang)

Efter skanning av befintliga rör och ventilationskanaler kan ny rördragning göras direkt i scan-datan, (Figur 9) för att i ett tidigt skede upptäcka och undvika kollisioner. Utöver detta kan monterings- och demoneringsföljden studeras vilket leder till enklare underhållsarbeten.



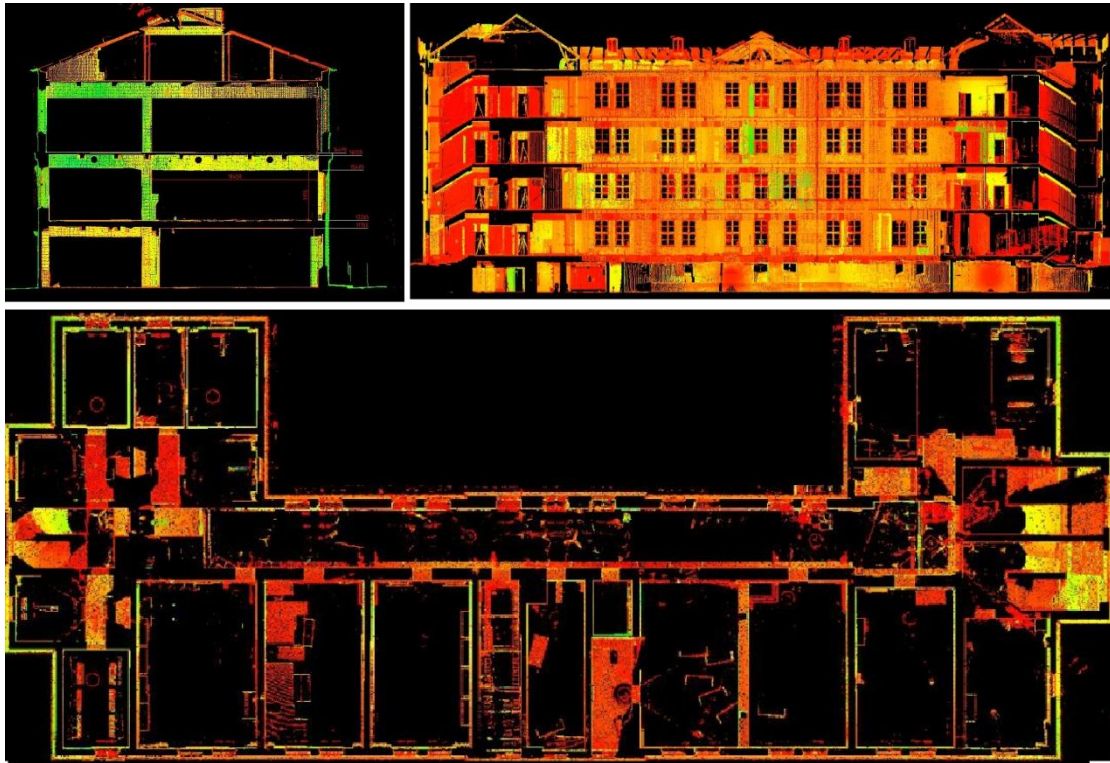
Figur 9. Kollisionskontroll av nya och gamla rör (Bildkälla: SimpleWorks AB)

Efter en brand på vindsvåningen i ett bostadshus skannades utrymmet invändigt för att användas som underlag till en 3D-modell i Revit, se Figur 10. Modellen visar bärande väggar och pelare samt trapphus och fönster och kan användas för återuppbyggnad av lägenheterna.



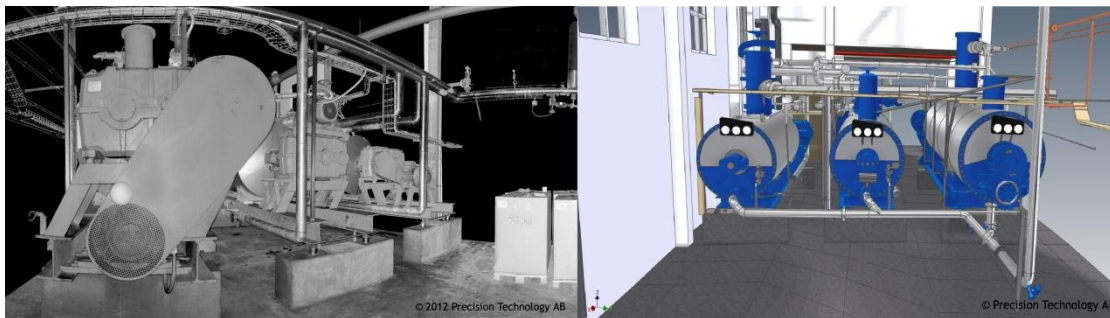
Figur 10. Invändig skanning resulterar i en 3D-modell i Revit (Bildkälla: Skanska Norge AS)

När ett större antal uppställningar gjorts, både in- och utvändigt, kan en komplett modell skapas, se Figur 11. Modellen kan beskäras efter önskemål och användas för skapande av t.ex. sektions-, fasad- och planritningar.



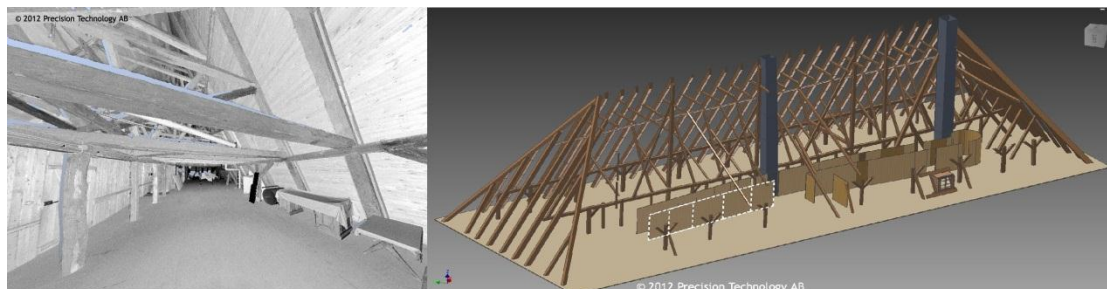
Figur 11. Utifrån ovanstående underlag kan olika typer av 2D-ritningar skapas (Bildkälla: Projektengagemang)

Vid inpassning av nya installationer kan laserskanning utföras för att kontrollera fundament och anslutningspunkter. Figur 12 visar ett punktmoln men även en 3D-modell över utrymmet vilket underlättar projekteringen.



Figur 12. Underlag för installationsbyte i fabrikslokal (Bildkälla: Precision Technology AB)

Byggnader med kulturellt värde kan med fördel dokumenteras med hjälp av laserskanning, för att efter till exempel en brand kunna återställas till tidigare utseende, se Figur 13. Speciellt vid komplicerade konstruktioner där originalritningar saknas kan laserskanning ligga till grund för en komplett modell.



Figur 13. Vind på ett slott med ytterst komplicerad takkonstruktion (Bildkälla: Precision Technology AB)

Utöver ovan nämnda exempel finns det, inom byggsektorn, många andra tillämpningsområden för laserskanning. I stort sett all mätning som annars görs med traditionella metoder kan ersättas med laserskanning.

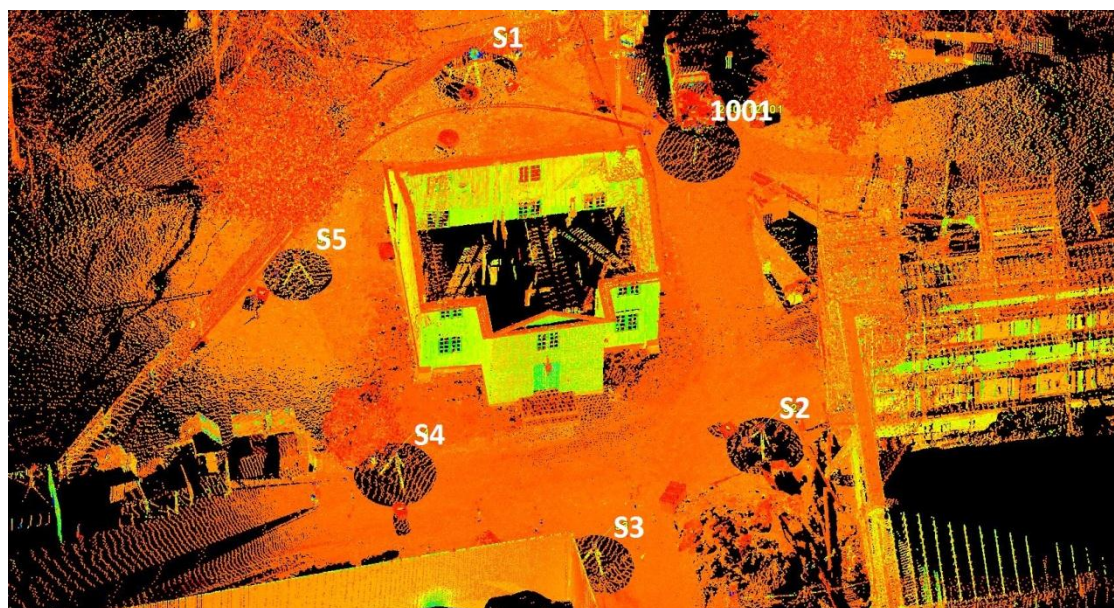
3.4 Skanningsprocessen från objekt till ritning

När ett objekt laserskannas är det en rad olika steg som måste genomföras för att i slutändan få en användbar modell som kan användas vid projektering. Arbetsgången för detta kan förenklat delas in i fyra steg: etablering av laserskanner, skanning, bearbetning av data och tillverkning av ritningar och modeller.

Beroende på vilken typ av laserskanner som används och vem som utför skanningen finns det en del olika tillvägagångssätt för de olika stegen. Under ett studiebesök hos Skanska Survey i Norge, skannades ett 1700-tals hus som skulle lyftas bort för restaurering av grundmuren. Huset skulle sedan lyftas tillbaka till samma position i tidigare skick. För detta utfördes en utvändigt skanning med en Leica ScanStation C10 (se kapitel 4.1.1 för ytterligare beskrivning) och i kommande kapitel beskrivs arbetsgången vid just detta projekt och baseras på information från ansvarig mättekniker vid projektet, samt egna erfarenheter.

3.4.1 Etablering

Det första som måste göras är att lokalisera skanningen i ett känt referenssystem, antingen i ett nationellt koordinatsystem eller i byggplatsens egna koordinatsystem. Vid skanningen i Norge hade tre prismor, med hjälp av en GPS, mätts in i terrängen vid ett tidigare tillfälle och dessa låg sedan till grund för etableringen. En totalstation etableras, med hjälp av dessa prismor, vid skannerns första position 1001, se Figur 14. Härifrån mäts skannerns tänkta andra-, S2, och slutposition, S1, in med hjälp av prismor på stativ. Dessa tre positioner lagras på ett USB och förs över till skannern, som nu placerats på samma stativ vid 1001. Eftersom skannern och totalstationens koordinater sammanfaller kan punkterna 1001, S2 och S1 användas som kända bakåtbjekt och stationsplaceringar. Nu är skannern etablerad och klar att användas.



Figur 14. Skannerns olika uppställningar visas med beteckningar
(Bildkälla: Skanska Norge AS)

3.4.2 Skanning

Leicas senaste mjukvara kräver endast två kända punkter vid varje skanning för sammansättning av punktmoln, istället för minst tre som fallet var tidigare. Detta förenklar skanningen och minskar behovet av måltavlor.

Första steget vid skanningen är, att i skannerns display, välja positionen för skannern och ett känt bakåtoobjekt. Prismat vid S2 har bytts ut mot en måltavla med samma höjd och därmed samma koordinater och väljs som bakåtoobjekt. Skannern riktas manuellt mot måltavlan och utför en noggrann kalkylering av denna för att bestämma och verifiera centrumpunktens koordinater. När detta är genomfört startar skanningen och området mäts in under några minuter. Efter första skanningen vid 1001 placeras nu skannern vid S2 och en måltavla placeras istället vid 1001, som används som känt bakåtoobjekt. Återigen skannas och kalkyleras måltavlan innan hela området skannas. Efter den andra skanningen görs en noggrann kalkylering av måltavlan vid S3. Detta är skannerns tredje position.

