

Implementering av Reality Capture i byggbranschen

Shilan Haidar Abdulla



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright ©Shilan Haidar Abdulla

Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion, Lunds tekniska högskola, Lund

LUTVDG/TVBP-21/5632-SE
Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion
Box 118
SE-221 00 LUND

Lund University
Lund 2021

Abstract

Title	Implementation of Reality Capture in the construction industry.
Authors	Shilan Haidar Abdulla
Supervisors	Anne Landin, Lund university, Faculty of engineering Tanja Wictor, Support Manager, Skanska Hus Syd
Examiner	Radhlinah Aulin, Lund university, Faculty of engineering
Background	<p>The construction industry in general and the construction management in particular are dependent on the physical workplace. The current event with Covid restrictions had made it more difficult for actors in the construction projects to conduct physical work visits. Therefore, it is time to implement Reality Capture and evaluate the potential of virtual site visits in construction site. In practice, it will look similar to Google Street View, where it is possible to view different streets and corners in 360° images from a computer screen. But instead, it will be possible to look at a site project in real-time by using a software that applied Reality Capture, for example Reconstruct.</p>
Problem	<p><i>-Can Reality Capture optimize the process documentation?</i> <i>-Can 360° camera technology and Reality Capture contribute to cost efficiency and time savings?</i> <i>-How do different actors relate to Reality Capture?</i> <i>-Which part of the construction process has the greatest benefit from Reality Capture and 360° camera technology?</i></p>

Purpose

The main purpose with this master thesis is to investigate whether or not documentation with a 360° camera can optimize the documentation work within construction management. Furthermore, this thesis will investigate if the implementation of Reality Capture in a construction project can contribute to cost efficiency and time savings. During the implementation of the software Reconstruct different actors in a reference project have been given access to image material, in order to evaluate the software and the technology Reality Capture.

Method

The working methods consist of three phases, pre-study phase, implementation phase and evaluation phase. Quantitative and qualitative analysis have been combined, and they consisted of implementation of Reconstruct in a reference project, literature study, two evaluation surveys and cost calculations.

Conclusion

In the first evaluation survey before the implementation, 66,7% of the respondents answered that they think 360° images in the construction site can optimize or help them with their work. After having tested the software Reconstruct, which implements Reality Capture, 83,3% of the respondents answered that the technology can optimize or help their work. However, a majority of the respondents were not satisfied with the software's performance. This was primarily due to the fact that the respondents used computers with a poorer processor than what Reconstruct recommends. Furthermore, the cost calculation that has been done in this thesis, has shown that using Reconstruct can result in reduction in travel costs with 85%, reduction in inspection work with 50% and reduction in re-work with 2,58 million SEK by assuming that Reconstruct can prevent 1% of rework. This calculation is based on a reference project in Malmo, Sweden, with an area of 108 000 square meters, where the budget for the project is 4,3 billion SEK.

Keywords

360° camera, point cloud, photogrammetry, Reality Capture, Reconstruct, Structure from motion (SfM)

Sammanfattning

Titel	Implementering av Reality Capture i byggbranschen.
Författare	Shilan Haidar Abdulla
Handledare	Anne Landin, Lunds tekniska högskola Tanja Wictor, Supportchef, Skanska Hus Syd
Examinator	Radhlinah Aulin, Lunds tekniska högskola
Bakgrund	Byggbranschen i allmänhet och byggproduktion i synnerhet är beroende av den fysiska arbetsplatsen. Den rådande situationen med Covid restriktioner har gjort det svårare för aktörer på byggprojekt att genomföra fysiska arbetsplatsbesök. Därmed är det i hög tid att implementera tekniken Reality Capture och utvärdera potential för virtuella arbetsplatsbesök i byggproduktion. I praktiken skulle det nästan se ut som Google Street View där man kan titta på världens olika gator och hörn i 360° bilder från en datorskärm men istället ska man nu kunna titta på ett byggprojekt i realtid, våning för våning och rum för rum.
Frågeställning	<i>-Kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer? - Kan 360° kameratekniken och Reality Capture bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing? - Hur förhåller sig olika aktörer till Reality Capture? - - Vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture och 360° kameratekniken?</i>
Syfte	Det primära syftet med detta examensarbete är att undersöka huruvida dokumentation med en 360° kamera kan effektivisera dokumentationsarbete inom byggproduktion. Vidare ska detta examensarbete

undersöka om tillämpning av Reality Capture på byggprojekt kan bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing. Under implementationen av programvaran Reconstruct har olika aktörer på ett referensprojekt fått tillgång till bildmaterial för att sedan utvärdera programmet och tekniken Reality Capture.

Metod

Arbetsmetodiken består av tre faser, förstudiefas, implementeringsfas och utvärderingsfas. Kvantitativ- och kvalitativundersökningar har kombinerats i denna studie, som bestod av fyra delar; implementering av Reconstruct på ett referensprojekt, litteraturstudie, två utvärderingsenkäter samt kostnadsberäkningar.

Slutsats

I den första utvärderingsenkät innan implementering svarade 66,7% av medarbetarna tror att 360° bilder på byggarbetsplatsen kan effektivisera eller underlätta deras arbete. Efter att medarbetarna fick testa programvaran Reconstruct som tillämpar Reality Capture, svarade 83,3% att tekniken kan effektivisera eller underlätta deras arbete. Däremot var en stor majoritet inte nöjda med programmets prestanda. Detta beror främst på att medarbetarna använde datorer med sämre processor än vad Reconstruct rekommenderar. Vidare har kostnadskalkylen som upprättades i studien visat att användning av Reconstruct kan bidra till reduktion av resekostnader med 85%, reduktion av inspektionsarbete med 50% och reduktion av ÄTA-arbete med 2,58 miljoner med antagande att Reconstruct kan förhindra 1% av ÄTA-arbete. Kostnadskalkylen är baserad på ett referensprojekt vars area är 108 000 kvm och totalkostnad uppskattats att bli 4,8 miljarder.

Nyckelord

360° kamera, punktmoln, fotogrammetri, Reality Capture, Reconstruct, Structure from motion(SfM)

Förord

Detta examensarbete utgör den avslutande delen av civilingenjörsprogrammet väg- och vattenbyggnad vid Lunds tekniska högskola. Jag vill först och främst tacka min familj och min fästman Seif som har uppmuntrat mig under 33 genomförda tentor, om inte fler.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Tanja Wictor som har väglett mig och stöttat mig under min start på Skanska. Vidare vill jag tacka Emil Hagman, Henrik Ljungman, Eric Jacobson och Malin Göransson som har bidragit med kamerautrustning och stöd vid arbetets uppstart. Jag vill även tacka alla medarbetare på projektet NVM, Skanska som visade ett stort engagemang för mitt exjobb och deltog i studiens utvärderingsenkäter.

Ett stort tack till min handledare Anne Landin som har bidragit med värdefulla synpunkter under arbetets gång och jag vill även tacka min examinator Radhlinah Aulin som har också varit min lärare under min utbildning.

Slutligen vill jag tacka Mani Golparvar och Shayegan Shakeri på Reconstruct som har bidragit med extern handledning under implementering av deras programvara.

Lund den 22 maj 2021

Shilan Haidar Abdulla

Innehållsförteckning

Abstract	3
Sammanfattning	6
Förord	8
Begreppsförklaringar	11
1 Inledning	12
1.1 Bakgrund	12
1.2 Problemformulering	13
1.3 Syfte.....	13
1.4 Frågeställningar.....	14
1.5 Avgränsningar	14
1.6 Målgrupp.....	14
2 Metod	15
2.1 Förstudiefas.....	15
2.2 Implementeringsfas	16
2.3 Utvärderingsfas	16
2.4 Medarbetarnas roll i denna studie	17
2.5 Val av metod; kvantitativ- eller kvalitativundersökning?.....	17
2.6 Reliabilitet och validitet.....	19
2.7 Referensprojektet NVM.....	21
3 Teori	22
3.1 Vad är Reality Capture?.....	22
3.1.1 Reality Captures implementationer i olika branscher.....	23
3.2 Fotogrammetri	24
3.2.1 Skapande av 3D-modeller i den digitala fotogrammetrin	26
3.3 Programvaran Reconstruct	28
3.4 Fler användbara funktioner i Reconstruct	34
3.4.1 Tidplan	34
3.4.2 Mätningsverktyg i Reconstruct	34
3.4.3 Möjlighet till traditionell dokumenteringsmetod via appen	35

4	Resultat.....	36
4.1	<i>Redovisning av utvärderingsenkäten innan implementering</i>	36
4.2	<i>Levererat bildmaterial under implementeringen.....</i>	39
4.3	<i>Beräkning på kostnadseffektivitet och tidsbesparing</i>	40
4.3.1	<i>Reducering av resekostnader</i>	40
4.3.2	<i>Traditionell dokumenteringsmetod vs Reconstruct</i>	41
4.3.3	<i>Reducering av inspektionsarbete och uppföljning</i>	42
4.3.4	<i>Reducering av ÄTA-arbeten.....</i>	43
4.4	<i>Resultat från utvärderingsenkäten efter implementeringen</i>	44
5	Analys	48
5.1	<i>Reconstructs användningsvänlighet</i>	48
5.1.1	<i>Programmets prestanda.....</i>	48
5.1.2	<i>Utmaningar under implementeringen</i>	50
5.3	<i>Reality Capture under byggprocessens olika delar- En långsiktig användning....</i>	52
5.4	<i>Kostnadskalkylens trovärdighet.....</i>	54
6	Diskussion	55
6.1	<i>Virtuella arbetsplatsbesök, en helhetslösning eller ett komplement</i>	55
6.2	<i>Förslag till vidare studier</i>	56
7	Slutsats.....	57
7.1	<i>Kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer?</i>	57
7.2	<i>Kan 360° kameratekniken och Reality Capture bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing?</i>	57
7.3	<i>Hur förhåller sig olika aktörer till Reality Capture?</i>	58
7.4	<i>Vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture?.....</i>	58
	Källförteckning	59
	Figurförteckning	62
	Bilaga 1	63
	Bilaga 2	72
2.1	<i>Utvärderingsenkät innan implementering.....</i>	72
2.2	<i>Utvärderingsenkät efter implementering</i>	74

Begreppsförklaringar

360° kamera	En kamera som har två eller fler sensorer med vidvinkelobjektiv som kan filma i 360° grader.
Fotogrammetri	Ett teknikområde som avser att göra mätningar med hjälp av fotografier. Utifrån fotografier kan storlek, form och längd mätas hos det fotograferade objektet. Därefter kommer objektet att återskapas i digital form.
Laserskanning	En metod som använder laserstråle för att skapa en avbild av ett objekt med exakta mått tredimensionellt.
NVM	Förkortning för Nya vårdbyggnaden i Malmö, som utgör ett referensprojekt i detta arbete.
Punktmoln	Stort antal punkter som åskådliggör den yttre formen på ett tredimensionellt objekt. Varje punkt i punktmolnet identifieras med x, y, z-koordinater.
Reality Capture	Ett samlingsnamn för metoder som skapar en digital kopia av ett verklighetsobjekt. Här ingår både fotogrammetri och laserskanning.
Reconstruct	En programvara som tillämpar Reality Capture och 360° kamerateknik för att skapa 3D-modeller på byggprojekt.
SfM	Förkortning för structure from motion och är en fotogrammetrisk avbildningsteknik som uppskattar tredimensionella strukturer på ett objekt utifrån tvådimensionella bildsekvenser.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

År 2020 har fört med sig många utmaningar och med en pågående pandemi har en stor majoritet av arbetsplatser behövt förflytta sig till den virtuella världen för att bromsa smittspridningen. Men om det tas en närmare titt på byggbranschen kommer man inse snabbt att det kan vara svårt att utföra vissa arbetsuppgifter från sitt hemkontor. Detta gäller främst arbetsmoment som är relaterade till byggproduktion såsom uppföljning och egenkontroller på utförda arbeten. Byggbranschen i allmänhet och byggproduktion i synnerhet är beroende av den fysiska arbetsplatsen för att kunna följa upp framdriften i projekt men vore det inte revolutionärt om man kunde hitta ett arbetssätt som minimerar behovet av att vara på byggarbetsplatsen?

I praktiken skulle det nästan se ut som Google Street View där man kan titta på världens olika gator och hörn i 360° bilder från en datorskärm men istället ska man nu kunna titta på ett byggprojekt i realtid, våning för våning och rum för rum. Tekniken heter Reality Capture och är nyetablerad i byggbranschen men den har tidigare tillämpats i andra branscher såsom turism- och fastighetsbranschen. Reality Capture består av två metoder, fotogrammetri och laserskanning. I detta examensarbete kommer en programvara som tillämpar fotogrammetri att implementeras på ett byggprojekt. Reality Capture inom byggproduktion har utvecklats av en rad skilda företag, såsom Holobuilder och Reconstruct. Den nya tekniken bygger på ett enkelt digitalt verktyg, nämligen en 360° kamera. Genom att använda en 360° kamera kan byggprojekt dokumenteras tredimensionellt.

Mjukvaruföretag som tillämpar tekniken menar att Reality Capture tros ge många fördelar såsom att arbetsledarna kommer att ägna mindre tid på att dokumentera och istället fokusera på att analysera bildmaterial. Enligt företaget Reconstruct kommer dokumentationstid att reduceras med 50%. En annan fördel är att det kommer vara möjligt att kunna i realtid se vad som byggs kontra vad som borde byggas, vilket i sig kan förbättra kvalitén. Bildmaterial kan även användas för att mäta och lägga till kommentarer och anmärkningar. 360° bilder tas manuellt av en ansvarig person.

1.2 Problemformulering

Enligt en rapport från Boston Consulting Group är byggbranschen den näst minst digital av alla samhällsbranscher (Byggindustrin 2019). Sedan dess har både den akademiska världen och näringslivet försökt accelerera digitaliseringsarbetet i byggbranschen. Under de senaste åren har det utvecklats digitala verktyg, programvaror och appar som idag används av diverse byggföretag och utgör ett hjälpmedel för att organisera och dokumentera arbetet på byggprojekt. En mobilkamera är det verktyget som vanligtvis används för att dokumentera uppföljningen av ett arbetsmoment i produktion. Bilder som tas med en mobilkamera kan därefter hamna lite överallt beroende på dess syfte. Bilderna kan exempelvis hamna på protokoll som är avsedd för miljö- eller skyddsround. Bilderna kan även hamna på programvaran BIM 360 Field, som många byggföretag använder för att upprätta egenkontroller. Bilder på byggarbetsplatsen ger en visualiserad beskrivning på en situation och kan förbättra kommunikationen mellan parterna. Men frågan som kvarstår, är bilderna som tas med en mobilkamera en tillräcklig metod för att upprätta visuella dokumentationer på ett byggprojekt? Bilderna som tas med mobilkamera är tvådimensionella vilket betyder att det visar en situation från en viss vinkel och det finns risk att man går miste om information som finns utanför bildens gräns. Men om det tas tredimensionella bilder som även kallas 360° bilder eller panoramabilder kommer man kunna se en situation från alla vinklar och därmed fås en helhetsbild av situationen.