En enkel arbetsgång kan förklaras på följande sätt:

- Bestäm, skanna av och kalkylera ett känt bakåtoobjekt.
- Skanna av området.
- Skanna in måltavla vid skannerns kommande placering.
- Flytta skannern till nästa position och upprepa proceduren.

Vid just denna skanning utfördes skanningen i en cirkel runt byggnaden och av den anledningen kunde den sedan tidigare inmätta punkten S1 användas som kontrollpunkt efter slutfört varv. På så sätt kontrollerades att avvikelserna var inom de ställda kraven för projektet.

Efter att alla nödvändiga uppställningar är genomförda är arbetet i fält slutfört.

3.4.3 Bearbetning av data

Första steget i efterbearbetningen är att överföra informationen från skannern till en PC via en USB-enhet. Filen öppnas sedan i ett program för bearbetning av punktmoln, i detta fall Leica Cyclone med tillhörande modul Cyclone REGISTER. Med hjälp av Leicas senaste mjukvara krävs ingen sammanfogning av de olika uppställningarna utan det görs automatiskt redan under skanningen. Punktmolnet som nu visas i Cyclone är sammansatt och korrekt placerat i valt referenssystem. Dock behandlas varje uppställning fortfarande som separat scan-data. För att underlätta fortsatt bearbetning utförs en operation kallad UNIFY där samtliga uppställningar sammanfogas och tunnans ut. Punktmolnet kan med fördel tunnans ut eftersom många punkter registreras flera gånger. Inställningar görs så att alla sammanfallande punkter inom ett valt avstånd raderas, och därmed blir det sammansatta punktmolnet mindre och lättare att arbeta med.

Beroende på vad syftet med skanningen är, utförs nu olika operationer i programvaran Cyclone. Det är möjligt att lägga snitt och göra sektioner och sedan exportera detta från Cyclone till ett mer avancerat bearbetningsprogram. Ett alternativt sätt är att exportera hela punktmolnet och använda det för att skapa en fullständig 3D-modell.

3.4.4 Tillverkning av ritningar och modeller

I detta specifika projekt användes Bentleys program Microstation för tillverkning av ritningar. Microstation använder tillägsprogrammet Cloudworx, som även finns tillgängligt för exempelvis AutoCAD, Revit och 3ds Max (Leica Geosystems, 2012). Cloudworx arbetar parallellt med Leicas Cyclone och hjälper till att skapa fullständiga 2D- och 3D-ritningar. Cloudworx arbetar med flertalet filformat som inbördes har varierande funktioner. Vissa filformat gör punktmolnet tillgängligt som visualisering i bakgrunden vid ritningstillverkning. Andra filformat gör de enskilda punkterna tillgängliga för exempelvis "snap-funktioner" eller kollisionskontroller. En erfaren brukare av ett CAD-program har inte några problem att använda ett punktmoln som underlag. Externa fotografier och filmer ger ökad förståelse vid modellering och i valt CAD-program skapas de ritningar och modeller som projektet kräver (Intervju med ansvarig mättekniker på Skanska Survey Norge).

4 Resultat av kartläggning

Kartläggningen av området har resulterat i information om:

- Tillverkare av markburna laserskannars.
- Externa konsultföretag verksamma inom terrester laserskanning
- Skanskas erfarenheter av terrester laserskanning

I kommande kapitel redovisas detta i ovan angiven ordning. Det mesta av informationen som presenteras baseras på intervjuer med säljare, mättekniker, avdelningschefer och annan personal på berörda företag. Utöver detta har resultatet kompletterats med information från hemsidor, tekniska specifikationer och övriga erfarenheter hos personal inom Skanska.

4.1 Tillverkare av laserskannars

I dagsläget finns tre tillverkare som har försäljning, support och service i Sverige. Dessa tillverkare är Leica Geosystems, FARO och Trimble som antingen har egen verksamhet i Sverige eller sköter all kontakt genom återförsäljare. I kapitel 4.1.4 redovisas en sammanställning av ovan nämnda tillverkares utvalda produkter.

4.1.1 Leica Geosystems

Leica Geosystems, hädanefter benämnda endast som Leica, ägs av det börsnoterade företaget Hexagon som har sitt huvudkontor i Schweiz (Leica Geosystems, 2012). Leica har varit verksamma inom laserskanning sedan år 2000 då de förvärvade Cyrax, pionjärer inom skanning som började utveckla laserskanning år 1998. Leica har i Sverige försäljning, support och service i Stockholm, Malmö, Göteborg, Örebro och Härnösand. För mer avancerad service och kalibrering skickas utrustningen till Tyskland.

Leicas laserskannars köps, leasas eller hyrs, beroende på användningsbehovet. Det finns även service-, support- och mjukvaruavtal som tecknas från ett till fem år. Efterfrågan och försäljningen av Leicas laserskannars är konstant och förhållandevis låg och detta tros bero på den konservativa byggbranschen (Intervju med säljare på Leica Geosystems).

PRODUKTER

Leica erbjuder fem olika laserskannrar med olika tillämpningsområden. Nedan redovisas de två modeller som är mest aktuella för studien: Leica ScanStation C10 och Leica HDS7000.

Leicas mest populära laserskanner, *Leica ScanStation C10* (Figur 15) beskrivs som en kompakt och komplett skanner med stor mångsidighet. Den använder pulsteknik och har en räckvidd på upp till 300 meter. Detta tillsammans med en god inkapsling gör att Leica ScanStation C10 lämpar sig väl för utomhusbruk. Skannern täcker in ett 360 graders horisontellt område samt ett 270 graders vertikalt område och mäter upp till 50 000 punkter/sekund (Leica Geosystems, 2012). Tidsåtgången för en 360x270 graders skanning är 3-120 minuter beroende detaljnivån. Ute i fält måste Leica

ScanStation C10 kompletteras med en GPS eller totalstation för att på ett korrekt sätt etablera skannern i valt koordinatsystemet (Intervju med säljare på Leica Geosystems).

Leica ScanStation C10 har följande tekniska hjälpmedel för att underlätta användandet:

- Integrerad kamera med 4 megapixlar, zoom och autojustering för både stillbilder och video.
- Skannern använder ett roterande prisma, vilket gör att parallaxfel undviks. Maximalt 260 bilder för en sfär på $360^{\circ} \times 270^{\circ}$.
- Inbyggd 80 GB hårddisk.
- Kommunikerar med programvaran Cyclone direkt via WiFi eller en vädertålig nätverkskontakt.
- USB-ingång som möjliggör kopiering från den inbyggda hårddisken.
- Tvåaxlig lutningskompensator
- Integrerat laserlod (Leica Geosystems, 2012)



Figur 15. Leica ScanStation C10 (Bildkälla: Leica Geosystems)

Leica HDS7000 (Figur 16) bygger på fasförskjutningsteknik och registrerar upp till 1 000 000 punkter/sekund vilket gör den mycket snabbare än Leica ScanStation C10, samtidigt som den ger en högre detaljnivå. På grund av detta lämpar sig Leica HDS7000 bra för inomhusmätningar där många uppställningar krävs. Räckvidden är upp till 187 meter, vilket är långt för en skanner med fasförskjutningsteknik. Spegeln är inkapslad, vilket ger en extra trygghet och skydd mot omgivningen.

Leica HDS7000 manövreras via displayen eller via en extern laptop då mer detaljerad 3D-visning är nödvändig (Intervju med säljare på Leica Geosystems).

Några av Leica HDS7000s tekniska hjälpmedel är:

- Kompensator för korrigerande av snedställning.
- Elektronisk doslibell.
- Fjärrkontroll – möjliggör beröringsfri manövrering av skannern (Leica Geosystems, 2012).



Figur 16. Leica HDS7000 (Bildkälla: Leica Geosystems)

PROGRAMVAROR

Leicas Geosystems egna programvara heter HDS Cyclone. Cyclone består av individuella mjukvarumoduler som var och en tillåter olika möjligheter att behandla punktmoln. Följande åtta moduler finns tillgängliga: IMPORTER, SCAN, REGISTER, MODEL, SERVER, SURVEY, VIEWER och PUBLISHER. Utöver Cyclone tillhandahåller Leica även plug-inprogrammet Cloudworx som finns tillgängligt för de flesta modelleringsprogram, för att externt kunna behandla punktmoln (Leica Geosystems, 2012). Nedan beskrivs de två viktigaste modulerna REGISTER, MODEL, det webbaserade visningsprogrammet Truview och plug-in-programmet Cloudworx.

Cyclone REGISTER

REGISTER innehåller nödvändiga verktyg för den slutliga sammanfogningen av scan-data från olika uppställningar. Registreringen sker mer eller mindre automatiskt tack vare ”Automatic target finding and fitting”. Modulen kan effektivt behandla små projekt så väl som projekt med hundratals uppställningar och flera tusen targets för att kunna skapa en komplett modell, koordinatsatt i valfritt koordinatsystem. Programvaran och modulen är särskilt anpassad för Leicas skannern men viss filkonvertering möjliggör även kompatibilitet med andra skannern (Leica Geosystems, 2012).

Cyclone MODEL

MODEL klarar av att hantera stora datamängder och i denna modul modelleras och bearbetas punkmolnet. Diverse verktyg i programmet möjliggör färgsättning, panorering, visualisering, volymeräkning, animering, rör- och konstruktionsmodellering samt skapande av ytojekt utifrån punkterna (Leica Geosystems, 2012). Dock är denna modul relativt begränsad i jämförelse med möjligheterna i ett externt modelleringsprogram. Alternativet är att använda plug-inprogrammet Cloudworx.

Cloudworx

Cloudworx är ett plug-inprogram för punktmolnsbearbetning och finns tillgängligt för en rad olika modelleringsprogram, där ibland AutoCAD, Revit och 3ds Max. Cloudworx tillåter dessa program att öppna stora punktmolnsfiler och låter användaren visualisera och bearbeta stora punktmoln (Leica Geosystems, 2012). De stora datamängderna är här inget problem eftersom Cloudworx arbetar parallellt med Cyclone och därför kan modellen hanteras som en vanlig Revit-, AutoCAD-, eller 3ds Maxmodell. Cloudworx erbjuder i stort sett samma verktyg och redigeringsmöjligheter som Cyclone MODEL men är mer anpassad till det valda modelleringsprogrammet, vilket underlättar för användaren som är van att arbeta i exempelvis AutoCAD eller Revit (Intervju med ansvarig mättekniker på Skanska Survey Norge)

TruView

TruView är ett webbaserat gratisprogram för enkel punktmolnsvisning genom en vanlig webbläsare som har FlashPlayer installerat. Genom Cyclone PUBLISHER skapas en Truview-länk som kan skickas till kunder, samarbetspartners eller entreprenörer. I webbläsaren finns möjlighet att se alla olika uppställningar i plan, för att sedan välja att placera sig vid valfri uppställning, se Figur 17. Från skannerns öga kan en 360 graders panoramavy ses, kompletterad med fotografier. Utöver detta kan även enklare mätningar och anteckningar göras direkt i bilden. Bilder, vyer och anteckningar kan sparas och delas med andra inom projektet, vilket ger bättre förståelse och kommunikation (Leica Geosystems, 2012).



Figur 17. *Leica TruView tillåter visualiseringar och enklare mätningar samt noteringar (Bildkälla: Leica Geosystems)*

PRISBILD

Leica har ett avtal med Skanska Maskin vilket förbinder dem att endast använda Leicas utrustning vid mätning. Enligt Skanska Maskin säger detta avtal att företaget i första hand skall välja Leicas utrustning och att avtalen ger ett bättre pris (Intervju med inköpare på Skanska Maskin).