1.3 Syfte

Det primära syftet med detta examensarbete är att undersöka huruvida dokumentation med en 360° kamera kan effektivisera dokumentationsarbete inom byggproduktion. Vidare ska detta examensarbete undersöka vilka aktörer i byggbranschen vars arbetsuppgifter kommer att kunna underlättas vid användning av en programvara som tillämpar Reality Capture. Begreppet Reality Capture är relativt ny i den svenska byggbranschen och det långsiktiga syftet med detta examensarbete är att introducera den nya tekniken till olika aktörer som arbetar i ett byggprojekt. Aktörerna kommer ta del av implementationen som kommer ske i denna studie.

1.4 Frågeställningar

Efter genomförandet av examensarbetet skall nedanstående frågeställningar besvaras.

- Kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer?
- Kan 360° kameratekniken och Reality Capture bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing?
- Hur förhåller sig olika aktörer till Reality Capture?
- Vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture och 360° kameratekniken?

1.5 Avgränsningar

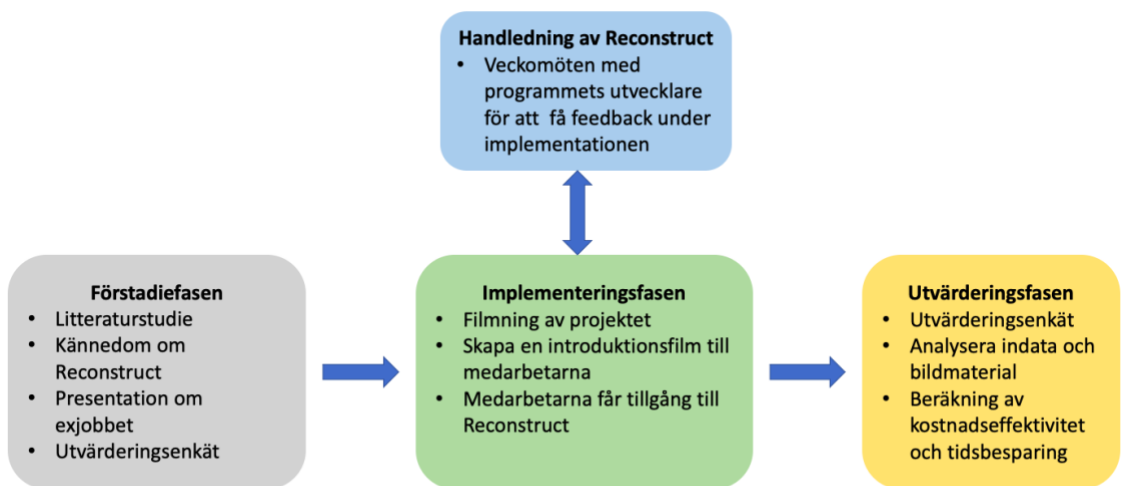
Det finns flertal programvaror som tillämpar Reality Capture på byggprojekt. I denna studie kommer endast en programvara tillämpas och valet föll på Reconstruct. Vid en begränsad tidsperiod kommer arbetet på ett byggprojekt att dokumenteras. Projektet som kommer dokumenteras är den nya vårdbyggnaden i Malmö (NVM). På grund av den begränsande tiden kommer det göras en avgränsning på ytan som skall fotograferas. Projektet består av två byggnader men endast en byggnad kommer att filmas. Litteraturstudien i detta arbete kommer att fokusera på den delen av Reality Capture som tillämpar fotogrammetri då det är den metoden som har implementerats i fallstudien. Läsaren hänvisas till vidare litteraturer för att läsa mer om laserskanning.

1.6 Målgrupp

Studien är främst riktad till teknologer som vill lära sig mer användning av Reality Capture i byggbranschen. En del av arbetets målsättning är att undersöka vilken målgrupp som har störst nytta av Reality Capture och 360° kamerateknik. Under arbetets gång kommer tekniken att introduceras till olika aktörer som jobbar på sjukhusprojektet NVM i Malmö. Därmed är detta arbete även riktad till aktörer som arbetar i byggbranschen.

2 Metod

Examensarbetet arbetsmetod består av tre kronologiska faser, förstudiefas, implementeringsfas och utvärderingsfas.



Figur 1 Illustrativt schema över studiens arbetsprocess

2.1 Förstudiefas

Under förstudiefas gjordes det initiala arbetet med informationssamling samt utöka förståelsen för programvaran Reconstruct. Det gjordes en litteraturstudie om diverse ämnen som är kopplade till arbetet, nyckelorden i litteraturstudien var bland annat Reality Capture, 360°amerateknik, fotogrammetri, laserskanning och punktmoln. Litteraturstudien ligger till grund för teoridelen i detta arbete och den gjordes med hjälp av LUBsearch och Google scholar.

Under förstudiefasen var det ytterst viktigt att få bättre kännedom om Reconstruct, som är det programmet som har tillämpats under arbetets gång. I Skanska har man sedan tidigare implementerat Reconstruct på projektet Citygate i Göteborg. Kontorsbyggnaden Citygate kommer med sina 36 våningar och 144 meter vara Nordens största kontorshus (Skanska u.å). I Citygate har man främst fokuserat på att filma utvändiga områden såsom logistikområdet inom byggarbetsplatsen. Under förstudiefasen har indata på Citygate i Reconstruct studerats. Examensarbetets idé presenterades för medarbetarna som arbetar på fallstudiens referensprojekt och därefter skickades en utvärderingsenkäten för att bedöma aktörernas syn på Reality Capture. Förstudiefasen pågick i 8 veckor.

2.2 Implementeringsfas

Implementeringen av Reconstruct på projektet Nya vårdbyggnaden i Malmö gjordes under tidsperioden 11 januari- 5 februari 2021 vilket motsvarar 4 veckor. Under testperioden har referensprojektet dokumenterats med en 360° kamera, därefter har filmfilerna laddats upp i Reconstruct för vidare bearbetning. Under det senare skedet av testperioden har medarbetarna på projektet fått tillgång till Reconstruct. Implementeraren som är vid det här fallet teknologen som utförde detta examensarbete hade inga tidigare erfarenheter av Reconstruct. Därav var en stor del av implementeringsfasen en lärandeprocess där implementeraren fick testa sig fram för att uppnå en tillfredställande resultat, exempelvis har två kameror och olika kamerautrustning testats för att hitta det verktyget som gav det mest tillfredställande resultat. Under de två första veckorna av implementeringen användes kameran Garmin Virb 360 men utvecklarna på Reconstruct upplevde att bildkvalité inte var optimal. Därefter testades en annan kamera på den resterande tiden av implementeringen. Den andra kameran som testades var Insta360 one X och bildkvalité förbättrades. Under implementeringen pågick en kontinuerlig dialog med företaget Reconstruct för att få extern handledning. En gång i veckan hölls ett möte med Reconstruct för uppföljning av dokumentationsarbetet som upprättades under veckan som har gått. Personerna som deltog i veckomöten var Mani Golparvar, en av grundaren till Reconstruct och professor i University of Illinois och Shayegan Shakeri, junior Product manager på Reconstruct.

2.3 Utvärderingsfas

Utvärderingsfas bestod av två delar. Den ena delen handlar om utvärdering för implementeraren och som är i detta fall teknologen som utförde denna studie. Implementeraren har beräknat den totala tidsåtgång som behövs för att fotografera

bygget och därmed kunna undersöka om arbetssättet bidrar till tidsbesparing. Implementeraren har även utvärderat programvarans svårighetsgrad och användarvänlighet. Den andra delen av utvärderingen gäller användaren. Användaren är den som har tagit del av studiens implementation i Reconstruct. I detta fall är användarna medarbetarna på referensprojektet NVM. För att kunna undersöka medarbetarnas synpunkter på Reconstruct och tekniken Reality Capture skickades utvärderingsenkäter innan respektive efter implementering.

2.4 Medarbetarnas roll i denna studie

En viktig del av detta arbete var att involvera medarbetarna på projektet NVM då de utgör en viktig faktor för studiens resultat. Det hölls presentationer vid två olika tillfällen för att informera medarbetarna om implementeringen som kommer att ske på deras arbetsplats. Medarbetarna blev informerade under presentationen om att de kommer få tillgång till programvaran Reconstruct och att det kommer kontinuerligt levereras bildmaterial på projektet under 4 veckors tidperiod. De blev även informerade om att de kommer medverka i denna studie. Detta skulle ske genom medarbetarna får tillgång till indata på Reconstruct samt delta i två utvärderingsenkäter. Den första utvärderingsenkäten skickades ut direkt efter presentationen innan implementeringsfasen startades. Den andra utvärderingsenkäten skickades efter att implementeringsfasen avslutades. Syftet med utvärderingsenkäten innan implementering var att undersöka hur olika aktörer förhåller till Reality Capture innan de testat tekniken. Några av frågorna som fanns i den första utvärderingsenkäten återkom även i den andra utvärderingsenkäten efter implementeringen. Detta gjordes för att undersöka om huruvida medarbetarnas förhållningssätt har förändrats efter att de har testat Reconstruct.

2.5 Val av metod; kvantitativ- eller kvalitativundersökning?

När en studie utförs behöver man resonera om vilken typ av undersökningsmetod som är lämpligast att tillämpa. Kvantitativa och kvalitativa metoder är de allra vanligaste metoder som används i forskning. Beroende på studiens syfte och utformning kan en av metoderna föredras mer än den andra. Kvantitativ metod är utformad på ett sådant sätt att den samlar in kalla fakta. Genom en kvantitativundersökning kommer man kunna bekräfta en hypotes utifrån objektiva observationer (Svensson 2015). Medan kvalitativ metod vanligtvis utgår från tidigare forskning och den samlade data kan bestå av åsikter och synpunkter i form av undersökningsenkäter eller intervjuer. Kvantitativ- och kvalitativundersökning

är inte motstridiga och de kan komplettera varandra. I denna studie har kvantitativ- och kvalitativundersökningar kombinerats. Detta motiveras i att frågeställningarna som skulle besvaras i denna studie är av olika slag. Vissa av frågeställningarna tros kunna besvaras utifrån implementeringen och utvärderingsenkäterna medan en annan frågeställning krävde ytterligare underlag i form av beräkningar för att kunna uppnå en hög grad av reliabilitet i studiens resultat.

Frågeställningarna kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer och vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture och 360° kameratekniken besvarades genom en litteraturstudie samt genom att själv undersöka frågan med hjälp av implementering av Reality Capture på ett verkligt byggprojekt. Detta tillvägagångsätt valdes för att den informationen som har erhållits från tidigare forskning var generella eller baserade på en annan programvara än den som användes i denna studie. Det i sig kan vara en felkälla eftersom en stor vikt av frågan beror på programvarans användarvänlighet och prestanda.

Den tredje frågeställningen undersökte huruvida 360° kameratekniken och Reality Capture kan bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing. I denna frågeställning eliminerades kvalitativundersökningar. Detta beror främst på att parametrarna kostnadseffektivitet och tidsbesparing kan analyseras numerisk. Frågeställningen har istället besvarats genom kostnadskalkyler. Kalkylmetoden och ekvationerna som användes i kalkylen hämtades från Reconstructs grundare, Mani Golparvar. De antagande som var nödvändiga att göras i beräkningarna bearbetades med handledaren och supportchefen på projektet, Tanja Wictor. Den fjärde frågeställningen som undersökte hur olika aktörer förhåller till Reality Capture är en subjektiv fråga. Därmed har den besvarats med hjälp av en kvalitativundersökning, där medarbetare med olika roller fick svara på utvärderingsenkäter och baserat på deras svar kunde man analysera hur de förhåller sig till tekniken.

Tabell 1 sammanställning på de tillvägagångsätt som valdes för respektive frågeställning.

Frågeställning	Metod	Verktyg
Kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer?	Kombination av kvantitativ- och kvalitativundersökning	Litteraturstudie, implementering
Kan 360 kameratekniken och Reality Capture bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing?	Kvantitativundersökning	Kostnadsberäkningar.
Hur förhåller sig olika aktörer till Reality Capture?	Kvalitativundersökning	Utvärderingsenkät innan & efter implementeringen
Vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture och 360 kameratekniken?	Kombination av kvantitativ- och kvalitativundersökning	Litteraturstudie, implementering,

2.6 Reliabilitet och validitet

Reliabilitet och validitet är två kriterier som bedöms för att utvärdera studiens resultat. Validitet avser mätresultatets relevans i förhållande till vad som ska åstadkommas med mätningarna. Medan reliabilitet avser huruvida mätningarna är utförda på ett tillförlitligt sätt. Hög validitet förutsätter hög reliabilitet men vice versa gäller inte alltid. Detta examensarbete bestod av fyra delar, implementering, litteraturstudie, två utvärderingsenkäter och kostnadsberäkningar, varav implementering av Reality Capture på ett verkligt byggprojekt var den allra viktigaste del av studien. De nämnda delarna i studien bestod av en kombination av kvantitativ data och kvalitativ data. Baserad på vilken typ av data som analyseras kan kriterierna reliabilitet och validitet bedömas utifrån olika ståndpunkter. De ursprungliga definitionerna av reliabilitet och validitet är framtaga för studier med kvantitativ ansats men eftersom kriterierna har använts flitigt inom det vetenskapliga paradigmet har de även tillämpats inom forskning med kvalitativ ansats (Gunnarsson 2020).

Eftersom studien bestod av olika delar bör kriterierna reliabilitet och validitet bedömas enskild för varje del. Implementering av Reconstruct utgör en kvantitativundersökning och var studiens grundsten. Implementering av Reconstruct har gjort det möjligt att skapa egna uppfattningar och slutsatser som inte är endast baserade på tidigare forskning utan även baserat på egna indata. Implementeringen uppföljdes av utvecklingarna på företaget Reconstruct där de exempelvis gav förslag på förbättringar på att uppnå hög bildkvalité vilket i sig medför en hög reliabilitet. Bildmaterialen som upprättades i implementeringen skulle senare användas av medarbetarna på referensprojektet för att därefter ge sina synpunkter om Reality Capture och Reconstruct i en utvärderingsenkät. Därmed har implementeringen i studien bedöms att ha en hög validitet.

I studien upprättades två utvärderingsenkäter, den första skickades ut till två arbetsgrupper på referensprojektet och hade 21 respondenter. Efter att implementeringen påbörjades på projektet skickades ett mail till samtliga medarbetare där de som var intresserade av att använda Reconstruct kunde få tillgång till programmet, varav 25 personer visade intresse. Under utvärderingsfasen skickades den andra utvärderingsenkät till samtliga personer som hade tillgång till Reconstruct, endast 12 av 25 svarade på utvärderingsenkäten. Det är viktigt att ha i åtanke att bland de 12 respondenter som deltog i den andra utvärderingsenkäten, hade inte alla svarat på den första utvärderingsenkät innan implementering. Det i sig kan medföra en felkälla i studiens resultat samt kan bidra till lägre reliabilitet. Resultat från

utvärderingsenkät bedöms att kunna ha uppnått högre precision om exakt samma respondenter svarade på både utvärderingsenkäterna.

Den fjärde delen av studien var att undersöka om Reality Capture kan bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing. Detta skulle undersökas genom en kvantitativundersökning som består av kostnadsberäkningar. Kostnads kalkylen är baserat till största del av egna antaganden. Detta kan leda till att beräkningarnas validitet kan ifrågasattes av läsaren. Eftersom vid insättning av andra värden i kalkylen kan leda till andra slutsatser. Författaren har i bästa mån försökt vara konsekvent i de antaganden som gjordes i kalkylen.

2.7 Referensprojektet NVM

På uppdrag av Region Skåne bygger Skanska den nya vårdbyggnaden i Malmö (NVM). Projektet NVM är upphandlat som en generalentreprenad i samverkan. Vårdbyggnaden omfattar 108 000 kvm som är omfördelat i två kroppsbyggnader, döpta till byggnad 35 och byggnad 36. Vårdbyggnaden kommer rymma, en sterilcentral, 240 enkelvårdsrum och 24 operationssalar, hybridsalar, mottagningar och intensivvårdsrum. Projektet befinner sig i produktionsstadiet i skrivande stund och beräknas att vara färdigställd i årsskiftet 2024/2025 (Wictor 2020). Den nya vårdbyggnaden i Malmö utgör ett referensprojekt i detta examensarbete. Byggnad 35 kommer att dokumenteras med en 360° kamera och de våningsplan som kommer filmas är plan 10-20 medan plan 08-09 som motsvarar källarvåningar har uteslutits från studien. Detta beror på att källarvåningar hade för dålig belysning för att kunna filmas.



Figur 2 Projektet NVM vid färdigställande (White arkitekter u.å)

Plan 08-09	Motsvarar källarvåningar som är anslutna till sjukhusområdets sammankopplade kulvertar.
Plan 10	Entréplan som är delvis publik med vårdlokaler och teknikutrymmen.
Plan 11-13	Omfattar vårdlokaler för tung vård samt sterilteknik.
Plan 14	Utgör till största del av teknikutrymmen samt i mindre omfattning av administrativa lokaler.
Plan 15-18	Omfattar vårdlokaler för lättare vård.
Plan 18-20	Utgör teknikutrymmen.

3 Teori

3.1 Vad är Reality Capture?

Enkelt förklarat kan man säga att Reality Capture är processen som skapar en digital kopia av verkligheten. Det finns idag två tekniker som associeras med begreppet Reality Capture, fotogrammetri och laserskanning. Med hjälp av fotografier och laserskanningar skapar man 3D-modeller (Autodesk 2017). I fotogrammetri används bilder på objekten för att återskapa objekten i en digital form medan i laserskanning tillämpas laserpuls för att mäta punkters avstånd på en yta och utifrån det skapas en 3D-modell (Nordkvist& Olsson 2013).

Det finns idag ett behov av att dokumentera byggprojekt visuellt och de dokumentationsmetoder som tillämpas idag är analoga och otillräckliga. Oavsett om man vill dokumentera ett renoveringsprojekt, storskaligt byggprojekt eller ett infrastrukturprojekt så är mätningstekniken och dokumentationsprocessen densamma. Första steg i dokumentationsprocessen är att framta byggritningar och när det gäller renoveringsprojekt kan det finnas risk att byggritningarna är så pass gamla att de inte är redigerbara på CAD eller ett annat likartat datorprogram. Efter framtagning av byggritningar görs arbetsplatsbesök för att verifiera och kontrollera att befintliga förhållanden stämmer överens med ritningarna. Sista steg i dokumentationsprocessen är att finna ett sätt att dokumentera komplicerade och svårt mäta byggdetaljer såsom avlånga rörledningar eller ventilationsschakt. Dokumentation med hjälp av en kamera är den absolut mest förekommande arbetssätt (Autodesk 2017).

Företaget Autodesk hävdar att den traditionella nämnda dokumenteringsmetoden är tidkrävande, ineffektiv och har en begränsad noggrannhet. Vidare menar företaget Autodesk att Reality Capture håller på att förändra sättet man mäter och dokumenterar byggprojekt. Ett känt exempel där man har implementerat Reality Capture är Glen Canyon Dam, som är den näststörsta dammbyggnad i USA. Dammen färdigställdes i mitten av 1960-talet innan CAD var ett etablerat arbetsverktyg. Det enda underlag som finns på Glen Canyon dam är över 10 000 gamla bygghandlingar i pappersform. Byggritningarna på Glen Canyon ritades för hand på ett så kallat vinklingsbart ritbord som arkitekter och ingenjörer använde sig av förr i tiden. Detta medförde stora utmaningar när det kommer till driv och

underhåll av dammen. Problemet är inte unikt för Glen Canyon, det finns idag över 58 000 dammar i världen varav hälften av dem har varit i drift i över 50 år och byggdes under en tidsepok utan CAD och digitala verktyg. Glen Canyon utgör en nationell kritisk infrastruktur i USA och en driftsstörning av dammen skulle leda till betydande konsekvenser då den genererar 40 miljards kWh el till invånarna i västkusten (Kelsey 2018).

Den federala myndigheten Bureau of Reclamation som ansvarar för Glen Canyons drift och underhåll såg ett behov av att skapa digitala 3D-modeller på dammen. Programvaruföretaget Autodesk var ansvarig för uppdraget och år 2016 genomgicks ett projekt på Glen Canyon där man implementerade Reality Capture med hjälp av både teknikerna, fotogrammetri och laserskanning. Teamet från Autodesk fotograferade och skannade dammens inre och yttre ytor samt dammens omgivande område. Den stora mängd indata utfördes på en 12 timmars arbetsvecka. Senare har man kunnat skapa en 3D modell på programmet Revit med hjälp utav de erhållna fotografier och punktmoln (Autodesk u.å). Mer om begreppet punktmoln och hur man skapar 3D modeller utav fotografier i kapitel 3.2 Fotogrammetri.

3.1.1 Reality Captures implementationer i olika branscher

Användning av Reality Capture är inte begränsat till byggbranschen utan den sträcker sig över flera branscher. En av grundarna till Google, Larry Page körde runt i San Francisco Bay Area samtidigt som han riktade en kamera mot byggnadsfaser och filmade i flera timmar i början av 2000-talet. Detta skulle senare utvecklas till projektet CityBlock som var ett samarbete mellan Google och Stanford University (Anguelov et al. 2010). Målet med projektet CityBlock var att försöka hitta en metod som ska kunna sammanfatta Larry Pages långa videofilm med några bilder, så kallade panoramabilder. Ingenjörsstudenterna som var involverade i projektet kallade metoden som skulle lösa problemet för ”Multi-perspective panoramas” och den gick ut på att konstruera panoramabilder genom att klistra ihop smala vertikala remsor som hämtas från påföljande bilder i en videosekvens. Projektet avslutades 2006 men detta var bara början på det som vi idag kallar för Google Street View, som lanserades 2007. Metoden från Cityblock implementerades inte på Google Street View utan istället har Google valt att använda sig av 360° kamera för att skapa panoramabilder. Men tekniken från Cityblock har senare återupptagits av Microsofts projekt StreetSlide (Levoy 2004).

Ett decennium senare och Google har fotograferat mer än sex miljoners mil av vägar och gator. Under åren har Google uppdaterat bildmaterial som finns i Street View och valde därför att radera de gamla Street View- bilderna från deras sida. Senare har Google upptäckt att det finns ett värde i de äldre versionerna av Street View- bilder, se figur 3. De valde att lägga tillbaka arkiverade bildmaterial till Google Maps så att användarna kan gå tillbaka i tiden för att se hur gatorna såg ut för några år sedan (Yu 2014).



Figur 3 Perimeter Development Corporation, Kitchener. Bilden från vänster är tagen år 2011 medan bilden till höger är tagen 2013 (Geospatial Data Services Librarian 2014)

Reality Capture kan genomföras storskaligt och småskaligt. De föregående exemplen, Glen Canyon och Google Street View är storskaliga implantationer som kräver mycket indata. Men man kan även finna implantationer i mindre skalor och man kan även finna exempel där Reality Capture har kombinerats med andra tekniker såsom Virtual Reality (VR) och Augmented Reality (AR) (Geo4Construction 2019).

3.2 Fotogrammetri

Fotogrammetri är läran om mätningar som kan identifieras i fotografier med avsikt att erhålla geometriska egenskaper hos objekten i fotografien. Mätningar som kan identifieras är storlek, läge och form på den avbildande objekten (Redelius 1967). Fotogrammetri är uppdelat i tre grenar; *analog*, *analytisk* och *digital fotogrammetri*. Den analoga fotogrammetri är den äldsta grenen där bildorienteringen återskapas mekaniskt eller optiskt i analoga stereoinstrument. I analytisk fotogrammetri återskapas bilorienteringen matematiskt och korrigeras i efterhand mekaniskt i bildhållaren under mätningar i analytiska stereoinstrument. I den modernaste grenen, digital fotogrammetri uteslutas mekaniska metoder och istället används enbart digitala metoder för att återskapa ett objekt i datorn (Svensk

nationell datatjänst 2019). Endast digital fotogrammetri kommer att beskrivas ytterligare i denna studie då det är denna typ av fotogrammetri som har tillämpats under denna studie.

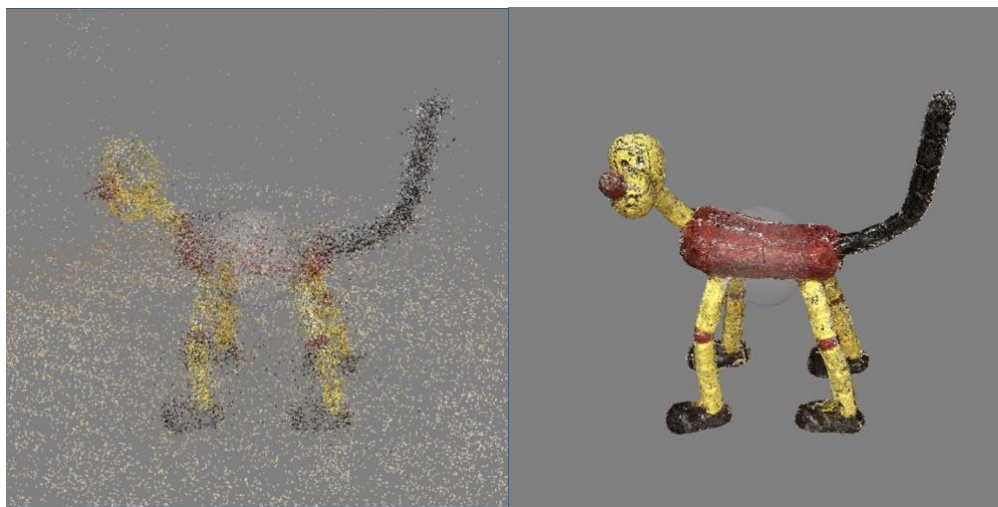
Den digitala fotogrammetri är en slags visualiserad dokumentationsmetod där rekonstruerade tredimensionella modeller kan användas för att visa modellens stadie i olika tidpunkter. Tekniken har tillämpats inom en rad olika branscher och vetenskaper, såsom geovetenskap, kulturarvfältet, arkitektur, kriminologi och industri. Skapande av tredimensionella fotogrammetrimodeller sker efter att man har tagit fotografier på den objekten som skall rekonstrueras på datorn. Skapandeprocess sker i fyra steg; bildjustering, förtätning av punktmoln, övergång från punktmoln till mesh och slutligen textur. (Svensk nationell datatjänst 2019).

De nämnda stegen är till stor del automatiserade och sker i ett fotogrammetriskt mjukvaruprogram. Men det finns även fotogrammetriska programvaror med öppen källkod, vilket betyder att källkoden inte är proprietär. Användaren kan styra skapandeprocess, ändra innehåll samt förbättra prestandan genom att själv programmera och ändra på koder (Arief& Gacek 2004). I denna studie har en kommersiell programvara använts. En kommersiell programvara tillämpar vanligtvis fotogrammetrimetoden "Structure from motion" (SfM). Lik andra fotogrammetriska tekniker bygger SfM på att man ska ta överlappande bilder från olika positioner men den väsentliga skillnaden ligger på att skapandeprocessen är helt automatiserad (Westoby et al. 2012).

En jämförelse mellan programvara med öppen källkod och kommersiell programvara (SfM) kan göras utifrån faktorerna användarvänlighet, tid för bearbetning samt precision och kvalitén av de skapande 3D-modellerna. När det gäller användarvänlighet kommer det krävas programmeringskunskaper vid användning av fotogrammetriskprogram med öppen källkod medan vid tillämpning av SfM kommer användaren endast behöva vara utrustad med en kamera, själva skapande av 3D-modellen kommer programvaran sköta själv. Tid för bearbetning minskas när processen är automatiserad (Ivarsson 2020).

3.2.1 Skapande av 3D-modeller i den digitala fotogrammetrin

Skapningsprocess av 3D-modeller sker i fyra steg; bildjustering, förtätning av punktmoln, övergång från punktmoln till mesh och slutligen textur. (Svensk nationell datatjänst 2019). Här presenteras en grov beskrivning av hur processen går till. Under denna studie har de stegen inte behövts utföras manuellt då utgångspunkten var att använda en kommersiell programvara såsom Reconstruct. Första steg är bildjustering. Bilderna som har tagits skall laddas upp till ett fotogrammetriprogram där bilderna transformeras från tvådimensionella bilder till tredimensionella modeller. Bilderna bör överlappa varandra till minst 50% för att kunna skapa en modell med hjälp av de tagna bilderna. Fotogrammetriprogrammet kommer att söka efter gemensamma punkter som finns i minst två bilder. Utifrån dessa punkter kommer programmet spåra framträdande geometriska element såsom hörn och omslutande areor. Varje punkt i en bild får bestämda x,y,z-koordinater i ett godtyckligt koordinatsystem. I varje bild kommer det identifieras flera punkter. Punktmoln är ett samlingsnamn för samtliga punkter som har identifierats i bilden och erhållit bestämda koordinater. Förutsättningarna för en god rekonstruerad modell ökar ju fler gemensamma punkter som kan hittas i de tagna bilderna (Svensk nationell datatjänst 2019).



Figur 4 Illustrativ exempel på hur punktmolnprocessen går till. Vänstra figuren motsvarar modellen vid första steg medan vänstra figuren visar hur objektet blir efter förtätning av punktmoln (Svensk digital datatjänst 2019).

I nästa steg kommer fotogrammetriprogrammet att förtäta de erhållna punktmolnen. Detta steg är förmodligen den mest tidkrävande moment för programmet att utföra. Den vänstra bilden i figur 4 visar hur punktmolnen är utspridda medan högra bilden visar hur 3D-modellen blir efter att punktmolnen blir kompakta. Om det mot förmodan skulle finns hålrum ett område i 3D-modellen så har fotogrammetriprogrammet inte lyckats hitta gemensamma

punkter i det området. Denna problematik kan illustreras i figur 5 och 6 som har hämtats från Reconstruct. Figur 5 visar ingången till projektet NVM och figur 6 visar de motsvarande punktmoln vid samma plats. I figur 6 kan man konstatera att det finns partier i modellen som har hålrum, detta kan man tydligt se på gipsväggen till vänster.



Figur 5 visar ingången till byggnad 35, figuren är en skärmdump på implementeringens erhållna bildmaterial



Figur 6 motsvarar punktmolnen från samma position som figur 5.

I tredje steg kan man utifrån de kompakta punktmolnen skapa en meshmodell. En meshmodell skapas genom att programmet genererar ett nät av polygoner och man får en polygonyta. I sista steg får 3D-modellen sin textur för att sedan få ett fotorealistsikt utseende, lik figur 6 (Svensk nationell datatjänst 2019).