Priserna för Leicas laserskannern är svåra att precisera, eftersom diverse avtal och andra förutsättningar bestämmer priset. I dagsläget ligger priset för tidigare nämnda laserskannern på omkring 800 000 kr plus/minus 100 000 kr beroende på avtal och överenskommelser. I detta pris ingår ett stativ och mjukvaran Cyclone inklusive modulen SCAN. Vad gäller mjukvarulicenser för övriga moduler kan de köpas som singel- eller serverlicenser. Den förstnämnda är knuten till en specifik dator medan serverlicensen endast gör modulen tillgänglig för en dator åt gången. En licens kostar ungefär 10 000 kronor/år och dator och företagets behov styr hur många moduler som är nödvändiga (Intervju med säljare på Leica Geosystems).

4.1.2 FARO

Företaget FARO grundades 1981 i Montreal, Kanada (FARO, 2012). År 2005 köptes det innovativa tyska företaget iQvolution AG upp av FARO och det var då utvecklingen av laserskanning kom igång ordentligt inom företaget. FARO har idag ingen egen verksamhet i Sverige utan all försäljning och support sker genom ATS AB i Göteborg och instrumentservice sker i Tyskland (Intervju med säljare på ATS).

PRODUKTER

FARO Focus3D (Figur 18) är FAROs enda modell för terrester laserskanning. Den bygger på fasförskjutningsteknik och är en höghastighetsskanner som registrerar upp till 976 000 punkter/sekund och lämpar sig för ytterst detaljerade inmätningar (FARO, 2012). Modellen lanserades under hösten 2010 och sågs som en revolution inom terrester laserskanning. Dess storlek och vikt är reducerad till en tredjedel jämfört med tidigare modeller. Tack vare detta kan skanningen nu utföras enkelt av en person. Enligt specifikationerna är räckvidden upp till 120 meter men då kraven på noggrannhet är högt ställda bör avståndet till objektet inte vara över 50 meter (Intervju med säljare på ATS).

FARO Focus3D har flera moderna tekniska hjälpmedel som underlättar användandet.

- Inbyggd elektronisk kompass och höjdmätare som underlättar sammanfogningen av punktmolnen.
- Inbyggd digitalkamera för färgsättning av punktmolnet.
- Tvåaxlig kompensator som finjusterar skannern både i x- och y-led.
- Intuitiv pekskärm.
- Inbyggt WLAN möjliggör trådlös uppstart, avstängning och informationshämtning.
- Datalagring på SD-kort vilket möjliggör en lätt och säker överföring till dator.
- Inbyggt litium-jon batteri som ger en batteritid på fem timmar och möjlighet till laddning under drift (FARO, 2012).



Figur 18. FARO Focus3D (Bildkälla: FARO)

PROGRAMVAROR

FARO har valt en mer öppen attityd när det gäller bearbetning av FARO-punktmoln i diverse modelleringsprogram. I samband med lanseringen av FARO Focus3D inledde AutoDesk och FARO ett samarbete för att öppet kunna importera FAROs punktmoln i .fls-format (Intervju med säljare på ATS). FARO har även egna program och plug-ins för bearbetning, vilka beskrivs nedan.

FARO SCENE

FARO SCENE är ett program för hantering, bearbetning och exportering av punktmoln. Programvaran är utformad för åskådliggörning, administrering och bearbetning. SCENE har funktioner och verktyg som bland annat sköter registrering, filtrering, automatisk objektigenkänning, positionering och automatisk färgsättning. Då bearbetningen är klar kan data exporteras till de flesta användbara CAD-formaten. (FARO, 2012).

FARO SCENE WebShare

SCENE WebShare möjliggör smidigt informationsutbyte mellan samarbetspartners, entreprenörer och kunder över internet, genom en vanlig webläsare med Flash Player installerat. SCENE WebShare möjliggör visualisering, noteringar och mätning i panoramavyer som kan sparas ner på lokal hårddisk (FARO, 2012).

FARO Cloud

FARO Cloud är ett plug-inprogram till AutoCAD som möjliggör överföring och bearbetning av stora punktmoln. Detta ger möjlighet att använda AutoCADs vanliga ritegenskaper vid projektering där ett punktmoln används som underlag. FARO Cloud komprimerar och länkar skanningsdata till programmet vilket gör att även stora punktmoln är möjliga att arbeta med (FARO, 2008).

PRISBILD

I jämförelse med tidigare modeller från FARO är FARO Focus3D en revolution kostnadsmissigt. Tidigare modeller kostade omkring 1 000 000 kronor med tillhörande programvaror. Vid lanseringen av FARO Focus3D har priset för skannern och tillhörande nödvändiga programvaror i stort sett halverats. Även en årlig kalibrering och service ingår, under tre års tid (Intervju med säljare på ATS).

4.1.3 Trimble

Trimble är ett börsnoterat företag som grundades 1978 och levererar avancerade positioneringssystem med lösningar inom GPS, optik och laser. Trimble har kunder i över 140 länder och kontor i över 30 länder (Trimble, 2012). Trimble erbjuder sedan 2004 utrustning för terrester laserskanning och tillverkningen av dessa sker i Frankrike. I Sverige sköts verksamheten genom två återförsäljare, Geograf i södra Sverige och genom Trimtec i norra Sverige. Dessa två företag ansvarar för försäljning, service och support. Vid större åtgärder skickas utrustningen till Frankrike för reparation (Intervju med kundkonsulent på Geograf Sverige).

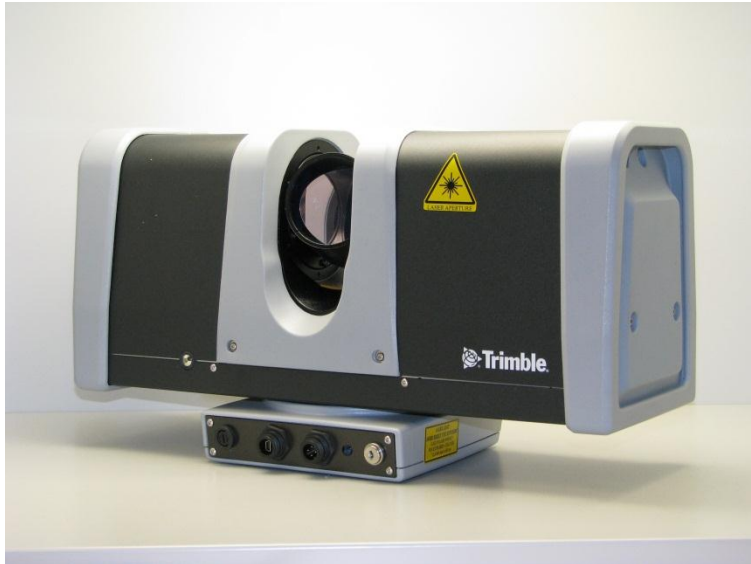
PRODUKTER

Trimble CX 3D Scanner (Figur 19) använder en patenterad WavePuls teknologi, som kombinerar puls- och fasförskjutningsteknik vilket resulterar i hög noggrannhet på längre avstånd. Modellen har en kamera och ett stort 360° x 300° synfält. Skannern registrerar 54 000 punkter/sekund har en räckvidd på 80 meter mot 90 % reflektivitet. Med Trimble Tablet ansluten finns möjlighet att med tillhörande programvara använda Trimble CX 3D Scanner som en totalstation för etablering. Detta tillsammans med den inbyggda kameran gör Trimble CX 3D Scanner mycket effektiv och användarvänlig (Trimble, 2012).



Figur 19. Trimble CX 3D Scanner (Bildkälla: Trimble)

Trimble FX 3D Scanner (Figur 20) bygger på fasförskjutningsteknik och registrerar upp till 216 000 punkter/sekund och har räckvidd på upp till 60 meter mot 50 % reflektivitet (Trimble, 2012). Den är anpassad för användning på kortare avstånd där väldigt hög upplösning och nogrannhet är efterfrågad (Intervju med kundkonsulent på Geograf Sverige).



Figur 20. Trimble FX 3D Scanner (Bildkälla: Trimble)

PROGRAMVAROR

Trimble utvecklar både hård- och mjukvara inom företaget. Trimble CX 3D Scanner styrs med Trimbles handdatorer och den tillhörande programvaran Access. Trimble FX 3D Scanner kan däremot styras via PC eller en mobil handdator. Punktmoln från PC eller handdator importeras i Trimble RealWorks som är en komplett programvara för registrering, bearbetning och modellering. Det är även möjligt att spara projekt och konvertera till andra filformat för vidare bearbetning. Trimble RealWorks består av flertalet moduler som på olika sätt behandlar punktmoln. Modulerna i Trimble RealWorks är:

- Viewer – Gratismodul. Möjliggör vitala funktioner som mätning, sektionering och granskning av punktmoln.
- Base – Innehåller enklare verktyg för modellering.

Nedanstående moduler erbjuder på olika sätt mer avancerade modelleringsverktyg och är var och en anpassade efter olika användningsområden.

- Advanced
- Advanced modeller
- Plant
- Advanced-Plant (Trimble, 2011)

PRISBILD

Trimble väljer att helst lämna en offert till intresserade köpare och därför är det svårt att nämna kostnader för deras laserskannare. Standardavtal för service och support används, men även kundanpassade avtal kan utformas. Första året ingår service och support och därefter kan detta förlängas, och betalas löpande (Intervju med kundkonsulent på Geograf Sverige)

4.1.4 Sammanställning av tillverkarnas produkter

För sammanställning av produktinformation och teknisk data se Tabell 1.

Tabell 1. Tekniska specifikationer för olika laserskannare

Skanner	Leica C10	Leica HDS7000	FARO Focus3D	Trimble CX	Trimble FX
Skanningsteknik	Pulsteknik	Fasförskjutnings-teknik	Fasförskjutnings-teknik	Fasförskjutnings- och pulsteknik	Fasförskjutnings-teknik
Batteritid (ett batteri)	1h 45min	2,5h	5 h	6 h	4 h
Arbetstemp.	0° till 40°C	-10° till 45°C	5° till 40°C	0° till 40°C	5° till 45°C
Vädertålighet	Icke-kondenserande atmosfär.	Icke-kondenserande atmosfär.	Icke-kondenserande atmosfär.	Icke-kondenserande atmosfär.	Icke-kondenserande atmosfär.
Vikt inklusive batteri	13 kg	9,8 kg	5,0 kg	12,6 kg	11 kg
Dimensioner i mm (D x B x H)	238 x 358 x 395	286 x 170 x 395	100 x 200 x 240	120 x 520 x 355	164 x 425 x 237
Siktfält (vert./hor.)	270° / 360°	320° / 360°	300° / 360°	300° / 360°	270° / 360°
Skanningskapacitet	50 000 punkter/sekund	1 016 727 punkter/sekund	976 000 punkter/sekund	54 000 punkter/sekund	216 000 punkter/sekund
Datalagring	80GB SSD-disk alt. USB-enhet	64GB flashhårddisk alt. USB-enhet	Minneskort	USB-flashminne	USB-flashminne
Manövrering	Via pekskärm, WiFi eller speciell handdator	Via pekskärm eller WiFi	Via pekskärm eller WiFi	Via pekskärm, WiFi eller speciell handdator	Via pekskärm, WiFi eller speciell handdator
Räckvidd	300m vid 90 % reflektivitet. 134m vid 18 % reflektivitet. Minimum 0,1m	0,3-187m	0,6-120m vid svagt ljus och 90 % reflektivitet.	80m mot en 90 % reflektivitet. 50m mot 18 % reflektivitet.	60m mot 50 % reflekterande yta. 35m mot 30 % reflektivitet

4.2 Konsultföretag verksamma inom laserskanning

I Sverige finns tämligen många konsulter som erbjuder tjänster inom laserskanning och/eller efterbearbetning av punktmoln. I kommande avsnitt redovisas först den gemensamma synen på laserskanning och därefter presenteras varje enskilt konsultföretag som är verksamt inom området. Det bör noteras att det kan finnas fler konsultföretag verksamma inom terrester laserskanning än de som tagits upp i denna kartläggning. Resultatet bygger på genomförda telefonintervjuer, personliga möten, studiebesök och information från webplatser. I kapitel 4.2.17 redovisas en sammanställning av samtliga konsultföretag.