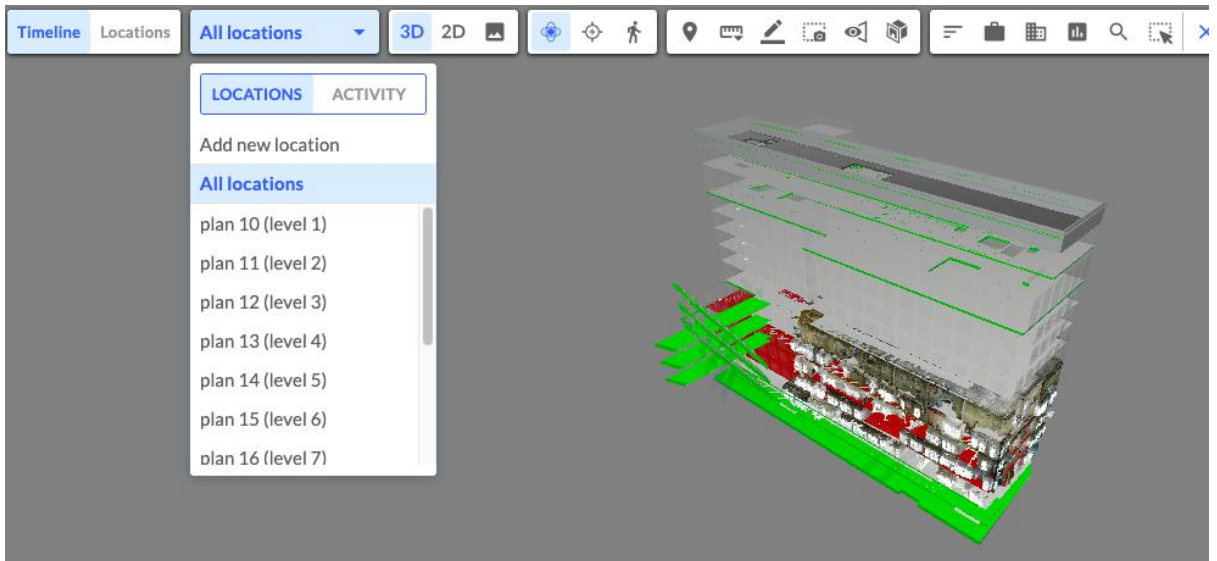
3.3 Programvaran Reconstruct

Företaget Reconstruct bildades 2016 och har sitt huvudkontor i California, USA. Företaget har ett molnbaserat program med samma namn. Ett molnbaserat program är en tjänst som kan tillhandhållas från internet och användaren är endast i behov av en webbläsare och internetanslutning för att kunna använda tjänsten. Företaget Reconstruct är främst etablerad i Nordamerika där amerikanska byggföretag har använt deras tjänst som en dokumentationsmetod. Reconstruct är även etablerat i mindre omfattning i Europa och Asien men den är relativt okänt i Sverige. I dagsläge är det endast svenska byggföretaget Skanska som har använt programvaran på projektet Citygate i Göteborg och har under detta examensarbete även tillämpat tekniken på projektet NVM. Reconstructs affärsidé handlar om att föra samman Reality Capture, planritningar, BIM-modell och tidsplan på en gemensam plats. Detta tros ge en effektivare arbetsflöden inom dokumentation, uppföljning av produktionsarbete samt kvalitetskontroller (Reconstruct u.å).

Programvaran Reconstruct består av fem komponenter:




1. Planritningar
2. BIM-modell
3. 360° filmfiler och fotografier
4. Point Cloud (punktmoln)
5. Tidsplan

Första steg i implementeringen är att ladda upp projektets planritningar och BIM-modell till programmet. Programmet har en funktion som heter Data Manager, där kan man ladda upp material och indata till programmet. Planritningarna laddas upp i PDF-format och därefter ska varje planritning kopplas till en position. För att programmet Reconstruct ska lokalisera varje ritning till rätt plan skall man skapa positioner som man själv namnger. Projektet NVM har elva våningar därav skapades elva positioner i Reconstruct, döpta till plan XX (level X). Exempelvis planritningen som visar entréväning har position plan 10 (level 1) och andra våning har position plan 11(level 2) i programmet. Genom att trycka på "all locations", se figur 7 och sedan väljs en av de givna positionerna kommer BIM-modellen att endast visa den planen som är kopplad till positionen.



Figur 7 visar hur programmet ser ut efter uppladdning av projektets BIM-modell och skapning av 3D-modeller. Genom att välja en specifik position kommer ytan på BIM-modellen att begränsas till den valda planen.

Efter uppladdning av planritningar och BIM-modell, är man redo för att besöka byggarbetsplatsen och filma projektet. Det krävs en 360° kamera för att påbörja filminspelningen och för tillfälligt finns det tre kameror som stöds av Reconstruct. Följande kameramodeller kan användas i implementeringen; Ricoh Theta V, Garmin Virb 360 och Insta 360 One X/R. Både Garmin Virb 360 och Insta 360 One X har använts under implementeringen men Insta 360 One gav bättre bildkvalité. Att kameramodellen Insta 360 One resulterade i bättre kvalitet kan förklaras utifrån kamerornas specifikationer som presenteras i nedanstående figur. En normal gånghastighet ligger på 275 fotsteg/min men man riskerar att få suddiga bilder om man har denna gånghastighet vid inspelning. Enligt Reconstruct är den rekommenderade gånghastighet vid inspelning 60-90 fotsteg/min för Garmin Virb 360 och 120-140 fotsteg/min för Insta 360 One. Detta betyder att Insta 360 One är inte lika känslig för rörelser som de två andra kameror. Videoupplösning är en annan viktig faktor som påverkar kvalitet och även i denna kategori har Insta 360 One högsta upplösning på 5.7K (Halabya 2021a).

			
	Ricoh Theta V	Garmin Virb 360	Insta 360 One X/R
Capture Walking Speed*	60-90 ft/min	60-90 ft/min	120-140 ft/min
External Stabilization	Required	Required	Recommended
Maximum Video Resolution	4K	5.2K	5.7K
Post Processing (Stitching)	Must be performed on a computer before uploading to Reconstruct	Can be done on camera with less quality	Must be performed on a computer before uploading to Reconstruct

Figur 8 Det finns tre kameramodeller att välja mellan men Insta 360 One X/R gav bäst resultat under implementeringen (Reconstruct 2021a).

För att underlätta filminspelning kan kameran monteras på en skyddshjälm eller på en selfiepinne. Kameran kan även monteras på en extern stabilisator, så kallad gimbal. Att filma samtidigt som man går kan resultera i oskärpa bilder men vissa kameror har en inbyggd funktion som minimerar rörelseoskärpa på bilder. Genom att använda Gimbal utslöts oskärpa bilder helt (Halabya 2021b). Gimbal består av små inbyggda motorer som utjämnar handens och kamerans rörelser. Det finns på marknaden olika gimbals som man kan välja mellan, i denna studie användes en gimbal av märket FeiyuTech. Vid filminspelning med kameramodellen Garmin Virb 360 har kameran stabiliserats på en skyddshjälm och vid användning av kameramodellen Insta 360 One har en selfiepinne använts.



Figur 9 Extern stabilisator eller så kallad Gimbal (Reconstruct 2021b)

Utifrån användarens preferens och förhållandet under filminspelning kan det föredras montering på skyddshjälm, selfiepinne eller gimbal. En gimbal väger ungefär 600-700 gram och kamerorna som fästades på gimbalen vägde 90 gram respektive 160 gram. Baserat på egna erfarenheter under implementeringen är gimbal det verktyget som ger mest stabilisering till kameran. Men i det långa loppet kan användning av gimbal vara väldigt ansträngande för handen. Att filma 11 våningar samtidigt som man håller i en gimbal vertikalt är inte optimalt för den som filmar. Det andra verktyget som testades var en selfiepinne med justerbar längd, vikt 160 gram. Det var inte lika ansträngande för handen att filma med en selfiepinne i långa stunder men man fick själv vara noggrann med att inte göra hastiga rörelser med handen som sedan kunde resultera i suddiga bilder. Verktyget som föredrogs mest under implementeringen var skyddshjälm. Genom att montera kameran på en skyddshjälm minimeras risken för handrörelser som i sin tur kan leda till sämre bildkvalité samt uttrötning av handen, vilket i sig har underlättat mycket vid filmning av flera plan.



Figur 10 Kameramontering på en skyddshjälm

För att kunna komma igång med inspelning av projektet krävs att appen Reconstruct Capture installeras i mobilen. Appen är tillgänglig både i Apple Store och Android. I appen kommer det finnas samtliga planritningar som har tidigare laddats upp i programmet. 360° kameran ska först anslutas till mobilen via WiFi och sedan anslutas till appen Capture. Därefter ska startposition markeras i planritningen, det vill säga var man befinner sig i planritningen när man startar inspelningen. Efter angivning av startposition kommer appen att kräva att man går minst 15 m och sedan markera i planritningen var man befinner sig efter att man

har gått 15 m. Därefter kommer appen i direktsändning markera med blå punkter på planritningen var man befinner sig. Reconstruct rekommenderar att filminspelningen bör vara max 10 minuter.

Efter att man har filmat färdigt ska filmfilerna laddas upp till programmet. Uppladdningstid varierar beroende på filmfilernas storlek. Efter uppladdning ska en funktion i programmet som heter ”process point cloud” aktiveras. Programvaran kommer att skapa punktmoln från varje filmfil som har laddats upp. Punktmolnprocessen kan ta 5 timmar upp till 24 timmar enligt egna erfarenhet från implementeringen. När punktpunktmolnprocessen är färdigställt får man ett bekräftelsemail. Utförandet av punktmolnprocessen i Reconstruct är snarlik de beskrivande steg i kapitel 3.2.1 Skapade av 3D-modeller i den digitala fotogrammetrin. Programmet sköter hela punktmolnprocessen och samtliga steg i processen är automatiserade.

För att få en färdig prototyp av projektet genomförs ett sista steg i Reconstruct som kallas *Alignment workflows*. Alignment handlar om att placera 3D-modellerna på projektets BIM-modell. Detta är det enda steg i Reconstruct som inte är automatiserat och behöver göras manuellt. 3D-modell för respektive våning är inte direkt kopplad till projektets BIM-modell. För att 3D-modellerna ska vara i rätt placering skall man skapa minst tre kontrollpunkter på respektive 3D-modell samt på den berörda våningsplan i BIM-modellen. Kontrollpunkterna är de rosa markeringarna i figur 11. Det är ytterst viktigt att placera kontrollpunkter på en väl synlig plats, som kan även hittas i BIM-modellen. I nedanstående figur visas exempel på bra samt dåliga val på placering av kontrollpunkter. Kontrollpunkter skall inte placeras på temporära element i produktion, exempelvis träplankor eller en kabel som sticker ut från undertak, se figur 11. Kontrollpunkter bör placeras på hörnelement, exempelvis vägghörn eller dörr- och fönsterkant (Amer 2020a).



Figur 11 visar exempel på var man bör placera kontrollpunkter i 3D-modellen (Reconstruct 2020a)

Figur visar BIM-modell och 3D-modell på plan 14 i referensprojektet. Genom att placera tre kontrollpunkter vid samma position på respektive modell kommer programvaran att koppla samman kontrollpunkterna så att de rosa kontrollpunkterna placeras vid samma position som de blåa kontrollpunkterna som innehar samma namn. Detta steg behöver endast göras vid första punktmolnmodell som skapas för respektive plan i projektet. Därefter kommer programmet att automatiskt placera de nya punktmolnen baserat på de tidigare kontrollpunkter som har gjorts för varje plan.



Figur 12 I första hand är BIM-modellen inte integrerat med 3D-modeller men genom att ange kontrollpunkter i både modellerna sker en sammankoppling.

Figur 13 visar slutresultat efter att programmet har placerat punktmolnen enligt de givna kontrollpunkterna.



Figur 13 Alignment workflows resulterar i sammankoppling av BIM-modell och 3D-modell.

3.4 Fler användbara funktioner i Reconstruct

3.4.1 Tidplan

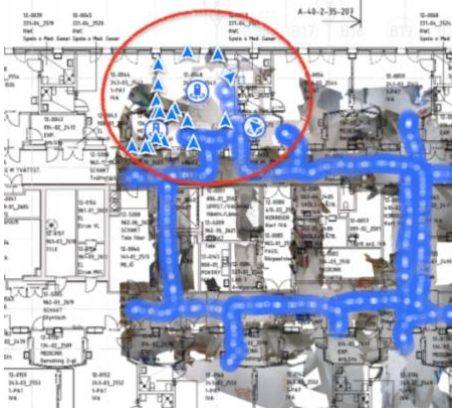
En funktion som inte har implementerats i denna studie var uppladdning och användning av tidplan. Reconstruct ger möjligheten för användaren att ladda upp projektets tidplan till programmet. Projekts tidplan som är skapade på Microsoft Project och Primavera P6 kan laddas upp till Reconstruct (Halabya 2019). Genom att ha tidplan nära till hands vid virtuella rundvandringar kan den avsedda tidsrymden för varje aktivitet följas upp och förseningar på projektet kan upptäckas i ett tidigt skede.

3.4.2 Mätningsverktyg i Reconstruct

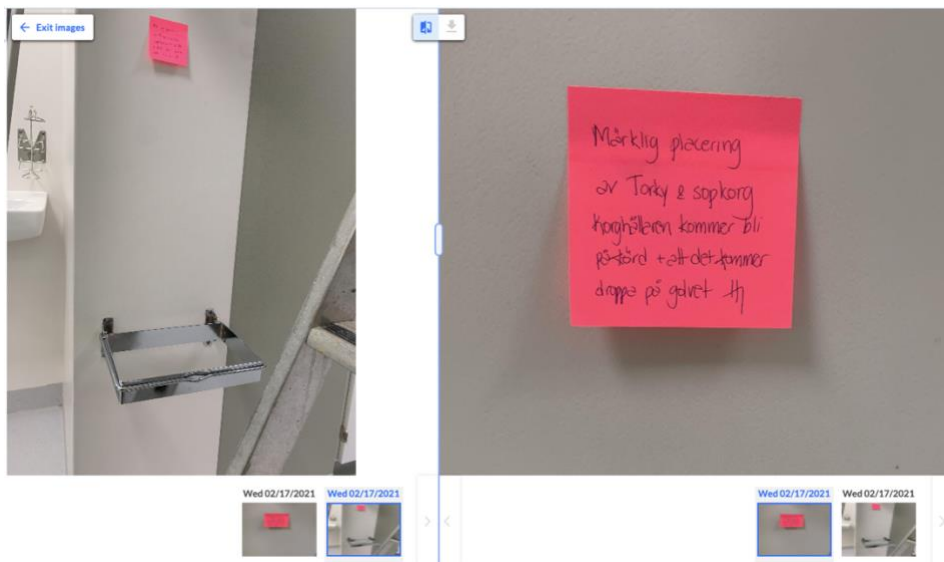
Reconstruct tillhandhåller diverse mätningsverktyg i programmet såsom vinkel-, avstånds- och höjdmätning samt areal- och volymmätning. Vid vinkelmätning markeras tre punkter i 3D-modellen och sedan kommer programmet att beräkna vinklarna som skapas när det dras linjer mellan de markerade punkterna. Avstånds- och höjdmätning gör det möjligt för användaren att veta avståndet mellan två punkter i modellen. (Shakeri 2020). Mätningsverktyget har inte analyserats på djupet i implementeringen.

3.4.3 Möjlighet till traditionell dokumenteringsmetod via appen

Appen Capture som är ansluten till Reconstruct ger även möjligheten till att ladda upp enskilda tvådimensionella bilder som tas med en mobilkamera. Via appen markeras bildens position i planritningen och därefter kommer bilderna att överföras till Reconstruct. Denna funktion kan användas vid behov av detaljbilder på byggelement som inte syns tydligt på de översiktliga 360° bilder. Funktionen kan exempelvis appliceras på mockups-rum som har byggts för att granska hur rummen kommer att kunna se ut efter färdigställande. I mockups har beställaren och projektörer markerat sina synpunkter med utplacerade posterlappar i rummet. Posterlapparna i rummet syns inte på 360° bilder och därför har närbilder kompletterat dokumentationsarbete i Reconstruct.



Figur 14 De blå pilarna är bildpositioner. Genom att trycka på en av pilarna visas den bilden som är tagen på den erhållna positionen i planritningen. Figuren är tagen från appen Capture.



Figur 15 Med hjälp av närbilder tagna med en mobilkamera kan viktiga detaljer uppmärksammas, som i vanliga fall inte syns på 360° bilder.

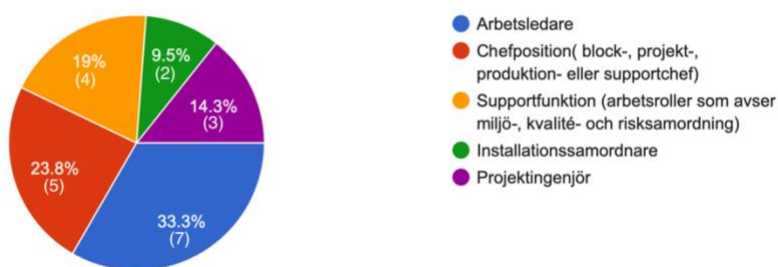
4 Resultat

4.1 Redovisning av utvärderingsenkäten innan implementering

Den första utvärderingsenkät omfattade 7 frågor och 21 respondenter svarade på enkäten.

Vad har du för arbetsroll på projektet NVM?

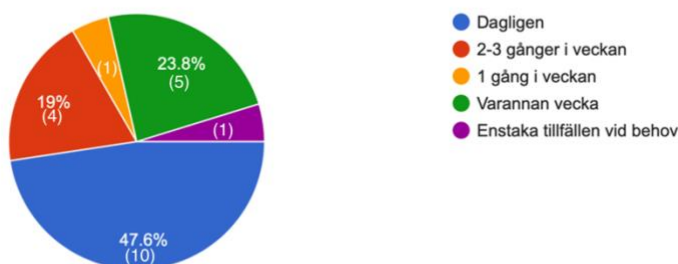
21 responses



Figur 16 Respondenternas arbetsroll i referensprojektet.

Hur ofta besöker du byggarbetsplatsen?

21 responses



Figur 17 Sammanställning på hur ofta medarbetarna besöker byggarbetsplatsen.

Vanligtvis brukar arbetsledarna dokumentera arbetet med en mobilkamera. Tycker du att det är en tillräcklig metod för att upprätta dokumentationer på projektet?

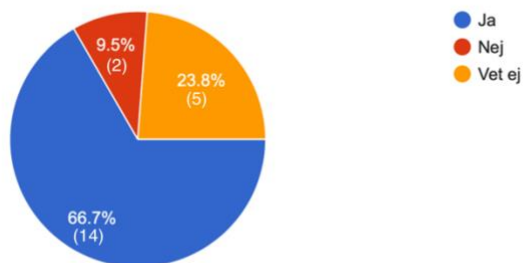
21 responses



Figur 18 Aktörernas syn på den traditionella dokumentationsmetod.

Tror du att 360-bilder på byggarbetsplatsen kan effektivisera eller underlätta ditt arbete?

21 responses



Figur 19 Aktörernas syn på Reality Capture.

Om ja, ange på vilket sätt tror du att det kan underlätta ditt arbete?

Respondenter	Svar
Arbetsledare 1	<i>Uppföljning av framdrift</i>
Arbetsledare 2	<i>Tror inte att 360-bilder vet vilka detaljer den ska zooma in på och därför kommer vi ändå behöva göra detta själva.</i>
Arbetsledare 3	<i>Man får kontext till projektet</i>
Blockchef 1	<i>då behöver jag kanske inte fysiskt vara på plats för att kontrollera vissa saker.</i>
Blockchef 2	<i>På möten när man diskuterar något.</i>
Blockchef 3	<i>Spårning bakåt, enklare att informera yttre aktörer.</i>
Hållbarhetssamordnare	<i>Få ett system som Google Street View.</i>
Installationssamordnare	<i>Kontrollera av installation, tidplanavstämning och dokumentation.</i>
Kvalitetssamordnare	<i>Bättre och mer kontinuerligt underlag.</i>
Projektchef	<i>Status dokumentation för info, "bevis" dokumentation, design grupp offsite.</i>
Projektingenjör 1	<i>Snabb check på framdriften.</i>
Projektingenjör 2	<i>För att kontrollera förändringar, följa upp framdrift med fakturering and avstäma % av utfört arbete i prognos.</i>
Projektingenjör 3	<i>Kan detaljstudera i efterhand. Få helheten.</i>
Risksamordnare	<i>Jag kan använda materialet i riskmöten. Diskuteras en specifik risk kan man direkt gå in och få en 3D vy som alla deltagare kan diskutera kring. Jag bedömer att det skulle förbättra, effektiveras diskussionerna. Även att jag själv när jag förbereder riskmöten kan använda den virtuella bilden av byggarbetsplatsen.</i>
Supportchef	<i>Uppföljning framdrift, kvalitetssäkring.</i>

Hur ofta vill du få uppdaterade 360 bilder på projektet?

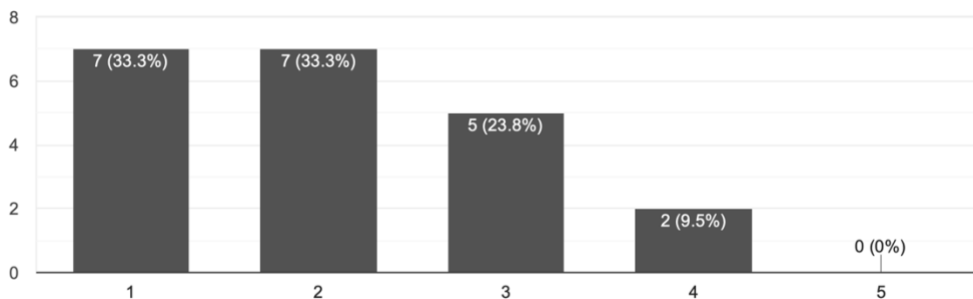
21 responses



Figur 20 Sammanställning på hur ofta man vill få uppdaterade bildmaterial.

Hur förhåller du dig till nya digitala verktyg som introduceras till ditt arbete?

21 responses



Figur 21 Skala 1-4 där 1 motsvarar svaret "Det är enkelt att lära sig och man vänjer sig snabbt" medan siffran 5 motsvarar "Det är svårt att lära sig och det tar tid tills man vänjer sig".

4.2 Levererat bildmaterial under implementeringen

Implementeringsfasen resulterade i totalt 66 filmfiler som var omfördelade i elva våningsplan. Utav 66 filmfiler har det skapats 32 700 stycken 360° bilder. I bilaga 1 presenteras en handfull bildmaterial från implementeringen. Figuren är skärmdumpar på programvaran Reconstruct. Våningsplanen på byggnad 35 befann sig i olika stadier vilket ledde till att filminspelningsstrategi inte var samma på alla våningsplan. Vid implementeringen var plan 10-13 i ett utvecklat produktionsstadium där ytan var tydligt definierad med rum som var slutna med halvfärdiga till helt färdiga innerväggar. Det tog dubbelt så lång tid att filma de första våningsplanen och samtidigt fick man ha i åtanke att den rekommenderade

inspelningslängden är max 10 minuter. Detta resulterade i att de första våningsplan filmades i två delar. Medan plan 14-20 hade en öppen yta och inga innerväggar var byggda än. Detta underlättade arbetet och respektive plan kunde filmas inom den rekommenderande inspelningslängden på en och samma filminspelning.

4.3 Beräkning på kostnadseffektivitet och tidsbesparing

För att kunna bedöma om användning av Reconstruct kan bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing i byggproduktion gjordes olika kostnadskalkyler. Kalkylmetoden är erhållen från Mani Golparvar, en av grundarna till Reconstruct. Mani Golparvar har illustrerat beräkningsgången under ett av veckomöten som ägde rum under implementeringsfasen. Det gjordes antagande på de nyckelvärden som påverkar beräkningsresultat i syfte om att det ska avspegla projektet NVM så mycket som möjligt. Nyckelvärden har bestämts i samråd med projektets supportchef, Tanja Wictor.

4.3.1 Reducering av resekostnader

Reconstructs effektivitet mäts genom att undersöka hur mycket det hade kostat att göra ett virtuellt arbetsplatsbesök via Reconstruct jämfört med ett fysiskt arbetsplatsbesök. Ett fysiskt arbetsplatsbesök som görs av externa besökare kräver att en av Skanskas anställda är med på besöket. De parametrarna som iaktogs i kalkylen var resekostnad och resetid för en extern besökare, antal externa besökare per besök, genomgångstid på produktion samt FTE kostnad. FTE står för full-time equivalent (heltidsekvivalenter). FTE kostnad i denna kalkyl avser timlön inklusive sociala avgifter för en heltidsanställd på projektet. Timlönen bland medarbetarna varierar beroende på vilken roll man har men en genomsnittlig timlön på projektet ligger på 650 kr/timme.

Resekostnad och resetid är väldigt svårt att uppskatta och detta beror på att aktörerna som är involverade i projektet befinner sig i ett brett geografiskområde, exempelvis beställaren Region Skåne har sitt huvudkontor några meter från byggarbetsplatsen. Detta leder till att resetiden är ungefär 5 minuter och inga resekostnader förekommer för beställaren. Sedan finns det konsulter som bor i Sundvall som är involverade i projektet, för dem skulle resetiden uppskattas att bli 9 timmar och en tågbiljett skulle kosta drygt 1400 kr. Baserat på resetid och reskostnad kan den erhållna kalkylen ge olika resultat därför sattes resetid till en timme och reskostnad till 650kr. Detta ansågs vara rimliga värden för resetid och resekostnad då de flesta externa besökare befinner sig inom Skåne. Ett arbetsplatsbesök på projektet brukar ta 2 timmar och i genomsnitt brukar det vara

4 besökare per arbetsplatsbesök. Nedanför presenteras ekvationerna som användes för att beräkna hur mycket det kostar att genomföra ett fysiskt besök respektive virtuellt besök. Den väsentliga skillnaden är att parametererna resekostnad och restid elimineras när man beräknar kostnaden för ett virtuellt arbetsplatsbesök. Beräkningarna visar att ett fysiskt arbetsplatsbesök med fyra deltagare hade kostat 8450kr medan ett virtuellt arbetsplatsbesök via Reconstruct skulle kosta 1300kr.

Följande ekvationer har använts för att beräkna kostnaden för arbetsplatsbesök.

$$Kostnad_{fysisk} = resekostnad + (resetid + genomgångstid) * antal besökare * timlön$$

$$Kostnad_{virtuellt} = genomgångstid * antal besökare * timlön$$

Tabell 2 antagande på nyckelvärden som påverkar Reconstruct produktivitet.

Parametrar	
Resekostnad	650kr
Resetid (h)	1
Fysisk genomgångstid (h)	2
Virtuell genomgångstid (h)	0,5
Antal besökare	4
Timlön (kr/timme)	650
Antal besök/år som görs per besökare	52

Tabell 3 Beräkningar visar att man hade kunnat spara 371 800 kr om man gjorde virtuella arbetsplatsbesök

	Fysiskt arbetsplatsbesök (kr)	Virtuellt arbetsplatsbesök (kr)	Årlig besparing (kr)
Genomgångskostnad	8450	1300	7150
Årlig kostnad	439 400	67 600	371 800

4.3.2 Traditionell dokumenteringsmetod vs Reconstruct

I detta avsnitt jämförs den traditionella dokumentationsmetod och dokumentering med Reconstruct. Arbetsledarna ansvarar för att dokumentera framdriften i produktion. Projektet NVM har totalt 30 stycken arbetsledare som ansvarar för 108 000 kvm yta men i beräkningsgången antas att endast 15 stycken arbetsledare dokumenterar projektytan. Enligt Mani Golparvar tar det 10 timmar att

genomföra den traditionella dokumentationsmetoden där man exempelvis använder sig av fildelningstjänsten BOX. I den avsedda tiden ingår tiden att fotografera produktion, samt tiden som man spenderar på att söka och organisera fotografierna. FTP står för file transfer protocol och avser den tiden för filöverföringar från datorn till en webbserver. Medan i Reconstruct är den beräknade tiden 2 timmar då man använder Reconstruct App som automatiskt överför mobilbilder till programmet.

$$Kostnad_{\text{år}} = \text{dokumentationstid} * \text{antal arbetsledare} * \text{timlön}$$

Tabell 4 antagande på nyckelvärden som påverkar dokumenteringsarbete

Parametrar	
Projektets storlek (kvm)	108 000 kvm
Antal arbetsledare som dokumenterar sitt ansvarsområde	15 st
Arbetsledares timlön (kr/h)	363
FTP (h/vecka)	10
Reconstruct (h/vecka)	2

Tabell 5 En jämförelse mellan Traditionell dokumenteringsmetod och Reconstruct

	Traditionell dokumenteringsmetod	Reconstruct	Årlig besparing
Inspelningsprocess (h)	10	2	
Årlig tidsspending (h)	7800	1560	6240
Årlig kostnad (kr)	2 834 464	566 893	2 267 571

4.3.3 Reducering av inspektionsarbete och uppföljning

Blockcheferna på projektet ansvarar för att inspektera utförda arbetsmoment i produktion. Projektet har nio blockchefer som spenderar ungefär 4 timmar per arbetsvecka på att inspektera produktionen. Detta motsvarar totalt 36 timmar/vecka inspektionsarbete för hela projektet. Om man antar att inspektionstiden skulle halveras till 2 timmar per arbetsvecka för varje blockchef vid användning av Reconstruct, som gör det möjligt att inspektera vid virtuella rundvandringar. Den totala inspektionstiden skulle beräknas att bli 18 timmar per arbetsvecka. En blockchefslön uppskattas att vara 496 kr/timme. Den årliga inspektionskostnad bestäms genom att multiplicera inspektionstid per vecka med timlön samt antal veckor som projektet inspekteras. I det här fallet antogs att projektet inspekteras under hela året, alltså 52 veckor.

$$Kostnad_{\text{år}} = \text{Inspektionstid} * 52 * \text{timlön}$$

Tabell 6 Den uppskattade inspektionstid för respektive metod.