4.2.1 Gemensamma åsikter om laserskanning

Samtliga tillfrågade konsultföretag är överens om att tekniken och metoden för laserskanning är väldigt effektiv. Anledningen till den relativt låga efterfrågan tros vara den konservativa byggbranschen. Förväntningen är att efterfrågan på laserskanning kommer att öka allt eftersom medvetenheten om metodens potential, användningsområdena och det praktiska tillvägagångssättet ökar. Med hjälp av mjukvaror som är mer anpassade för punktmolnsbearbetning, samt att 3D-modellerande blir allt vanligare så förväntas efterfrågan av laserskanning som projekteringsunderlag öka.

TJÄNSTER

Alla konsultföretag i kartläggningen erbjuder ett omfattande utbud av tjänster inom laserskanning. De erbjuder både in- och utvändigt skanning, överallt i Sverige och de kan leverera punktmoln och ritningar helt efter de önskemål som beställaren har, både vad gäller filformat och ritningstyp (fasad-, elevations-, plan-, 3D-ritningar med mera). Samtliga företag är överens om att det sker en allt starkare efterfrågan av 3D-modeller, men att det inte enbart är 3D-modeller, utan fortfarande en hel del 2D-underlag som efterfrågas. Åsikterna går isär när det gäller vanligaste önskemålet från beställarna i dagsläget. Majoriteten av konsultföretagen nämner underlag till sektioner, plushöjder, punktmoln, kollisionskontroller, planritningar, elevationer, stomritningar och k-ritningar som de vanligaste önskemålen vid utförd laserskanning.

KOSTNADER

Vad gäller kostnader för laserskanning är det svårt att utan förutsättningar säga vad ett specifikt projekt kommer att kosta. I huvudsak finns det tre olika sätt att behandla kostnaderna och de varierar mellan konsultföretagen. Dessa sätt är:

- Fast kostnad för skanningsutrustning och operatör, 10 000-20 000 kr/dag, samt normal timkostnad för efterbearbetning och modellering.
- Offert lämnas på hela projektet.
- Kostnaderna bestäms av ett kvadratmeterpris. I storleksordningen 30-60 kr/m² beroende på projektets storlek.

Sammantaget är hyran och hanteringen av skanningsutrustningen den stora klumpsumman och sedan tillkommer kostnader för modellering. Timkostnaderna för modelleringen varierar beroende på om den görs i Sverige eller utomlands. Därför är

det svårt för svenska företag som sköter modelleringen internt att prismässigt konkurrera med företag som överlåter all modellering till exempelvis Indien. En annan sak som också kraftigt påverkar kostnaderna är den detaljnivå som beställaren önskar, då en detaljerad modellering kräver mycket mer tid än modellering inom normala toleransnivåer. Som exempel nämns problemställningen med väggar, om de skall ritas så som de verkligen ser ut eller om de skall antas vara raka.

KRAV PÅ BESTÄLLAREN

God kommunikation mellan konsultföretag och beställare är viktigt redan i ett tidigt skede av processen. Det är viktigt att veta vad beställaren vill ha levererat, vad scan-datan skall användas till, vad som skall ingå i modellen, leveransformat, hur stort område som skall skannas och vilken punkttäthet samt detaljrikedom som önskas. Utöver de rent tekniska specifikationerna är det viktigt att beställaren vet vad laserskanning går ut på, att de förstår ungefär vad de kommer att få ut av skanningen. Det är även viktigt att hela platsen som skall skannas är tillgänglig för konsulten. Ibland önskas ett förfrågningsunderlag där det framgår om beställaren vill ha en 3D-modell som är en kopia av verkligheten eller en förenklad modell med en viss felmarginal. Därefter ingår parterna ett skriftligt avtal så att samtliga inblandade är på det klara med vad som skall levereras, i vilket format och till vilken noggrannhet.

SVÅRIGHETER OCH UTMANINGAR

Precis som med all teknik finns det även svårigheter och utmaningar med laserskanning och den efterföljande bearbetningen av punktmolnen, vilket bör tas i beaktning. Nedan listas några punkter som bör finnas i åtanke:

- Utrustningen och programvarorna som krävs för laserskanning är kostsamma.
- Viss skanningsutrustning upplevs som otymplig.
- Laserskanningen genererar stora datamängder vilket kan leda till lång processtid vid överföringar och exporteringar.
- Efterbearbetningen av punktmoln är tidskrävande.
- Punktmoln utan fotografier eller färger kan vara svårtolkade.
- Snö, regn, trafik, vegetation och andra hinder kan medföra störningar vid skanningen och kan dölja eller förvränga de skannade objekten.
- Beställarna är ofta oerfarna inom området och det kan vara svårt för dem att veta exakt vad de vill ha levererat.
- Beställaren bör veta om att skanningen ger en tolerans på några millimeter.
- Erfarenhet krävs för att veta på vilket sätt och med hur många uppställningar en skanning bör utföras för att få med tillräcklig information.

ARGUMENT FÖR LASERSKANNING JÄMFÖRT MED ANDRA METODER

- Laserskanning samlar in en stor mängd information och data på kort tid, och är därför en effektiv metod för att samla in komplex, noggrann och komplett data.
- Data från en laserskanning ger en helt realistisk återgivning av en byggnad, vilket gör att punktmolnet ibland kan användas i befintligt skick utan vidare modellering.

- All information kommer med, så som mark och intilliggande byggnader, som vid senare tillfälle kan vara användbart.
- Metoden kan vara ekonomiskt fördelaktig eftersom resultatet kan användas av flera olika avdelningar inom projektet.

4.2.2 Astacus AB

Astacus är verksam inom CAD, GIS och BIM och all produktion sker i Indien där projektledare från Europa leder personalen. Astacus huvudkontor ligger i Linköping och hit skickas all scan-data innan det skickas till produktionen i Indien. Allt material granskas och kvalitetssäkras på kontoret i Sverige innan det levereras till beställaren (Astacus, 2012). Astacus är det enda företaget i kartläggningen som inte skannar utan enbart modellerar utifrån punktmoln. Astacus har erbjudit modellering av punktmoln sedan 2006 då de gjorde en 3D-modell av Globen åt WSP. Sedan dess har utvecklingen gått stadigt framåt och de har idag ett tiotal anställda i Sverige som sköter projektledning, marknadsföring och all kontakt med beställare. All modellering sker i Indien där de har ett stort team med kunnig personal. Astacus anser inte att det är av stor vikt att personerna som modellerar även varit på plats och sett byggnaden. Tack vare lång erfarenhet har de lärt sig av misstagen och har nu utvecklat egna system som används för dokumentering under skanningen. De ser till att få mycket fotografier och anteckningar från skanningsplatsen, vilket underlättar förståelsen för modellerarna i Indien (Intervju med projektkoordinator på Astacus).

4.2.3 Bjerking AB

Bjerking grundades 1943 och är ett medarbetsägt företag som är organiserat i två affärsområden, Hus & Installation samt Anläggning. Företaget har över 225 arkitekter, ingenjörer och övriga experter anställda (Bjerking, 2011). Bjerking utför laserskanning sedan 2009 och egen modellering sedan 2011. Verksamheten är samlad, vilket enligt dem själva effektiviserar hela processen. För närvarande finns det två personer inom företaget som skannar och tre personer som sköter modellering. De har anlitat de indiska företagen Astacus och Neilsoft för att sköta modelleringen. Bjerking utför hela processen från skanning till modellering själva, men vid större och mer komplexa projekt tar de ibland hjälp från externa företag. Då modelleringen görs av externa företag anser Bjerking att det är av mindre vikt att den som modellerar har sett byggnaden i verkligheten. Fotografier, protokoll och anteckningar från varje uppställning ger tillräcklig uppfattning för personen som modellerar (Intervju med mättekniker på Bjerking).

4.2.4 Cad-Q

Cad-Q grundades 1989 och är en del av den börsnoterade IT-koncernen Addnote. Cad-Q har idag 200 anställda specialister på 20 kontor i Norden och har under åren köpt upp flera bolag i syfte att utveckla verksamheten. Cad-Q är ledande i Norden inom leverans, förvaltning och support för modell- och ritningsrelaterad IT. De implementerar programvaror, utbildar, har support och stöd inom CAD-relaterade system till bland annat bygg- och fastighetsektorn (Cad-Q, 2012). Cad-Q har ingen egen laserskanner och de tar inga uppdrag för modellering av punktmoln.

För att lära sig, och vara en del av den relativt nya tekniken inom laserskanning i byggsektorn, har de sedan hösten 2011 varit med i projekt där de modellerat ritningar utgående från punktmoln. Tanken är dock inte att i framtiden åta sig denna typ av projekt utan enbart fungera som support, vilket är en av företagets grundtankar (Intervju med applikationsingenjör på Cad-Q).

4.2.5 COWI AB

COWI grundades 1930 och är ett teknikkonsultföretag med 6200 anställda varav 900 finns i Sverige, fördelade på 14 kontor. COWI har egna mättekniker som bland annat erbjuder tjänster inom laserskanning (COWI, 2010). Laserskanning och modellering har de utfört sedan 2004 och allt arbete har skett inom företaget, utan inblandning från externa modelleringskonsulter. I dagsläget har COWI två anställda som utför själva laserskanningen i fält och därefter är det 3-4 personer som sköter bearbetning av punktmolnen och modellering (Intervju med mätningenjör på COWI).

4.2.6 Geocama Consulting AB

Geocama Consulting AB, hädanefter benämnt endast som Geocama, erbjuder tjänster inom mätteknik, GIS, CAD samt projekt- och byggledning (Geocama, 2012). Laserskanning och modellering har skett inom företaget sedan 2006 utan inblandning av externa företag. Det finns 14 personer inom företaget som har kunskapen att utföra laserskanning med deras laserskanner, en Leica HDS6000. Samtliga medarbetare kan modellera och en handfull av dessa är specialiserade inom något specifikt modelleringsområde (Intervju med mättekniker på Geocama).

4.2.7 Mättjänst AB

Mättjänst är ett mättekniskt konsultföretag som är verksamt inom väg-, bygg och anläggningsindustrin. De är för tillfället 35 anställda fördelade på deras regionkontor i Motala, Stockholm, Luleå och Helsingborg (Mättjänst, 2012). Mättjänst gör planering, laserskanning och registreringen av punktmoln inom företaget. För vidare efterbearbetning och modellering samarbetar de med externa företag. Mättjänst har två laserskanners, en Leica C10 och en Leica HDS6200 och de har utfört laserskanning sedan 2007 (Intervju med mättekniker på Mättjänst).

4.2.8 Mätcenter

Mätcenter startades 1995 och är idag Sveriges största fristående mätföretag. Huvudkontoret ligger i Örebro och personalen i Sverige är fördelad på 12 kontor (Mätcenter, 2012). Mätcenter har utfört laserskanning och modellering från punktmoln sedan 2009 och allt arbete sker internt inom företaget. De har idag tre stycken arbetslag á två personer från dotterbolaget i Estland som sköter laserskanning och modellering, men totalt finns tio personer med kunskapen att utföra arbetet. Mätcenter har bred kompetens inom mätteknik och de är geografiskt flexibla tack vare de nio kontoren som är spridda över landet, från Umeå i norr till Malmö i söder (Intervju med projektledare på Mätcenter).

4.2.9 Norconsult AB

Norconsult ingår i Norconsultkoncernen och är inom områdena projektering och samhällsplanering bland de ledande i Norden. De utför i dagsläget ett omfattande arbete med att laserskanna Stockholms slott inför stundande restaurering av stenfasaderna (Norconsult, 2012). Norconsult har, av okänd anledning, själva valt att inte delta i kartläggningen och därför finns ingen vidare information om hur de arbetar med laserskanning.