Parametrar	
Inspektionstid traditionell metod (h/vecka)	36
Inspektionstid via Reconstruct (h/vecka)	18
Blockchefslön (kr/h)	496

Tabell 7 Virtuella rundvandringar leder till att inspektionsarbete blir två gånger snabbare och resulterar i 463 822 kr årlig besparing.

	Inspektörer	Reconstruct	Årlig besparing
Tidsåtgång för inspektion (kr)	36	18	2x snabbare
Årlig inspektionskostnad (kr)	928 512	464 256	464 256

4.3.4 Reducering av ÄTA-arbeten

Projektets totala kostnad beräknas att landa på 4,3 miljarder. Projektets prognos visar att ÄTA-arbeten motsvarar 6% av projektets fakturerade kostnader. Om man antar att användning av Reconstruct kan förhindra 1% av ändring- och tillägsarbeten. Det skulle leda till att ÄTA-arbeten av värdet 2,58 miljoner kan förhindras. I nedanstående figur presenteras ytterligare tre olika scenarier som kommer kunna uppstå när projektet är färdigställt. Det är mest sannolikt att ÄTA-arbeten kommer hamna 7,5%, bästa fall skulle det hamna på 5% och i värsta fall kan ÄTA-arbeten motsvara 10% av projektets slutkostnad. I sista rad i Tabell 8 presenteras hur mycket pengar man kan spara i de olika scenarierna.

Tabell 8 Sammanställning av ÄTA-kostnader och hur mycket kan förhindras vid olika scenarier.

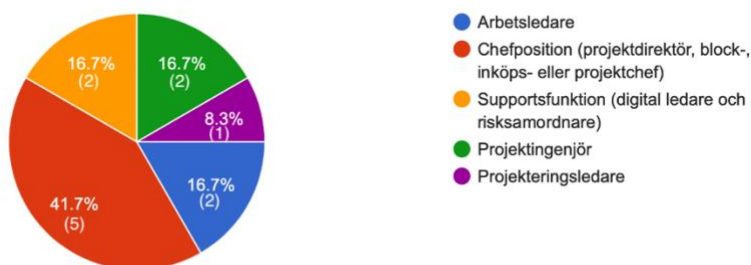
	I dagsläge	Best case	Most likely	Worst case
% av TK består av ÄTA	6%	5%	7,5%	10%
ÄTA-kostnad	258 milj.	215 milj.	322,5 milj.	430 milj.
Förhindring av ÄTA-arbeten	2,58 milj.	2,15 milj.	3,225 milj.	4,3 milj.

4.4 Resultat från utvärderingsenkäten efter implementeringen

I den första utvärderingsenkät deltog 21 respondenter men under arbetes gång har intresset för Reconstruct ökat bland medarbetarna på referensprojektet. Det var 25 medarbetare på referensprojektet som var intresserade av att testa Reconstruct. Efter att de fick tillgång till Reconstruct skickades en utvärderingsenkät till de berörda. 12 av 25 svarade på enkäten och nedanför presenteras en sammanställning av deras synpunkter om programmet.

Vad har du för arbetsroll på projektet NVM?

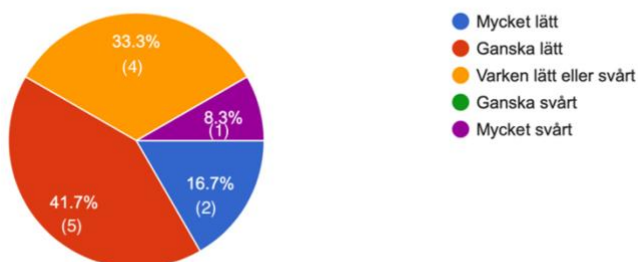
12 responses



Figur 22 Cirkeldiagrammet visar fördelningen på de aktörerna som använde Reconstruct.

Hur var det att komma igång med programmet?

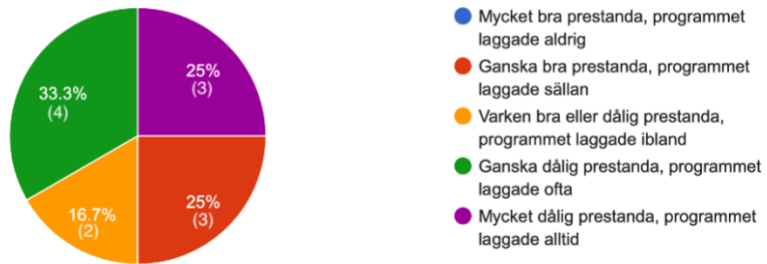
12 responses



Figur 23 visar hur aktörerna förhåller sig till programmets användarvänlighet.

Hur upplevdes Reconstructs prestanda ? Med prestanda avses hur väl ett datorprogram utför sin uppgift.

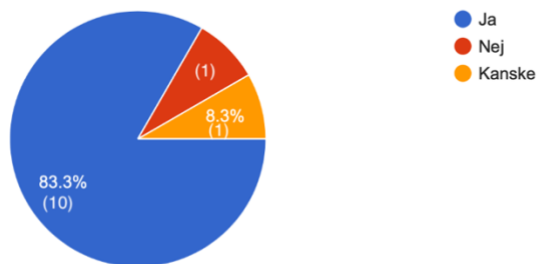
12 responses



Figur 24 visar Reconstructs prestanda.

Efter att ha testat Reconstruct, tror du att 360- bilder på byggarbetsplatsen kan effektivisera eller underlätta ditt arbete?

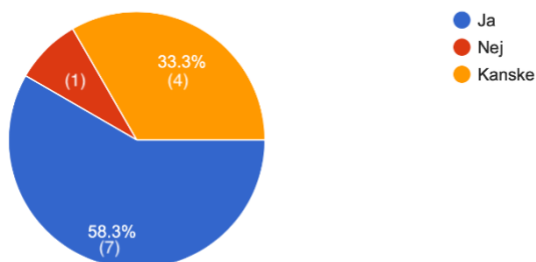
12 responses



Figur 25 En sammanställning på hur många som tror att 360° bilder kan effektivisera eller underlätta deras arbete.

Efter att ha testat Reconstruct, kan du tänka dig att fortsätta använda Reconstruct som ett arbetsverktyg?

12 responses



Figur 26 Cirkeldiagrammet visar hur många i procent som kan tänka sig att fortsätta använda Reconstruct.

Berätta varför du är intresserad/ ej intresserad av att fortsätta använda Reconstruct som ett arbetsverktyg?

Tabell 9 visar en sammanställning på svaren på ovanstående frågan

Respondenter	Svar
Arbetsledare 1	<i>Det underlättar arbetet på stora projekt</i>
Arbetsledare 2	<i>Anser att prestandan i programmet är för dålig för att man på ett effektivt sätt skall kunna nyttja denna tjänst till något som skulle underlätta ens dagliga arbete.</i>
Blockchef 1	<i>Jag slipper gå ut fysiskt för att kontrollera saker</i>
Blockchef 2	<i>Ser det som ett supplement till vår dagliga produktionskontroll, samt att vissa placeringskontroller kan utföras som en form för efterkontroll av utfört arbete, inte att förväxla med egenkontroll.</i>
Digital ledare	<i>Vet för lite om programmet och dess möjligheter och funktioner för att kunna ge ett bra svar.</i>
Inköpschef	<i>Programmet svarade långsamt när man förflyttade sig och det var svårt att navigera. Upplösning var inte tillräckligt bra när man ville detaljstudera vissa detaljer.</i>
Projektchef	<i>Effektivera samordning och kvalitetssäkring, förståelse för framdrift och delaktighet för projektmedlemmar.</i>

Projektdirektör	<i>Jag informerar mycket om projektet och kan då använda mig av modellen för att visa för många. Då behöver jag inte ta in alla på arbetsplatsen. Jag själv får en god överblick över status på arbetsplatsen utan att vara på plats.</i>
Projekteringsledare	<i>Intressant både för att hålla sig uppdaterad under produktion och att skapa relationshandlingar för drift och underhåll.</i>
Projektingenjör 1	<i>Om det går snabbare att gå in och titta kan det absolut vara bra, speciellt vid mycket arbete hemifrån/konsulter på distans. Ser även en fördel med att man kan gå tillbaka och kontrollera vad som var gjort/inte gjort vid viss tidpunkt.</i>
Projektingenjör 2	<i>Bra komplement i dessa tider när man jobbar hemifrån.</i>
Risksamordnare	<i>Jag tycker verktyget är ett mycket bra sätt att visualisera byggarbetsplatsen och olika moment och detta kan jag använda i riskmöten. Även att verktyget är en bra hjälp under rådande pandemi för de som arbetar hemifrån och ändå vill vara uppdaterade vad som sker på byggarbetsplatsen. Det som är negativt är att min dator inte verkar ha kapacitet att hantera programmet, tar långt tid att få fram en bild, laggar mycket etc.</i>

5 Analys

5.1 Reconstructs användningsvänlighet

Det finns idag en mängd nya appar och programvaror som introduceras till aktörer på byggprojekt i hopp om att det ska vara ett hjälpmedel för att kunna slutföra arbetsuppgifter på ett mer strukturellt och smidigt sätt. För att en programvara ska kunna uppnå sitt syfte bör den ha en god användarvänlighet, speciellt när användarna har olika datorkunskaper. Användningsvänlighet i denna studie bedömdes utifrån två kategorier; implementeraren och nyttjaren. Implementeraren är författarna som har utfört denna studie och nyttjaren är Skanskas anställda som har fått testa att använda programmet. Nyttjaren behövde inte fördjupa sig i hur programmet fungerar och krävde inga ytterligare kunskaper för att komma igång med programmet. Men för att göra programmet mer tillgänglig har författaren gjort en introduktionsfilm som skickades ut till samtliga användare på referensprojektet. Enligt utvärderingsenkäten har en stor majoritet svarat att de inte tyckte att var svårt att komma igång med programmet, endast en person svarade att det var mycket svårt medan resterade svarade att det var mycket lätt, ganska lätt och varken lätt eller svårt, se figur 23.

När det gäller användarvänligt för implementeraren har uppfattningen förändrats under implementeringsfasen. Författaren hade inga tidigare erfarenheter av liknande programvaror och inte heller använt 360° kamera förut. Den första veckan av implementationen var väldigt tufft men svårighetsgraden minskade successivt. Studien kunde utföras med hjälp av instruktionerna och hjälpmanual som fanns tillgängligt på Reconstructs hemsida. Dessutom tillhandahålls en personlig kontakt med utvecklarna på Reconstruct som följde upp arbetet under implementeringsfasen. De stegen som behöver utföras är iterativa och när man väl har greppat tekniken kommer svårigheten vara ytterst minimalt.

5.1.1 Programmets prestanda

Under testperioden har Reconstruct använts på en dator som de flesta anställda på Skanskas har. Datorn har modellen HP 840 G6, processorn Intel Core i5 och RAM-minne 8,00 GB. Programmet på den givna datorn upplevdes vid vissa

tillfällen seg och det tog lite längre tid tills programmet laddades upp. Vid många tillfällen kunde programmet lagga och man var tvungen att starta om webbläsaren för att det skulle fungera. Programmets prestanda utgör en viktig faktor tillsammans med användningsvänlighet. Programmet behöver hålla en god prestandanivå för att kunna använda programmet som ett arbetsverktyg. Reconstruct rekommenderar sina användare att använda webbläsarna Google Chrome eller Firefox för att starta programmet (Halabya 2020a). I denna studie har man använt webbläsaren Google Chrome för att starta programmet.

Reconstructs prestandanivå påverkas huvudsakligen av fem faktorer; internethastighet, datorminne, grafikprocessor (GPU), centralprocessor (CPU) och storlek på projektet som ska dokumenteras. Internethastighet utgör den allra viktigaste faktorn när man använder ett molnbaserat program, både uppladdning- och nedledningshastighet har en stor betydelse för programmets prestanda. Baserat på BIM-modellens storlek samt antal punktmoln som visas på sidan kan man behöva snabbare internethastighet för en optimal prestanda (Halabya 2020b). Enligt figur 27 har Reconstruct kategoriserat byggprojekt i enkla projekt, måttliga projekt, komplicerade projekt och slutligen ultrakomplicerade projekt. Referensobjektet NVM hamnar i kategorin komplicerade projekt. Beroende på projektets storlek är den rekommenderade RAM-minne 8GB eller 16GB. RAM-minnet (computer memory) är datorns temporära minne som tillskillnad från hårddisken inte lagrar dokument och bilder. Dess uppgift är att istället lagra tillfälliga uppgifter som krävs för att köra en programvara. Enligt nedanstående figur behöver man ha 16 GB RAM-minne om man har ett komplicerat projekt, vilket var inte uppfyllt under denna studie då datorn hade RAM-minne 8GB.

En annan viktig faktor som har påverkat Reconstructs prestandanivå var att datorn inte hade den rekommenderade processorn för komplicerade projekt. Här är det viktigt att skilja mellan grafikprocessorn (GPU) och centralprocessorn. Grafikprocessorn utför grafikberäkningar som producerar den bild som visas på datorskärm. Enligt Ayman Halabya som är maskininlärning specialist på Reconstruct krävs ingen tillägnad grafikprocessor för att köra programmet. Men om man kör andra programvaror som exempelvis Revit eller Navisworks samtidigt som Reconstruct då behöver man ta hänsyn till datorns grafikprocessor. Centralprocessorn (Central processing Unit) kallas vanligtvis bara processor. Datorns processor exekverar program i datorn genom att den hämtar instruktioner som erhålls från beräkningar och datahantering. Som tidigare nämnts har datorn som använts i denna studie processorn Intel Core i5, vilket är sämre processor än den rekommenderade Intel Core i7 eller i9.

Recommendation	Simple Projects	Moderate Projects	Complex Projects	Ultra-Complex Projects
Example	Small buildings with limited details	Moderately detailed office or residential buildings	Highly detailed office or residential buildings	Highly detailed airports, stadiums, or industrial buildings
Dedicated Internet Speed (Mbps)	Download: 30 Upload: 10	Download: 100 Upload: 50	Download: 100 Upload: 100	Download: 1000 Upload: 1000
Processor	Any modern processor	Intel Core i7 or i9 or equivalent	Intel Core i7 or i9 or equivalent	Intel Core i7 or i9 or equivalent
Computer Memory (Min)	8 GB	8 GB	16 GB	16 GB
Computer Memory (Recom.)	8 GB	12 GB	16 GB	32 GB
GPU	Integrated GPU	Dedicated GPU	High end dedicated GPU	High end dedicated GPU
Browser	Chrome/Firefox	Chrome/Firefox	Firefox	Firefox

Figur 27 Rekommendationer på vad som krävs för att få en hög prestanda på programmet (Reconstruct 2020b)

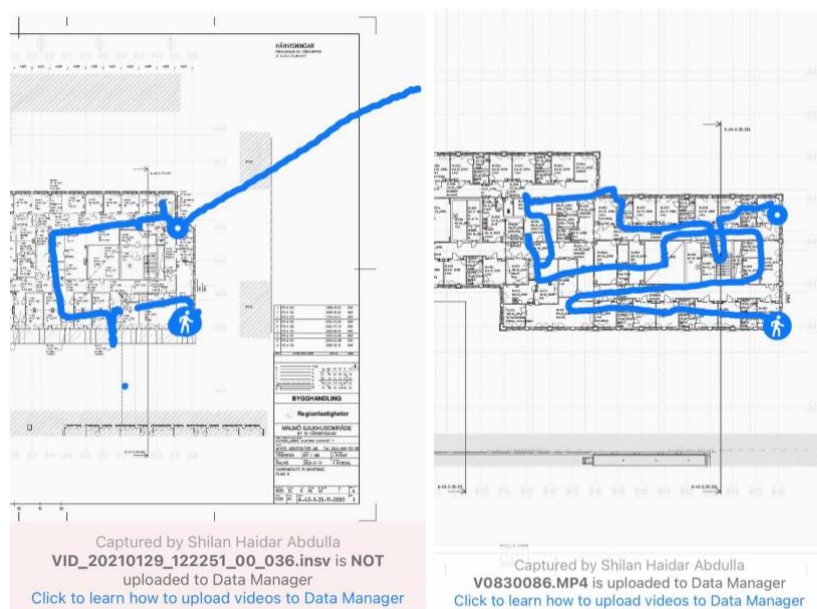
I fallstudien hade Reconstruct inte den önskade prestandanivå, vilket visar sig i svaren från utvärderingsenkäten som skickades ut efter implementeringen. Totalt sett har merparten av användarna på fallstudien inte varit nöjda med programmet prestanda. Men samtidigt bör man ha i åtanke att användarna inte hade de rätta datorerna för programmet, vilket ledde till stor missnöjdhet med programmets prestanda.

5.1.2 Utmaningar under implementeringen

En stor del av implementeringen ägnades åt filmning av byggarbetsplatsen och detta förde med sig oförutsedda utmaningar. Filminspelningen skedde samtidigt som yrkesarbetarna utförde sina arbetsuppgifter, många var nyfikna på vad som pågick på deras arbetsplats och i vissa fall var man tvungen att pausa implementeringen för att berätta om syftet bakom filminspelningen. Under implementeringen skedde en incident där en av yrkesarbetarna stoppade filmningen för att han inte ville synas på bilder. Problemet kunde delvis åtgärdas genom att försöka filma under raster men på grund av restriktionerna och för att minska trängsel på bodarna har inte alla yrkesarbetarna samma rasttid vilket ledde till att det nästan alltid fanns yrkesarbetare vid filminspelning. Det sattes informationsblad om studien på bygghissarna för att informera underentreprenörer och andra aktörer som jobbade på produktion.

Vid långsiktig och permanent användning av Reconstruct eller ett annat likartat program som kräver filmning av projekt under produktionskedje bör man beakta dataskyddsförordningen (GDPR) som reglerar behandlingen av personuppgifter. Personer som hamnar på filmfilerna måste ge sitt samtycke, alternativlösningen hade kunnat vara att programmet suddar ut ansikten så att personer inte blir igenkända. Denna lösning är i dagsläge inte tillgänglig på Reconstruct och det finns inte heller intresse för att programmera ansiktsgenkänning i deras programvara då det medför höga kostnader för utvecklarna. Dessutom regleras USA av andra förordningar än GDPR och en stor majoritet av Reconstructs kunder är amerikanska byggföretag. Samma problematik uppstod när Google Street view lanserades 2007 då många människor syntes på gatubilderna. Google löste problemet genom att programmera en ansiktsgenkänning i tjänsten som suddar ut ansikten samt bilskyltar.

En annan utmaning som uppstod under filminspelningen var att appen Capture gjorde fel markeringar i planritningar. Syftet med appen är att den ska integreras med kamerans rörelser och via en livekarta illustrera var man befinner sig i planritningen när man filmar. Men ibland har appen gjort fel markeringar, se nedanstående figur. Vänstra figuren visar en blå dragen linje som sträcker sig utanför planritningen, vilket är en felaktig markering på var man har filmat. Detta problem uppstod vanligtvis när man filmade med en ojämn gånghastighet och därför var det väldigt viktigt att försöka filma med jämn takt. Högra figuren visar hur en korrekt markering ser ut på appen.



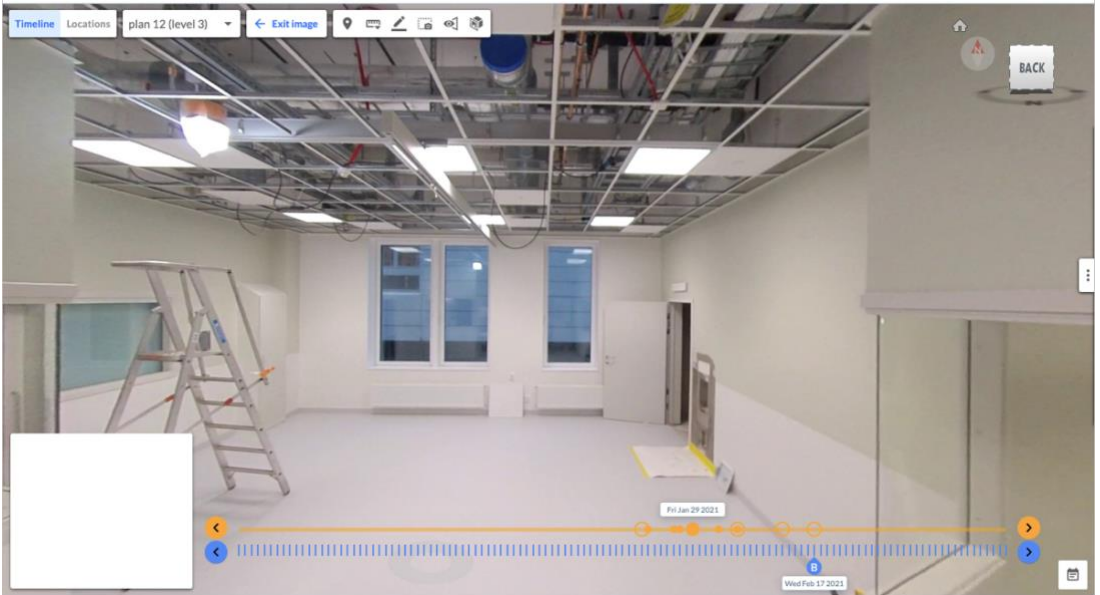
Figur 28 Skärmdump på appen Capture. Den dragna blåa linjen till höger är en fel markering.

5.3 Reality Capture under byggprocessens olika delar- En långsiktig användning

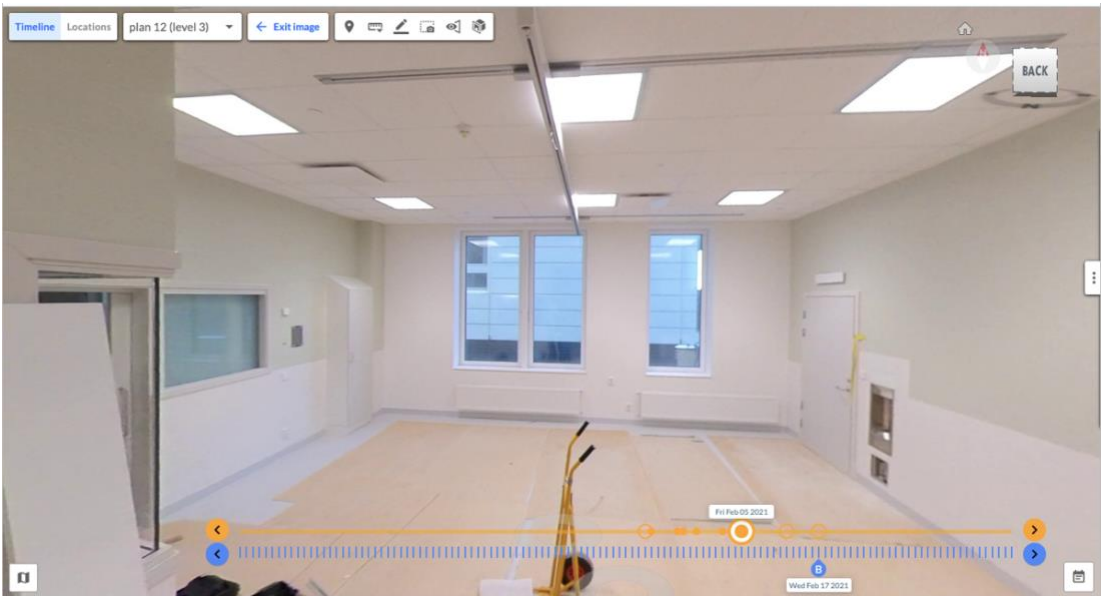
Det finns ett brett användningsområde för Reality Capture i produktionsprocessen. Uppföljning av framdrift i produktion är ett användningsområde som många respondenter nämnde på studiens utvärderingsenkät. Genom att studera figur 29 och 30 som finns i nästa sida kommer man förstå varför Reconstruct är ett bra arbetsverktyg för att följa framdriften i produktion. Bildmaterialen som laddas upp till programvaran organiseras på lättåtkomligt sätt och enligt en tidslinje. Figur visar ett rum i projektet där undertak och installation inte är färdigställda och enligt tidslinjen är bilden tagen 2021-01-29. Figur visar produktionsstatus för samma rum en vecka senare, undertaksplattorna är på sin plats och då kan man konstatera att installationsarbetet är avklarat. Detta arbetsverktyg underlättar uppföljning av framdrift på ett väl organiserat sätt som dessutom gör det möjligt för alla som är involverade att följa upp projektet från sitt kontor. Sedan ska man inte heller glömma att detta är en ”coronavänlig” arbetsmetod då restriktionerna i dagsläge försvarar fysiska arbetsplatsbesök. Beställaren och projektörer blir mer involverade i produktion och via programvaran är det fullmöjligt att göra virtuella arbetsplatsbesök.

En annan tillämpning under produktionsprocessen är användning av bildmaterial på möten. Enligt utvärderingsenkäten skrev risksamordnaren på referensprojektet att verktyget är bra på att visualisera byggarbetsplatsen och att bildmaterial kan användas på riskmöten. Projektdirektören på referensprojektet nämnde också i enkäten att istället för att ta in många personer till arbetsplatsen kan 3D-modeller användas för att informera andra om projektets stadie.

Användningen Reality Capture och Reconstruct sträcker sig utöver produktionsprocessen. En faktor som inte har beaktats direkt i implementeringen var användning av arkiverade bildmaterial vid senare skede, närmare bestämt under förvaltningsprocessen. Projekteringsledare på referensprojektet upplyste detta i utvärderingsenkäten där han bland annat nämnde att bildmaterial kan utgöra relationshandlingar för drift och underhåll. Relationshandlingar visar projektets verkliga utförande efter revideringar som har gjorts under byggets gång. Många oförutsedda händelser kan ske under byggnadens förvaltningsprocess. Därmed kan arkiverade bildmaterial som är dessutom i 360° skapa en trygghetsgaranti, för samtliga involverade i projektet såsom beställaren, konsulter, projektörer och entreprenörer. Skulle ett fel upptäckas under förvaltningsprocessen kan de arkiverade 360° bilder utgöra ett slags bevismaterial som skulle antingen bevisa att ett byggelement är utfört på inkorrekt sätt under produktionsprocessen eller att det faktiska felet beror på ett projekteringsmisstag.



Figur 29 Mockups-rum 2021-01-29.



Figur 30 Mockup-rum 2021-02-05.

5.4 Kostnadskalkylens trovärdighet

Kostnadskalkylen som upprättades har visat att användning av Reconstruct kan minska resekostnader med 371 800kr vilket motsvarar 85% reduktion samt att inspektionsarbete via Reconstruct kan minimera kostnader med 464 000 kr, vilket motsvarar 50% reduktion. Vidare har kalkylen visat att tillämpning av Reconstruct kan reducera ÅTA-arbete med 2,58 miljoner, med antagande att Reconstruct kan förhindra 1% av ÅTA-arbete och att den nuvarande ÅTA-kostnader ligger på 258 miljoner. Kostnadskalkylen är baserad på ett referensprojekt vars area är 108 000 kvm och totalkostnad uppskattas att bli 4,8 miljarder.

Kostnadskalkylen visar att användning av ett program som tillämpar Reality Capture bidrar till kostnadseffektivitet och genom att tillämpa ett sådant program kan arbetet i byggproduktion bli mer produktivt. Men hur stor trovärdighet har kostnadskalkylen och kan man förlita sig på den erhållna kostnadsresultaten? Kostnadskalkylen bygger till en viss del på antagande som görs på parametrar som finns i ekvationerna. Beräkningsgången och ekvationerna är erhållna från Mani Golparvar, en av grundarna till Reconstruct. Värdena på de olika parametrarna bestämdes i samråd med handledaren Tanja Wictor. Bestämning av parametrarna har gjorts för att i bästa mån överensstämja med verkligheten men det finns en osäkerhet i värdena som har antagits. Dessutom har inte licensavgift för programvaran beaktats i kostnadskalkylen.

Nedanför presenteras problematiken med antaganden som behövdes göra i kalkylen. Nedanstående ekvationer används för att beräkna hur mycket fysiskt arbetsplatsbesök respektive virtuellt arbetsplatsbesök via Reconstruct kostar. För att göra beräkningsgången komplett behövde parametrarna resekostnad, resetid, genomgångstid, antal besökare samt timlön bestämmas. Det kan vara svårt att sätta en fast resetid och resekostnad som stämmer överens med alla besökare. Aktörer som är involverade i projektet befinner sig i ett brett geografiskområde därmed kan det vara svårt att bestämma resekostnad och restid med hög precision.

$$\begin{aligned} \text{Kostnad} &= \text{resekostnad} + (\text{resetid} + \text{genomgångstid}) * \text{antal besökare} * \text{timlön} \\ \text{Kostnad}_{\text{virtuellt}} &= \text{genomgångstid} * \text{antal besökare} * \text{timlön} \end{aligned}$$

Precisionen i kalkylen hade kunnat blivit bättre om man exempelvis skickade ut undersökningsblanketter till medarbetarna på referensprojektet där de fick ange avståndet från deras hem eller huvudkontor till byggarbetsplatsen samt vilket färdmedel de använder. Vidare skulle även annan viktig information som berör de andra kostnadskategorier fåtts från undersökningsblanketter. Indata från undersökningen hade sedan kunnat vara underlag för bestämning av parametrarna.

6 Diskussion

6.1 Virtuella arbetsplatsbesök, en helhetslösning eller ett komplement

I flera år har byggbranschen ansetts vara den näst minst digital av alla samhällsbranscher men det finns idag en marknad för teknologiföretag som erbjuder smarta lösningar som kan tillämpas på byggprojekt. Utgångspunkten i denna studie var att just utvärdera en programvara som tillämpar tekniken Reality Capture. Reconstruct och liknande programvaror har gjort det möjligt för aktörer att följa upp produktion utan att behöva vara fysisk närvarande på byggarbetsplatsen. Att kunna virtuellt följa upp framdriften i produktion har tidigare inte kunnat vara möjligt men en synlig effekt av digitaliseringsarbete är att det har skett en omväxling. Denna utveckling för med sig både risker och möjligheter. Det kan uppstå olika scenarier om Reality Capture blir allt mer etablerat och fler byggföretag väljer att dokumentera projekt genom att ta kontinuerliga 360° bilder under hela produktionsprocessen.