4.2.10 Precision Technology AB

Precision Technology AB, hädanefter benämnt endast som Precitech, är ett teknikföretag som har erfarenhet av mätteknik samt laserskanning sedan mitten av 1990-talet. Idag kan de tack vare flera olika laserskannars mäta allt från knappnålar till hela fjäll (Precitech, 2012). Precitech använder sig av olika laserskannars, bland annat en FARO Focus3D för kortdistansmätningar och en Optech långdistansskanner. Samtliga 20 anställda på företaget kan utföra laserskanning och fem anställda sköter efterföljande modellering. Utöver detta så samarbetar företaget med arkitekter, rådgivare, projekterare och modellerare. Om arbetet skall vara certifierat anlitar de lantmätare för att utföra skanningen. Precitech har lång erfarenhet, kan välja rätt metoder för varje specifikt projekt och de har ett stort nätverk för samarbete inom branschen (Intervju med ansvarig på Precitech).

4.2.11 Projektengagemang AB

Projektengagemang är en konsultkoncern som genom dess dotterbolag erbjuder tekniska funktioner, konsulttjänster samt gestaltning och utformning inom infrastruktur, fastigheter, energi och industri. En av Projektengagemangs grenar är fastighetsdokumentation och laserskanning (Projektengagemang, 2012). Projektengagemang har två laserskannars, en Leica HDS6100 och en Leica ScanStation C10. Första laserskanningen och modelleringen utfördes år 2005, av mätgruppen som tidigare gick under namnet Aria Consulting. I dagsläget är det tio personer som skannar och nästan lika många som sköter modellering. Projektengagemang har lång erfarenhet, modern utrustning, korta kommunikationsvägar och de tar själva hand om hela processen från skanning till färdig ritning eller modell (Intervju med projektledare på Projektengagemang).

4.2.12 SimpleWorks AB

SimpleWorks har specialiserat sig på laserskanning och grundades hösten 2011 av Esbjörn Nordensjö som själv varit verksam inom laserskanning sedan 2008 (SimpleWorks, 2012). SimpleWorks har i dagsläget två anställda, men de samarbetar med tre andra konsulter verksamma inom laserskanning i Sverige samt med utländska modellerare i Indien och Estland. SimpleWorks skapar projektplaner, sköter registrering av punktmoln och har hand om kvalitetssäkring. Utöver detta erbjuder de support, rådgivning och utbildning inom laserskanning. Företaget har en Leica HDS7000 och deras samarbetspartners använder Leica ScanStation C10, Leica HDS6200 och FARO Focus3D (Intervju med ansvarig på SimpleWorks).

4.2.13 Sweco

Sweco är ett internationellt börsnoterat teknikkonsultföretag vars grund lades redan 1889. I Sverige har Sweco idag 3000 anställda på 50 olika kontor i landet (Sweco, 2012). Sweco har utfört laserskanning sedan 2003 och modellerat utifrån punktmoln sedan 2005. Företaget har skanning- och modelleringspersonal i Stockholm, Falun och Gävle. De har två olika skannrar, en Leica ScanStation C10 och en Zoller+Frölich 5006h. Vid större projekt har de även möjlighet att ta hjälp av externa företag och de har tidigare samarbetat med Astacus AB vid modellering. Sweco har lång erfarenhet av laserskanning och modellering i många olika miljöer och de har mycket personal vilket skapar goda förutsättningar (Intervju med anställd på Sweco).

4.2.14 Teodoliten Mätteknik AB

Teodoliten Mätteknik AB, hädanefter benämnt endast som Teodoliten, är för tillfället ett av Sveriges största mätkonsultbolag med omkring 60 anställda i Malmö, Göteborg, Stockholm, Uddevalla och Varberg (Teodoliten, 2012). Sedan några år tillbaka utför de laserskanning, tidigare hyrdes utrustning för detta men sedan hösten 2011 används en egen Leica ScanStation C10 och ett samarbete finns även med SimpleWorks. Även om kunskapen för modellering finns inom företaget sker allt modellering idag i Indien genom samarbete med Astacus. Detta på grund av att Teodoliten i första hand är ett mätföretag och det är där den breda kunskapen finns (Intervju med regionchef på Teodoliten).

4.2.15 Tyréns

Tyréns är ett stiftelseägt konsultföretag som grundades 1942. Inom koncernen finns idag över 1000 anställda på 20 kontor i Sverige och på det delägda företaget AKT II i London (Tyréns, 2012). Tyréns utför laserskanning och modellering sedan 2009. Tidigare hyrdes utrustning in vid projekten, men sedan 2011 har företaget en FARO Focus3D. På företaget finns tre personer i Stockholm som har hand om laserskanningen. På detta kontor görs även modellering av mindre projekt, och vid större projekt anlitas externa företag för att sköta modellering. Tyréns är noga med rutinerna för den viktiga stomnätsinmätningen (Intervju med avdelningschef på Tyréns).

4.2.16 WSP

WSP är idag ett globalt konsultföretag med 9000 anställda på 200 kontor i 35 länder och i Sverige har WSP omkring 2400 medarbetare (WSP, 2012). Företaget påbörjade terrester laserskanning 2006 i Sverige, men har innan dess utfört flygburen laserskanning några år. I dagsläget har WSP en Leica HDS3000 och en Leica HDS4500, men vid behov hyrs även annan utrustning direkt från återförsäljaren. Kontoren för mätteknik finns idag i Göteborg, Örebro och Stockholm och det är totalt 10 personer som utför laserskanning och modellering. Vid enstaka projekt har de överlåtit modelleringen till kontakter i Indien. WSPs starka sidor inom laserskanning är att de har många discipliner med mycket kompetens inom företaget (Intervju med anställd på WSP).

4.2.17 Sammanställning av konsultföretag

Tabell 2. Jämförelse av konsultföretag som erbjuder laserskanning

	Utför egen skanning:	Har egen skanningsutrustning:	Hela processen utförs internt:	Personer med skanningskompetens:
Astacus	Nej, endast modellering	Nej	Nej	Utför inte egen skanning
Bjerkning	Ja	Ja, Leica ScanStation 2.	All skanning görs internt, viss modelleringen görs av externa företag i Indien.	Tre personer
Cad-Q	Nej	Nej	Utför inte egen skanning	i.u
COWI	Ja	Ja, Leica C10	Allt arbete sker internt.	Två personer
Geocama	Ja	Ja, HDS6000	Allt arbete sker internt	14 personer
Mättjänst	Ja	Ja, Leica C10 och HDS 6200	Planering, fältarbete och punktmolnsregistrering görs internt. Modelleringen sker externt.	En person
Mätcenter	Ja	Ja, Leica HDS 6200	Utför allt internt	Sex personer
Norconsult	i.u	i.u	i.u	i.u
Precitech	Ja	Ja fem olika. Där ibland Faro Focus3D.	Allt kan utföras internt. Externa företag anlitas vid behov.	Alla 20 anställda har kompetensen
Projekt-engagemang	Ja	Ja, Leica HDS6100 och C10	Allt utförs internt	Tio personer
SimpleWorks	Ja	Ja, Leica HDS 7000.	Allt kan utföras internt. Externa företag anlitas vid behov.	Två personer
Sweco	Ja	Ja, Zoller + Fröhlich ZF6005 och Leica C10	Allt utförs alltid internt	Åtta personer
Teodeliten	Ja	Ja, Leica C10	Skanning och enkel modellering görs internt, i övrigt anlitas Astacus.	Fyra personer
Tyréns	Ja	Ja, Faro Focus3D	Skanning och enkel modellering görs internt, i övrigt anlitas externa företag.	Tre personer
WSP	Ja	Ja, Leica HDS3000 och HDS 4500	Hittills har de skött allt själva	Tio personer

Tabell 3. Fortsatt jämförelse av konsultföretag som erbjuder laserskanning

	Erfarenhet av laserskanning sedan:	Företagets styrkor enligt dem själva:	Modellering sedan:	Geografiskt verksamhetsområde:
Astacus	i.u	Stors resurser och billig arbetskraft	2006	Verksamma i hela Norden
Bjerking	2009	Medarbetsägt företag, satsar på kvalitet och nöjda kunder	2011	Främst verksamma i Mälardalen, men utför projekt i hela Sverige
Cad-Q	Utför inte egen skanning	En av få support-aktörer	Erfarenheter sedan 2011	Utför inte egen skanning
COWI	2004	Lång erfarenhet på området.	2004	Hela Sverige och världen
Geocama	2007	Lång erfarenhet, bra priser, bra kvalitetstänk, självständiga och levererar allt som önskas.	2007	Sverige, men även utomlands om behovet finns.
Mättjänst	2007	Erfarenhet och eftersträvande av kundnytta	Modellerar inte själva	Hela Sverige
Mätcenter	2010	De kan trycka in mycket personal med kompetens om det behövs.	2010	Hela Skandinavien
Precitech	1995	Stort kunskapsområde och goda kontakter i branschen	2010	Hela Sverige och Europa
Projekt-engagemang	2005	Tar processen från början till slut och har korta beslutsvägar.	2005	Främst Mälardalen, men utför projekt i hela Sverige
SimpleWorks	2008	Stor erfarenhet och fantasi. Goda projektledare som agerar snabbt.	2011	Hela Sverige
Sweco	2003	Lång erfarenhet inom skanning och modellering och stora resurser.	2005	Hela Sverige och enstaka projekt utomlands
Teodoliten	Några år tillbaka	Hög kompetens och måna om beställarna.	2011	Hela Sverige
Tyréns	2009	Noggranna och metodiska.	2010	Hela Sverige men främst Mälardalen
WSP	2006	Lång erfarenhet, inom många verksamhetsområden	2006	Hela Sverige

4.3 Erfarenheter av laserskanning inom Skanska

Inom Skanska i Sverige är kunskaperna om laserskanning ytterst begränsade. I Sverige har ingen på Skanska Region Hus eller Skanska Direkt använt laserskanning vid projektering av befintliga fastigheter. Dock har laserskanning använts vid åtminstone ett projekt inom väg- och anläggning, vid Norra Länken 11 i Stockholm.

Det enda kända projektet där laserskanning använts för hus är vid ett kontorshus i Stockholm, vilket presenteras nedan. Utöver detta görs en genomgång av olika områden inom företaget som på ett eller annat sätt kommit i kontakt med laserskanning. Dessa områden är: Skanska Survey - Norge, Skanska Maskin och SCUP – Skanskas centrum för utlandsprojektering. Resultatet bygger på genomförda telefonintervjuer, personliga möten, studiebesök och information från webplatser.

4.3.1 Sveavägen 44 – Kontorsbyggnad i Stockholm

På Sveavägen 44 finns en av Stockholms största kontorsfastigheter och Skanska genomför här en omfattande om- och tillbyggnad åt Diligentia. Fastigheten omfattar i dagsläget cirka 40 000 kvadratmeter, och efter förtätning av kontorslandskapet och överbyggnad av en befintlig innegård kommer kapaciteten utökas till cirka 50 000 kvadratmeter uthyrningsbar kontorsyta.

Önskemål finns om en eventuell framtida BIM-projektering och därför valdes laserskanning vid detta projekt. I dagsläget görs all projektering vid Sveavägen 44 i 2D men efter diskussioner beslutades att det åtminstone skulle förberedas för framtida 3D-projektering. Än så länge har punktmolnet endast använts vid framställning av en fasadelevation. Eftersom i stort sett hela byggnaden är skannad kommer information hämtas ur punktmolnet allt eftersom behovet uppstår. Sett till nyttan för hela projektet är det svårt att uttala sig i ett såhär tidigt skede om laserskanningen varit lönsam eller inte. Ur ett längre perspektiv, med framtida BIM-projektering, kommer skanningen vara värd investeringen eftersom all geometri redan finns dokumenterad.

Lite kort information om skanningen:

- **Utförd av:** Mätcenter
- **Omfattning:** 40 000 kvadratmeter, 8 våningar kontorslandskap, 10-15 uppställningar/våningsplan.
- **Tidsåtgång:** 1,5-2 veckor för skanning och 2 veckor för bearbetning av punktmoln.
- **Levererat till Skanska:** Punktmoln i .pts-format.
- **Plattform för användning:** Troligtvis AutoCAD och/eller Revit.

Konsultföretaget som utförde skanningen gav en bra vägledning då Skanska inte själva riktigt visste vad de kunde förvänta sig av resultatet eller på vilket sätt de skulle kunna använda sig utav resultatet.

Skanningen utfördes efter det att tidigare inredning rivits ut och stommen var blottad vilket var bra eftersom den bärande konstruktionen kunde dokumenteras. Vid detta tillfälle hade projekteringen kommit en bit på väg vilket gjorde det svårt att använda punktmolnet för projektering. Det hade dock varit svårt att utföra skanningen innan rivningen av inredningen eftersom möbler och innerväggar då hade hindrat skanningen (Intervju med installationsledare på Skanska Teknik).

4.3.2 Skanska Survey Norge

Skanska Survey är företagets mätavdelning i Norge. Avdelningen har sedan några år tillbaka använt sig av laserskanning. De utför laserskanning av tunnlar, vägar och byggnader. I Oslo med omnejd skannas mest befintliga hus inför renovering och ombyggnad. Det levererade resultatet varierar från projekt till projekt och kan användas för till exempel:

- Underlag vid projektering och modellering
- Volymberäkningar
- Dokumentation av färdigställda byggnader

Det som till slut levereras till beställaren är till exempel:

- Punktmoln
- Triangelmodeller
- 2D-handlingar och/eller 3D-modeller (Skanska Norge AS, 2012).

Enklare ritningstillverkning och modellering görs internt på Skanska Survey, men vid mer omfattande projektet så skickas ofta punktmolnet till Indien, antingen till SCUP eller till annan extern modellerare, och levereras sedan tillbaka till Skanska Survey.

Skannern som Skanska Survey använder är en Leica ScanStation C10, som leasas från Leica Norge. Skannern upplevs som robust och tålig men samtidigt relativt långsam vad gäller uppstart och skanningshastighet. I övrigt har tester utförts med en FARO Focus3D skanner (se kapitel 4.1.2 för ytterligare beskrivning). Denna skanner upplevdes som smidig och snabb men levererat resultat innehöll mycket brus och reflektioner vilket ledde till svårigheter vid efterföljande modellering.

Vad gäller programvaror från Leica så används endast modulerna *Cyclone REGISTER* och *Cyclone PUBLISHER*. Modulerna är dyra och därför har beslut fattats om att endast dessa två moduler är absolut nödvändiga. All modellering sker i externa programvaror med plug-in-programmet Cloudworx.

Modelleringen ses inte som något problem även om det tog ett tag innan personalen vände sig vid att arbeta med punktmoln som underlag. Med god datorkapacitet och kunskap i det aktuella modelleringsprogrammet så fungerar modelleringen som i vilket annat projekt som helst.

Utmaningarna som finns anses vara att i ett tidigt skede selektera ut väsentlig information ur punktmolnet för att undvika att leverera mer än vad beställaren önskar. Att övertyga beställare om att nyttja laserskanning istället för traditionell mätning upplevs ofta som en svårighet. Detta beror på att beställaren inte vet vad laserskanning är för något och inte heller vet vad det skulle ge för mervärde. Metoden kan verka dyr och komplicerad men behöver i slutändan inte bli mer än en marginellt dyrare jämfört med andra mätmetoder (Intervju med ansvarig mättekniker på Skanska Survey Norge).

4.3.3 Skanska Maskin

Enligt Skanska Maskin, som fungerar som verksamhets- och supportstöd vid projekt, har det tidigare funnits både utrustning och kompetens för laserskanning. Omkring år 2007 gjorde Mät- & Maskinstyrningsgruppen på Skanska ett försök att använda sig av laserskanning. Då upplevdes det som omöjligt att få punktmolnet överfört från skanner till dator och de tillgängliga programvarorna lyckades inte samarbeta. Efter detta har laserskannern vid något tillfälle blivit stulen och samtliga inblandade personer har slutat. Det finns idag ingen som ansvarar för varken laserskanning eller efterarbete av punktmoln inom Skanska. Ingen person vet heller exakt vilken typ av laserskanner som tidigare använts. De fåtal testprojekt som tidigare gjorts med laserskanning var samtliga inom väg- och anläggning och det finns inga kända projekt för befintliga byggnader.

Som tidigare nämnts finns ett gällande avtal mellan Skanska Maskin och Hexagon som äger Leica Geosystems – tillverkare av bland annat laserskanners. Det är ett ”rött” avtal vilket innebär att det är bindande.

I slutet av 2011 hade Skanska Maskin ett möte med FARO angående laserskanning och ett eventuellt kommande avtal dem emellan. Dock upplevdes FARO Focus3D-skannern som väldigt väderkänslig och var därför i dagsläget inte aktuell för Skanska Maskin.

Det förs diskussioner hos Skanska Maskin om att skaffa en laserskanner och göra ett nytt försök med den numera bättre anpassade tekniken (Intervju med inköpare på Skanska Maskin).

4.3.4 Skanskas centrum för utlandsprojektering - SCUP

Detta är en avdelning inom Skanska som bildades år 2006. Avdelningen, som har basen i Pune, Indien, har i uppgift att göra bland annat byggritningar till hus, vägar och broar samt komplettera projekteringen i Europa. SCUP har tidigare utfört modellering utifrån punktmoln.

Det rör sig om endast ett internt projekt, ett punktmoln från skanning av ett parkeringshus i Norge. SCUP levererade då en komplett Revit-modell som redovisade pelare, balkar och andra bärande element. Utöver detta har modellering gjorts på uppdrag från externa beställare och det rör sig då om projekt som:

- Renovering av kommersiella byggnader
- Konservering av kyrkor
- 3D-modeller av industrianläggningar
- Designarbete av olika byggander

SCUP gjorde sitt första projekt med laserskanning under 2010. Då gjordes all modellering i AutoCAD och 2D-ritningar skapades för export till Revit, detta på grund av att punktmolnen inte gick att behandla i tidigare versioner av Revit. I dagsläget används alla olika typer av CAD-program för modellering, helt beroende på vilket filformat som skall levereras till beställaren.

SCUP ser ingen brist i att modellerare inte varit på plats och sett den skannade byggnaden med egna ögon. Istället förlitar de sig fullt ut på fotografier, filmer och 2D-underlag som skickas tillsammans med punktmolnet. Den största fördelen som lyfts fram från SCUP är det faktum att information finns med redan från början utan att kompletterande mätningar måste göras. Vid renoveringsprojekt råder oftast en del oklarheter och mycket kan uppkomma efter hand. Har en laserskanning gjorts finns all denna information i punktmolnet och kan plockas ut vid behov. Svårigheten som upplevs med modellering handlar oftast om skevheter i väggar och liknande, vilket innebär att verkligheten måste justeras samtidigt som modellen måste uppfylla ställda krav på noggrannhet.

Innan SCUP mottar ett punktmoln och skapar en modell följs en checklista för att få en tydlig bild av projektet. Checklistan innefattar frågeställningar om vad beställaren levererar till SCUP i form av filformat, fotografier och tidigare underlag. Vidare kontrolleras vilka önskemål beställaren har på den färdiga modellen med avseende på omfattning, noggrannhet, filformat och syftet med modellen. Denna checklista finns som helhet att se som bilaga (Intervju med ansvariga på SCUP).

Se *Bilaga 4* för fullständig checklista.

5 Analys

Det mesta som framkommit i kartläggningen baseras på dagsaktuell information och åsikter om laserskanning. Tekniken, produkterna och konsultföretagen utvecklas ständigt till det bättre, och delar av resultatet i undersökningen kommer därmed att bli mindre aktuellt efter en tid.

Vilket arbetssätt och vilken typ av laserskanner som är mest lämplig vid ett projekt beror helt på vad som skall skannas, på vilket avstånd, med vilken noggrannhet och vad resultatet skall användas till.

Den stora fördelen, men delvis också en nackdel med laserskanning, är den stora datamängden. Den kan bli väldigt stor vilket leder till tidskrävande överföringar och efterbearbetning samtidigt som det kräver stor datorkapacitet. Efterbearbetning av punktmoln kräver vissa förkunskaper och i vissa fall en hel del speciella och kostsamma programvaror. Det finns en väldigt stor mängd olika program, beroende på vilken utrustning som används och hur scan-datan skall användas, vilket upplevs som otydligt och något avskräckande.

Det kan i vissa fall finnas en övertro på laserskanning då uppfattningen är att precis allt kommer med vid skanningen, men faktum är att bara det som är exponerat registreras. Detta bör tas i beaktning för att det slutgiltiga resultatet inte skall understiga förväntningarna.

Undersökningen visar på väldigt många användningsområden inom om- och tillbyggnad och egentligen är det bara fantasi, tid och kostnad som sätter gränserna för hur laserskanning kan tillämpas.

5.1 Tillverkare av laserskanners

Samtliga laserskanners levererar ett önskvärt resultat, sett till det respektive skanner är avsedd för och ingen av de undersökta modellerna verkar egentligen mindre lämplig än någon annan. Förmodligen är det endast mindre skillnader mellan dem och behovet styr vilken modell som bör användas. Leica ScanStation C10 är den mest populära laserskannern och detta tros bero på Leicas välkända varumärke och att de marknadsförs mer än andra tillverkare. Detta betyder inte att Leicas utrustning är bättre än någon annan, och annan utrustning kan vara att föredra beroende på användningsområde.

Uppgifter från de olika tillverkarna bör granskas kritiskt eftersom de har en vilja att sälja sina egna produkter och samtidigt framställa sin egen utrustning som den bästa. Detta bör finnas i åtanke när priser diskuteras eftersom det finns tendenser till att underdriva kostnader.

5.2 Konsultföretag verksamma inom laserskanning

Det stora antalet konsultföretag som uppkommit i kartläggningen är i våra ögon förvånande då den tidigare uppfattningen var att utbredningen var ytterst begränsad. Det beror förmodligen på att en kartläggning av det här slaget inte tidigare har utförts. Hur som helst så är samtliga konsultföretag redo att utföra laserskanning samt modellering och de vill ha fler uppdrag. Anledningen till att projekten uteblir tros bero på att beställaren i de flesta fall inte är redo och inte riktigt vet vad de kan få ut av en laserskanning. Vad gäller leverans av modeller och ritningar verkar konsultföretagen inte se några problem utan de levererar det som önskas, oavsett filformat och noggrannhet och detta tack vare att tekniken, främst på mjukvarusidan, ständigt går framåt.

Det är svårt att ange om något konsultföretag är bättre än något annat. Detta beror på, precis som med tillverkarna, att alla tillfrågade personer har en vilja att sälja sina tjänster. Därför presenteras laserskanning som, i stort sett, enbart positivt utan större begränsningar. Efter genomförda intervjuer fås alltid en uppfattning av berört företag, vilket inte på något sätt behöver spegla deras verksamhet. De flesta konsultföretag är likartade och det som, utöver priset, i slutändan bör avgöra är hur kommunikationen sköts eftersom detta är en mycket viktig aspekt för ett gott resultat.

Det har varit ganska svårt att få fram uppgifter om kostnader för tjänster inom laserskanning vilket tros ha två huvudsakliga orsaker. Dels är det svårt att i ett tidigt skede uppge ett pris eftersom det varierar väldigt mellan ett projekts storlek och komplexitet. Den andra förklaringen skulle kunna vara att konsultföretagen mörkar kostnader ända tills de får ett riktigt projekt från beställaren. Detta dels för att kunna pressa priser och vinna förtroende inför framtida projekt samtidigt som de inte vill avslöja sina kostnader i en jämförande studie av detta slag.

5.3 Erfarenheter av laserskanning inom Skanska

Den ytterst begränsade användningen av laserskanning inom Skanska har förmodligen flera orsaker. Den största anledningen är att kunskapen inom området laserskanning är nästan obefintlig och i dagsläget har många inte ens hört talas om denna mätmetod. Anledningen till att kontorsfastigheten på Sveavägen 44 laserskannades var medvetenheten om nyttan inför framtiden. Samtidigt bör frågan ställas hur relevant detta underlag är om några år. Skanningen av just denna fastighet skulle också kunna bero på en viss nyfikenhet hos Skanska och/eller en skicklig säljare på konsultföretaget som utförde skanningen.

Under studiebesöket hos Skanska i Norge fick vi uppfattningen att beslutsvägarna var kortare och detta, i kombination med de stora resurserna som finns i Norge, skulle kunna vara en anledning till att Skanska i Norge har kommit mycket längre inom laserskanning. Det finns trots allt laserskanning inom företaget, om än utomlands, och möjligheter borde finnas att utbyta kunskaper och på så sätt ge Skanska i Sverige ett stort försprång gentemot andra företag.

Den tidigare satsningen på laserskanning som gjordes av Mät- & Maskinstyrningsgruppen på Skanska gjordes förmodligen alldeles för tidigt. Tekniken var ny och tillämpningarna inom bygg var relativt få och det fanns ingen tidigare erfarenhet att tillgå. Detta gav en dålig första erfarenhet av laserskanning vilket gjorde att satsningarna sköts åt sidan.

Det faktum att Skanskas centrum för utlandsprojektering, SCUP, endast utfört modellering av en enda byggnad åt Skanska tyder på att utbredningen av laserskanning inom Skanska globalt sätt är ganska begränsad. En annan möjlig orsak till varför SCUP endast fått ett projekt av Skanska kan vara att modelleringen utifrån punktmoln inte är speciellt avancerad och då sköts modelleringen direkt av berörd avdelning. Den checklista som SCUP har utarbetat är mycket bra och ger ett bra stöd för båda parterna, när det gäller krav och önskemål både från beställare och från modellerare. Checklistan uppkom förmodligen efter en del oklarheter i tidigare projekt.

Efterfrågan på tjänster inom laserskanning kommer förmodligen att öka med tiden, vilket dels beror på att utrustningen blir billigare och att tillhörande programvaror blir bättre och mer anpassade för punktmoln. Laserskanning kan i de flesta fall verka överlägsen andra mätmetoder, men det bör beaktas att det alltid är en fråga om kostnader och vilket mervärde det skulle ge i projekteringen. Idag kan nog inköpskostnaden vara den enskilt största orsaken till att laserskanning inte är mer utbrett i byggbranschen.

6 Slutsatser

Tekniken för laserskanning och databearbetning är idag tillräckligt utvecklad för att erhålla ett bra resultat. Samtliga tillverkare erbjuder skanners som är bra, men för att bestämma en specifik modell är det en god idé att testa dem i verkliga projekt, och efter det ta hänsyn till investeringskostnaderna.

Laserskanning erbjuder en hel del användningsområden för befintliga byggnader. De huvudsakliga användningsområdena finns inom om- och tillbyggnadsprojekt och laserskanning lämpar sig väl för:

- Framtagning av dokumenteringsunderlag i 2D/3D för byggnader där befintliga ritningar saknas, är gamla eller inkorrekta.
- Optimeringar och kollisionskontroller av exponerade installationer, speciellt av rör tack vare speciella programvaror för detta ändamål.
- Snabb framställning av användbara punktmoln alternativt enklare 2D-underlag.
- Relationsunderlag då en ny byggnadsdel skall anslutas till en befintlig byggnadsdel.

Konsultföretagen som erbjuder laserskanning och modellering är definitivt kompetenta och redo att ta sig an nya projekt. Dock bör beställare som ämnar använda laserskanning vid projektering i förväg känna till hur metoden fungerar och vilka svårigheter och begränsningar som finns. Detta främst för att underlätta samarbetet med konsultföretaget. Svårigheter och begränsningar som är bra att känna till är huvudsakligen:

- Skanningen genererar en stor datamängd och det är därför gynnsamt att i god tid bestämma vad som skall skannas och modelleras och med vilken noggrannhet.
- Det är det som syns som blir skannat, varför det är extra viktigt att skanningen sker i rätt skede av projektet då det som efterfrågas är synligt.
- Modellering utifrån punktmoln kan vara tidskrävande, och därför kan punktmolnet i sig vara tillräckligt för mätning, visualisering och planering.
- Det kan i ett tidigt skede vara svårt att veta exakta kostnader för en laserskanning.
- Vid mindre och enklare projekt där det inte finns några oklarheter om vilket underlag som krävs, behöver laserskanning inte vara ett ekonomiskt fördelaktigt alternativ.

Skanska bör vänta med att köpa in egen skanningsutrustning. Internt inom företaget finns bevisligen väldigt lite erfarenheter inom området och det vore därför lämpligt att till en början anlita externa konsultföretag vid lämpliga projekt. Efter detta bör en utvärdering göras huruvida metoden motsvarade förväntningarna eller inte. Först därefter kan beslut fattas om det skulle vara ekonomiskt och resursmässigt fördelaktigt att köpa en egen laserskanner och egna programvaror. I detta fall skulle bästa alternativet vara att låta Skanska Maskin eller en speciell mätgrupp hålla med utrustning och utbildad personal istället för att utbilda enskilda avdelningar för enstaka projekt.

6.1 Förberedelser inför ett anbud

För att inte vara helt oförberedd och underordnad det externa konsultföretaget kan det vara bra att redan i ett tidigt skede förbereda sig. För att underlätta den inledande processen i ett projekt, där laserskanning med fördel kan användas, har en checklista utarbetats.

Checklista vid projekt där laserskanning eventuellt kan användas:

- Utvärdera aktuellt projekt och gå igenom befintligt underlag. Avgör sedan om laserskanning och eventuellt efterföljande modellering ger önskvärt resultat i detta projekt.
- Klargör vilket underlag som önskas i projektet. 2D/3D-ritningar, enbart punktmoln och/eller enstaka mätpunkter.
- Bestäm vilket område av byggnaden som skall skannas, och eventuellt modelleras i detta skede samt uppskatta hur stor yta det rör sig om.
- Bestäm vad som skall modelleras (väggar, fönster, balkar, pelare, vägguttag med mera)
- Definiera vad underlaget skall användas till. För renovering, ombyggnad, volymberäkning, inpassningskontroll, kollisionskontroll eller något annat.
- Bestäm vilken noggrannhet som önskas på CAD-underlaget.
- Undersök vilket/vilka program samt filformat som skall användas för den interna projekteringen. AutoCAD, Revit, Navisworks eller annat.
- Redovisa befintligt underlag så som ritningar och fotografier för konsultföretaget.
- Begär eventuella referensprojekt som kan vara av intresse.
- Undersök hur lång tid konsultföretaget behöver.
- Formulera övriga önskemål och specifikationer.

6.2 Offertunderlag

Då ett anbud lämnas till ett externt konsultföretag bör det först specificeras om det endast är en skanning som skall utföras eller om det även finns önskemål om efterföljande modellering. När detta är klart skall en rad upplysningar lämnas för att underlätta offerteringen för konsultföretagen.

Se *bilaga 5* för offertunderlag vid laserskanning.

6.3 Reflektioner och fortsatta undersökningar

Vi har under arbetets gång kommit i kontakt med väldigt många kunniga människor inom området laserskanning. Dessa personer har mer än gärna delat med sig av sin kunskap och det har på många sätt varit givande för arbetet. Vi har tagit till oss en väldigt stor mängd information och känner att det varit problematiskt att presentera allt som vi faktiskt lärt oss.

Det stora antalet konsultföretag som uppkom under kartläggningen har på ett sätt varit begränsande, eftersom en komplett jämförelse hade blivit alldeles för omfattande. Med den nu övergripande inblicken hade det varit intressant att göra ett urval bland konsultföretagen och utföra en mer noggrann jämförelse och utvärdera några

referensprojekt. Där hade vi velat höra åsikter från beställare och brukare av det färdiga resultatet och inte bara från konsulterna själva.

Vad gäller de olika skanningsutrustningarna i undersökningen har det varit mycket ”hård fakta” i form av tekniska specifikationer. Önskvärt hade varit att jämföra kvalitén på punktmolnen som de olika utrustningarna ger, för att på ett lättare sätt kunna bestämma om någon laserskanner är mer lämplig än någon annan.

Fortsatta studier krävs för att på allvar kunna fatta beslut om laserskanning i större utsträckning skall implementeras i Skanskas verksamhet. Studierna bör på ett mer ingående sätt ta hänsyn till de olika tids- och kostnadsaspekterna som finns i ett verkligt projekt. Exempelvis kunde en undersökning göras som jämför olika laserskanners med en totalstation. Ett annat alternativ är att jämföra fördelar och nackdelar med att anlita ett externt konsultföretag alternativt att Skanska utför hela processen själva i framtiden.

Källförteckning

Litteraturförteckning

Berg, A. & Hermansson, N., 2009. *INFALLSVINKELNS PÅVERKAN PÅ MÄTRESULTATET VID TERRESTER LASERSKANNING - Undersökning av ScanStation 2*, Gävle: Högskolan i Gävle.

Boehler, W. & Marbs, A., 2002. *3D SCANNING INSTRUMENTS*, Mainz: University of Applied Sciences.

Kvist, J. & Persson, R., 2010. *Digitala 3D-modeller av byggnader - Användning av punktmoln från laserskanning*, Uppsala: Uppsala universitet.

Lichti, D., Gordon, S. & Stewart, M., 2002. *Ground-based laser scanners: operation, systems and applications*, Perth: Curtin University of Technology.

Lundberg, E., 2009. *Fastighetsdokumentation - en jämförelse av två geodetiska tekniker*, Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.

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

Referenser

Astacus (2012) Om Astacus. <http://www.astacus.se/?page=astacus> (2012-05-21)

Bjerking (2011) Om Bjerking. <http://www.bjerking.se/Om-Bjerking/> (2012-05-02)

Cad-Q (2012) Om Cad-Q. <http://www.cad-q.com/sv/Om-Cad-Q/> (2012-04-29)

COWI (2010) Om COWI – Den naturliga samarbetspartnern. <http://www.cowi.se/om-cowi/Sidor/default.aspx> (2012-04-25)

FARO (2012) FARO History. Company History. <http://www.faro.com/contentv2.aspx?ct=us&content=misc&item=61> (2012-04-20)

FARO (2012) FARO Laser Scanner Focus3D. <http://www.faro.com/focus/uk> (2012-04-25)

FARO (2012) FARO Scene version 5.0 release notes.

FARO (2008) FARO Cloud for AutoCAD.

Geocama (2012) Geocama Consulting AB. <http://www.geocama.se/index.html> (2012-04-22)

Leica Geosystems (2012) Leica Geosystems AB, Sverige. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-Geosystems-AB-Sverige_45793.htm (2012-04-10)

Leica Geosystems (2012) Leica ScanStation C10 Brochure. Leica ScanStation C10. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-ScanStation-C10_79411.htm (2012-03-15)

Leica Geosystems (2012) Leica ScanStation C10 – Datasheet. Leica ScanStation C10. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-ScanStation-C10_79411.htm (2012-03-15)

Leica Geosystems (2012) HDS 7000 – Datasheet. HDS 7000. http://www.leica-geosystems.se/se/HDS7000_90337.htm (2012-03-20)

Leica Geosystems (2012) Leica Cyclone. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-Cyclone_6515.htm (2012-04-12)

Leica Geosystems (2012) Leica Cyclone REGISTER Data sheet. Leica Cyclone. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-Cyclone_6515.htm (2012-04-12)

Leica Geosystems (2012) Leica Cyclone MODEL Data sheet. Leica Cyclone. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-Cyclone_6515.htm (2012-04-12)

Leica Geosystems (2012) Leica TruView and Cyclone PUBLISHER Data sheet. Leica Cyclone. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-Cyclone_6515.htm (2012-04-12)

Leica Geosystems (2012) Leica CloudWorx for AutoCAD Data sheet. Leica CloudWorx för AutoCAD. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-CloudWorx-foer-AutoCAD_6517.htm (2012-04-12)

Leica Geosystems (2012) Leica CloudWorx. http://www.leica-geosystems.se/se/Leica-CloudWorx_60696.htm (2012-05-20)

Mättjänst (2012) Om företaget. <http://www.mattjanst.se/sv/foretag/> (2012-04-20)

Mätcenter (2012) Om Mätcenter. <http://www.maetcenter.com/sv/om-oss/om-oss.php> (2012-04-22)

Norconsult (2012) Om oss – Samhällsbyggaren med helhetssyn. <http://www.norconsult.se/?aid=9082512> (2012-05-03)

Norconsult (2012) 3D Laserscanning av Stockholms slott. <http://www.norconsult.se/?did=9106942> (2012-05-03)

Precitech (2012) Om oss. http://www.precitech.se/Precitech/Om_Oss.html (2012-04-28)

Projektengagemang (2012) Om projektengagemang. http://www.projektengagemang.se/om_pe (2012-04-05)

SimpleWorks (2012) Om SimpleWorks. http://www.simpleworks.se/Om_oss.html (2012-05-02)

SimpleWorks (2012) Västerås värmekraftverk fortsättning. Uppdrag. <http://www.simpleworks.se/Uppdrag/Uppdrag.html> (2012-05-04)

Skanska Norge AS (2012) Survey – Terrestrisk laserskanning.

Sweco (2012) Sweco i Sverige. <http://www.sweco.se/sv/Sweden/Om-Sweco/> (2012-05-02)

Teodoliten (2012) Vi är Teodoliten. <http://www.teodoliten.se/om-oss/> (2012-05-03)

Trimble (2012) Trimble at a glance. http://ww2.trimble.com/corporate/about_at_glance.aspx (2012-04-10)

Trimble (2012) Datasheet. Trimble CX <http://www.trimble.com/power-process-plant/Trimble-CX-3D-Scanner.aspx> (2012-04-12)

Trimble (2012) Datasheet. Trimble FX 3D Scanner. <http://www.trimble.com/power-process-plant/Trimble-FX-3D-Scanner.aspx> (2012-04-12)

Trimble (2011) Trimble RealWorks V7.0 – module content.

Turk, G. (2000) The Stanford Bunny.
<http://www.cc.gatech.edu/~turk/bunny/bunny.html> (2012-05-03)

Tyréns (2012) Om Tyréns – Vi skapar bättre samhällen. <http://www.tyrens.se/sv/Om-Tyrens/> (2012-05-03)

WSP (2012) About WSP Group. <http://www.wspgroup.com/en/WSP-Group/About-WSP-Group/> (2012-05-04)

WSP (2012) Om WSP Sverige. <http://www.wspgroup.com/sv/WSP-Sverige/WSP-Sverige/Om-WSP-Sverige/> (2012-05-04)

Bilagor

Bilaga 1

Frågeformulär: tillverkare

1. Vilka är era säljargument till potentiella kunder?
2. Varför skall man välja era produkter, framför någon av de andra aktörernas produkter på marknaden?
3. Hur många olika laserskanners har ni och vilka är skillnaderna mellan dem?
4. Hur länge har ni erbjudit laserskanners?
5. Vilka programvaror/kringutrustning krävs för att man skall kunna skapa en komplett 3D-modell?
6. Hur fungerar avtal och service?
7. Vilka är kostnaderna?
8. Hur ser ni på utvecklingen av laserskanners?
9. Hur ser efterfrågan ut på era laserskanners?
10. Vilken kritik har ni fått på era laserskanners från era kunder? Vilken skulle den viktigaste förbättringen vara?
11. Hur fungerar era programvaror? Vilka program, plug-inprogram och/eller moduler är absolut nödvändiga?
12. Vad anser ni vara nästa "big thing" inom laserskanning?

Bilaga 2

Frågeformulär: externa konsultföretag

1. Utför ni laserskanningen på egen hand? (Om inte hoppa till fråga 11)
2. Vad anser ni vara viktigast att tänka på i skedet då kunden tillsammans med er, skall bestämma sig för att använda laserskanning eller inte?
3. Har ni egen skanningsutrustning, om så är fallet, vilket märke och modell?
4. Om ni inte har en egen laserskanner, varifrån hyr ni den i så fall?
5. Utför ni hela skanningsprocessen själva eller använder ni externa företag också, och i så fall vilket/vilka? Om ni gör allt själva, är det i så fall samma personer som skannar och modellerar?
6. Hur många personer har ni som skannar?
7. Hur ser efterfrågan ut på laserskanning idag och hur tror ni den kommer ändras framöver och varför?
8. Hur länge har ni hållit på med laserskanning?
9. Utför ni både in- och utvändig skanning?
10. Vilket är ert geografiska verksamhetsområde?
11. Vad har ni för erfarenheter av svårigheterna med laserskanning och efterföljande modellering?
12. Vilka är era argument till beställaren för att använda laserskanning?
13. Hur länge har ni modellerat ritningar? (förutsatt att ni gör det själva)
14. Vilka olika typer av 2D/3D- ritningar kan ni leverera? Exempelvis fasader, elevationer, K-ritningar osv.
15. Vilka format kan ni leverera? AutoCAD, Revit, endast som punktmoln eller annat?
16. Hur många har ni som efterbearbetar punktmolnen?
17. Ser ni en ökning av efterfrågan inom modellering/punktmolnsbearbetning?
18. Vilka är de ungefärliga kostnaderna då man anlitar er? Vad är det som kostar?
19. Vilket är det vanligaste önskemålet från beställare och vad vill de oftast ha levererat?
20. Utför ni hela ritprocessen själva eller använder ni helt eller delvis externa företag också, och i så fall vilket/vilka?
21. Vilka ser ni som de största bristerna med laserskanning och den tillhörande efterbearbetningen?
22. Hur betydelsefullt är det att den som modellerar även varit ute på plats och sett byggnaden? Vad riskerar annars att gå fel?
23. Vad har ni för krav och önskemål på beställaren? Vad förväntar ni er av dem?
24. Varför skall Skanska anlita just er för laserskanning/modellering?

Bilaga 3

Questionnaire: SCUP – India

1. Are there any requirements from you before receiving a point cloud?
2. What have you experienced as a positive aspect with laser scanning?
3. What are your experiences of the difficulties when modelling a point cloud?
4. How significant would it be if the persons modelling also had seen the actual building?
5. What file formats are preferred when receiving a point cloud?
6. What different kinds of CAD software do you use for modelling point clouds?
7. For how long have you modelled drawings from point clouds?
8. What type of objects have you modelled, with point cloud as a reference?

Bilaga 4



SCAN to BIM Input Data checklist:

Input data required:

1. The point clouds data in following format:
FLS, FWS, LAS, PTG, PTS, PTX, XYB, XYZ
2. Site photos:
 - a. *Existing photos of the area for more visual clarity of the site.*
 - b. *Detailed photos of the area to be modeled with maximum accuracy*
 - c. *Panoramic photos if any*
3. Legacy drawings :
 - a. *Drawings or sketches of the existing building for reference if any*
4. Scope of area:
 - a. *Please demarcate or mention clearly the boundaries of the model*
5. Modeling Scope:
 - a. *Wall, Decals(names on building), claddings on walls,*
 - b. *Aesthetical features like corbels, arches etc on walls, around openings, columns*
 - c. *Doors, windows, openings*
 - d. *Beams, Girders, Column, Slabs, floors, sun shades*
 - e. *Ground, Roads, Curbs*
 - f. *Landscape features like signage posts, trees etc*
 - g. *Any other please specify*
6. Objective of the modeling
 - a. *As built Model*
 - b. *As built drawings from model*
 - c. *Renovation of structure*
 - d. *Renovation of the ventilation services*
 - e. *Energy Analysis calculation*
 - f. *Part or full Demolition*
 - g. *Coordination between old and new structures*
 - h. *Coordination between old and new ventilation services*
 - i. *Preserving heritage buildings and repair*
 - j. *Finding wear and abrasion of the structural elements and retrofitting*
7. Level of accuracy expected
 - a. *± 10mm*
 - b. *± 25mm*
 - c. *± 50mm*

8. Modeling Platform/Software

- a. *AutoCAD Architecture (DWG)*
- b. *AutoCAD MEP for MEP services (DWG)*
- c. *Revit 2011 (RVT)*
- d. *Revit 2012 (RVT)*
- e. *Any other please specify*

9. Output format

- a. *DWG*
- b. *IFC*
- c. *RVT*
- d. *Navisworks (NWD)*

10. Expected delivery/ Model submission dates or Schedule

- a. _____
- b. _____
- c. _____

11. Any other instructions please specify

- a. _____
- b. _____

Bilaga 5

Skanska Sverige AB 1(3)

SKANSKA

Datum:

Kort beskrivning av projektet och vad laserskanningen i stora drag är tänkt att användas till:

Önskemål om utförd laserskanning:

1. Byggnad som skall skannas:
 - a. Typ av byggnad: _____
 - b. Ungefärlig area: _____

2. Scan-data skall användas som:
 - a. Underlag till 2D-ritningar
 - b. Underlag till 3D-modell
 - c. Enbart ett punktmoln utan fortsatt modellering
 - d. Annat: _____

3. Omfattning av skanning:
 - a. Invändigt
 - b. Utvändigt
 - c. Tak
 - d. Omgivande mark
 - e. Omgivande byggnader
 - f. Bärande element
 - g. Installationer
 - h. Våningsplan: ____ till ____

4. Befintligt underlag:
 - a. Ritningar och/eller 3D-modell
 - b. Fotografier över aktuellt område

5. Önskat referenssystem
 - a. SWEREF
 - b. Lokalt referenssystem
 - c. Båda ovanstående
 - d. Annat: _____

Intern information

Datum:

6. Typ av punktmoln:
 - a. Svart-vitt
 - b. Med intensitetsfärger
 - c. Med verkliga färger

7. Filformat som möjliggör användning i:
 - a. AutoCAD 2010
 - b. Revit 20____
 - c. Navisworks 20____
 - d. ArchiCAD
 - e. Annat: _____

Önskemål om vidare modelleringsarbete:

8. Område som skall modelleras (ex. enstaka rum, fasader, våningsplan, detaljer):

9. Synliga byggnadselement i modellen:
 - a. Ytterväggar, fasadbeklädnad, logotyper, solskydd m.m.
 - b. Estetiska funktioner och stuckaturer
 - c. Dörrar, fönster och öppningar
 - d. Balkar, pelare, grundplatta, bjälklag
 - e. Mark, vägar, trottoarkanter,
 - f. Landskapselement som skyltar, träd, stolpar m.m.
 - g. Annat: _____

10. Syfte med färdig modell är:
 - a. Relationsmodell
 - b. Relationsritningar från modell
 - c. Renovering av stomme
 - d. Renovering av ventilationssystem
 - e. Energiberäkningar och analys
 - f. Delvis eller fullständig rivning
 - g. Samordning mellan gamla och nya byggnader
 - h. Samordning mellan gamla och nya ventilationssystem
 - i. Bevarande och restaurering av äldre byggnader
 - j. Annat: _____

Intern information

Datum:

11. Förväntad noggrannhet på färdig modell:

- a. ± 10 mm
- b. ± 25 mm
- c. ± 50 mm
- d. Annat: _____

12. Önskat filformat:

- a. DWG
- b. IFC
- c. RVT
- d. Navisworks (NWD)
- e. Annat: _____

13. Önskat leveransdatum: _____

14. Övriga instruktioner:

Intern information