Fallstudien genomfördes under en tidsperiod där många medarbetare på referensprojektet var tvungna att jobba hemifrån på grund av restriktioner. Dessutom fanns det restriktioner på maxantal personer som får delta på ett arbetsplatsbesök. Detta ledde till att medarbetarna som kunde arbeta på plats fick hitta snabba lösningar för att informera om framdriften och involvera sina kollegor som jobbar hemifrån. Under implementeringen berättade en av blockcheferna att han brukar starta ett videomöte i mobilen via Microsoft Teams samtidigt som han befann sig på byggarbetsplatsen för att visa produktionens framdrift för beställare och konsulter som inte kan närvara på grund av restriktioner. En liknande lösning har även genomförts av två arbetsledare på projektet, som erbjöd virtuell rundvandring via Microsoft Teams för interna medarbetare som jobbar hemifrån.

Betyder det att virtuella arbetsplatsbesök kan utesluta fysiska arbetsplatsbesök? Det kortaste svaret på denna fråga är nej. Reality Capture och Reconstruct ska ses som ett hjälpmedel som kompletterar fysiska arbetsplatsbesök. Underentreprenörer, beställaren och övriga hyrda konsulter ska kunna vara mer involverade i produktionen genom att genomföra virtuella arbetsplatsbesök. Virtuella arbetsplatsbesök är en lösning som kan framförallt användas av aktörer som inte arbetar nära byggarbetsplatsen eller som inte har tid att besöka

byggarbetsplatsen. Därmed kan det konstateras att virtuella arbetsplatsbesök är ingen helhetslösning utan snarare ett komplement som kan tillämpas från olika perspektiv baserat på aktörernas roll i projektet.

6.2 Förslag till vidare studier

Tar man ett steg framåt i digitaliseringsvärlden kan bildmaterialen levereras av en robothund. Det amerikanska robotik-företaget Boston Dynamics har under 2019 lanserat den fyrbenta roboten Spot. Spot kan användas inom industriarbete och i arbetsmiljöer där det bedöms vara farligt för människor att vistas. Robothunden Spot är relativt ny på marknaden men har redan fått sitt första jobb på en norsk oljeplattform. Det finns god potential för användning av robothunden Spot i byggbranschen. Företaget Holobuilder som har ett liknande program som Reconstruct har börjat testa att integrera Spot i sin befintliga programvara. Integrationen bygger på att man kan via telefon navigera Spot på byggarbetsplatsen och därefter kommer roboten att självständigt ta 360° bilder. Kombinationen av Reality Capture och robotteknik innebär att byggarbetsplatsen kan dokumenteras och kontrolleras utan att en människa behöver vara närvarande och det i sig kan vara intressant att undersöka utifrån en krissituation. Exempelvis under en svår pandemi där ett helt land sitter i karantän och det är exakt vad som hände under våren 2020 i vissa delar av världen. Det kan även vara intressant att undersöka hur kombinationen av teknikerna kan effektivisera framdriften i produktion.

Vid slutet av detta examensarbete har NCC publicerat i sin hemsida att de har skaffat den omtalade robothunden. Anskaffandet av robothunden på NCC ingår i ett större EU-projekt. Christina Claeson som är adjungerad professor vid Chalmers tekniska högskola och även koncernens chef för Research& Innovation på NCC menar att robotteknik i byggbranschen kan föra med sig nya användningsområden som har tidigare inte uppmärksammats (NCC 2021).

7 Slutsats

7.1 Kan Reality Capture effektivisera sättet att bearbeta dokumentationer?

Det är viktigt att skilja mellan tekniken Reality Capture och programvaror som tillämpar tekniken när man resonerar om vilken grad av effektivitet som uppnås när man moderniserar dokumentationsmetoder. En viktig faktor som nämndes tidigare i rapporten är programmets prestanda. Programmet ska ha en god prestanda för att uppnå ett tillfredställande resultat och så var inte fallet i denna studie. Reconstruct nådde inte sin fulla potential och det beror främst på att datorerna som användes hade sämre processorer än vad Reconstruct rekommenderar. För att studien skulle vara mer rättvis borde man ha testat Reconstruct med de rekommenderade datorprocessorer, Intel Core i7 eller i9 men det kunde inte tillhandahålls under implementeringen. Bortsett från Reconstructs prestanda har programvaran många bra funktioner som kan effektivisera sättet dokumentationer bearbetas i produktion. Den viktigaste fördel är att bildmaterial som är lagrad i Reconstruct är organiserat enligt en tidslinje och lättåtkomlig.

7.2 Kan 360° kameratekniken och Reality Capture bidra till kostnadseffektivitet och tidsbesparing?

Den nedre tabellen visar hur mycket Reconstruct kan bidra till kostnadsbesparingar enligt kostnadskalkylen som upprättades i studien.

Tabell 10 Sammanställning på hur mycket Reality Capture kan bidra till kostnadseffektivitet

Kostnadskategori	Årlig besparing	Procentuell besparing
Reducering av resor	371 800 kr	85%
Reducering av kostnad på inspektionsarbete	463 822 kr	50%
Reducering av ÄTA-arbeten	2,58 miljoner	-

7.3 Hur förhåller sig olika aktörer till Reality Capture?

För att veta hur aktörerna förhåller sig till Reality Capture ställdes samma fråga på både utvärderingsenkäterna som skickades ut innan respektive efter implementationen. Enligt utvärderingsenkäten som skickades ut innan de fick tillgång till Reconstruct, svarade 66,7% att de tror att 360° bilder på byggarbetsplatsen kan effektivisera eller underlätta deras arbete. Det skedde en positiv förändring i hur de förhåller sig till tekniken. Efter att aktörerna fick testa programvaran Reconstruct som tillämpar Reality Capture, svarade 83,3% att tekniken kan effektivisera eller underlätta deras arbete. I samma utvärderingsenkät svarade 58,3% att de kan tänka sig att fortsätta använda Reconstruct som ett arbetsverktyg. Utifrån det kan man konstatera att finns skillnad i hur aktörer förhåller sig till konceptet bakom tekniken Reality Capture och programvaran Reconstruct. Att det finns skillnad i antal personer som tror att Reality Capture är en effektiv teknik och antal personer som svarade att de kan tänka sig att fortsätta använda Reconstruct kan bero på Reconstructs prestanda. Aktörerna som fick testa Reconstruct hade inte den rekommenderade datorprocessor och till följd av det har en majoritet svarat att prestandan var dålig och programmet laggade. Därmed bör man skilja mellan tekniken Reality Capture och programvaran Reconstruct.

7.4 Vilken del av byggprocessen har störst nytta av Reality Capture?

Reality Capture kan nyttjas under produktion- och eventuellt under förvaltningsprocessen. Vid projekt där projektering sker parallellt med produktion kan Reality Capture även nyttjas för projektering, då kan projektörer följa upp framdriften i produktion. Studien utfördes på ett projekt som befinner sig i produktionsfasen och baserat på utvärderingsenkäten där olika arbetsroller deltog i kan man konstatera att finns en stor potential för Reality Capture i produktion. Medarbetarna på referensprojektet skrev att verktyget kan användas för att kontrollera framdrift, kvalitetssäkring och utgöra ett visualiseringsverktyg för byggarbetsplatsen. När det gäller användning av Reality Capture under förvaltningsprocessen har litteraturstudien visat att tillämpningen av Reality Capture har gjorts på dammbyggnaden Glen Canyon Dam i USA för att upprätthålla underlag för drift och underhåll. Därmed kan man även konstatera att med stor sannolikhet finns det potential för Reality Capture i förvaltningsprocessen men att fler studier bör utföras för att verifiera det.

Källförteckning

Amer, Fouad. (2020a). *Alignment workflows*

<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360030707452-Alignment-Workflows> [2021-03-04]

Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., ... & Weaver, J. (2010). Google street view: Capturing the world at street level. *Computer*, 43(6), 32-38.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5481932?casa_token=3Y5vac3d2XQAAAAA:jpIj5PIButz7bPT6UTI7zQSrRF7fLaUYsuQ0TY9SrELIZD4-RTIuhG1jTiqZuI_2Rj7oyoE8

Autodesk. (2017). *How Reality Capture is Changing the Design and Construction Industry- 7 Ways Reality Capture Can Help Your Deliver Your Projects with More Accuracy end Efficincy.*

<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/drafr/2043/how-reality-capture-is-changing-the-design-and-construction-industry.pdf>

Autodesk. (u.å). *Reality Capture and 3D models help protect critical infrastructure. The future of making thing.* <https://www.autodesk.com/customer-stories/bureau-of-reclamation> [2021-01-15-]

Bild <https://whitearkitekter.com/se/projekt/nya-sjukhuset-malmo/>

Gacek, C., & Arief, B. (2004). The many meanings of open source. *IEEE software*, 21(1), 34-40.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1259206?casa_token=dNEqNhGBY3gAAAAA:0Y4b1zmBdU9PSEgSZmKyRWYjZKaix3IkzhilTV6KVxuFFHACkAvl-U7dX-6gNCIORAcEgzZ2 [2021-01-30]

Gunnar, Redelius. (1967).

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1224916/FULLTEXT01.pdf>

- Halabya, Ayman. (2019). *Supported Schedule Formats*.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360027485412-Supported-Schedule-Formats>[2021-03-06]
- Halabya, Ayman. (2020a). *Using Reconstruct for Progress Tracking*.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360042483691-Using-Reconstruct-for-Progress-Tracking>[2020-12-10]
- Halabya, Ayman. (2020b). *Recommended Computer & ISP Specifications*.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360028648571-Recommended-Computer-ISP-Specifications> [2021-02-01]
- Halabya, Ayman. (2021a). *360 Cameras and Stabilizers*.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360027553032> [2021-03-04]
- Halabya, Ayman. (2021b). *Getting started with 360 Capture*
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360027828151-Getting-Started-with-360-Capture> [2021-03-04]
- Hodzic, Amela., & Vikbrant, Linnea. (2019). *Digitalisering och produktivitet hänger ihop* <https://www.byggindustrin.se/alla-nyheter/debatt/digitalisering-och-produktivitet-hanger-ihop/>
- Ivarsson, Jonas. (2020). *Katering och klassificering av verg med fotogrammetri*. Luleå tekniska universitet. Institutionen för samhällsbyggnads och naturresurser <http://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1395657/FULLTEXT01.pdf>
- Kelsey, Pete. (2018). *Virtualizing the Glen Canyon Dam*.
<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Virtualizing-Glen-Canyon-Dam-2018>
- Leyvoy, Marc. (2004). *The Stanford Cityblock Project: multi- perspective panoramas of city blocks*. <http://graphics.stanford.edu/projects/cityblock/>
- NCC. (2021) . *NCC skaffar hund*. <https://www.ncc.se/media/nyheter/ncc-skaffar-hund/> [2021-04-05]
- Nordkvist, Karin., & Olsson, Håkan. (2012). *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning.
https://pub.epsilon.slu.se/10062/1/Nordkvist_K_130328.pdf

Reconstruct. (u.å) . *About us*

<https://www.reconstructinc.com/about/>[2020-11-05]

Skanska. (u.å) CityGate, Göteborg

<https://www.skanska.se/vart-erbjudande/vara-projekt/204749/Citygate%2C-Goteborg> [2021-11-20]

Svensk digital datatjänst. (2019). *Fotogrammetri. En guide till god hantering.*

<https://snd.gu.se/sites/default/files/page/SND%3B%20Fotogrammetri%3B%20En%20guide%20till%20god%20hantering> 2019-10-29.pdf

Svensson, Per. (2015). Föreläsning: *Kvalitativ och kvantitativ undersökningsmetodik*. Chalmers tekniska högskola.

<https://student.portal.chalmers.se/sv/chalmersstudier/programinformation/maskin/teknik/kandidatarbete/Documents/20150225%20Vetenskapsmetodik%20förel%202%20PS.pdf>

Wictor, Tanja. (2020) *Projektplan Hus. Nya vårdbyggnaden Malmö (NVM)*, 147819, 147820

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M.J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12004217>

Yu, Allen. (2014). *Google Maps Historical Street View*. University of Waterloo.

<https://uwaterloo.ca/library/news/google-maps-historical-street-view>

Figurförteckning

Figur 1: Egen figur

Figur 2: Whitearkitekter. (u.å). *Nya Sjukhusområdet Malmö*.
<https://whitearkitekter.com/se/projekt/nya-sjukhuset-malmo/> [2020-11-12]

Figur 3: Geospatial Data Services Librarian. (2014). *Google Maps Historical Street View*. <https://uwaterloo.ca/library/news/google-maps-historical-street-view> [2021-01-12]

Figur 4: Svensk digital datatjänst. (2019). *Fotogrammetri. En guide till god hantering*. https://snd.gu.se/sites/default/files/page/SND%3B%20Fotogrammetri%3B%20En%20guide%20till%20god%20hantering_2019-10-29.pdf

Figur 5-7: Skärmdumpar på implenteringen

Figur 8: Reconstruct. (2021a). 360 Cameras and stabilizers
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360027553032> [2021-02-20]

Figur 9: Reconstruct. (2021b). Getting started with 360 Capture
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360027828151-Getting-Started-with-360-Capture> [2021-02-23]

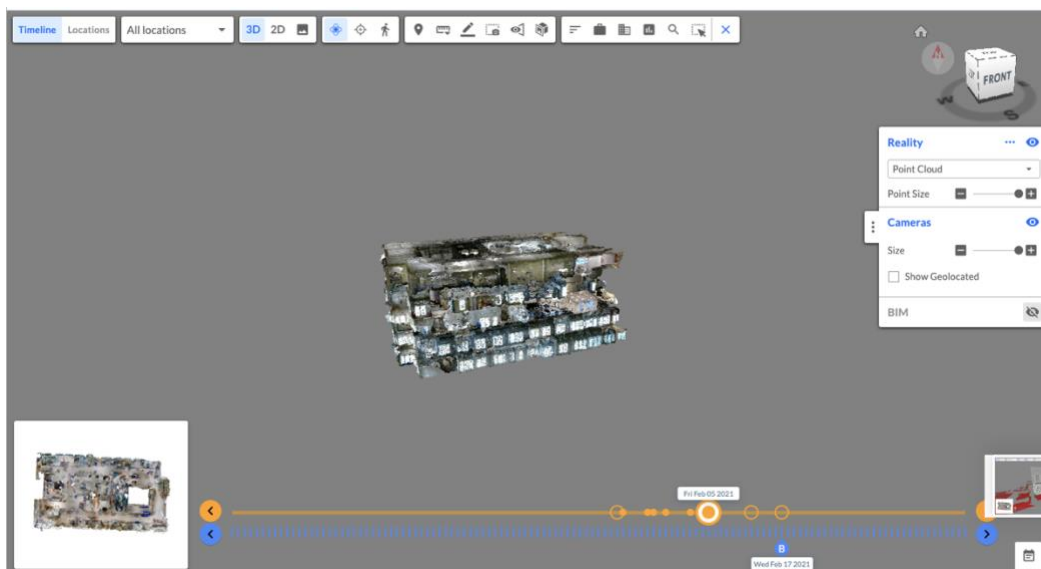
Figur 10: Egen figur

Figur 11: Reconstruct. (2020a). Alignment Workflows.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360030707452-Alignment-Workflows> [2021-03-08]

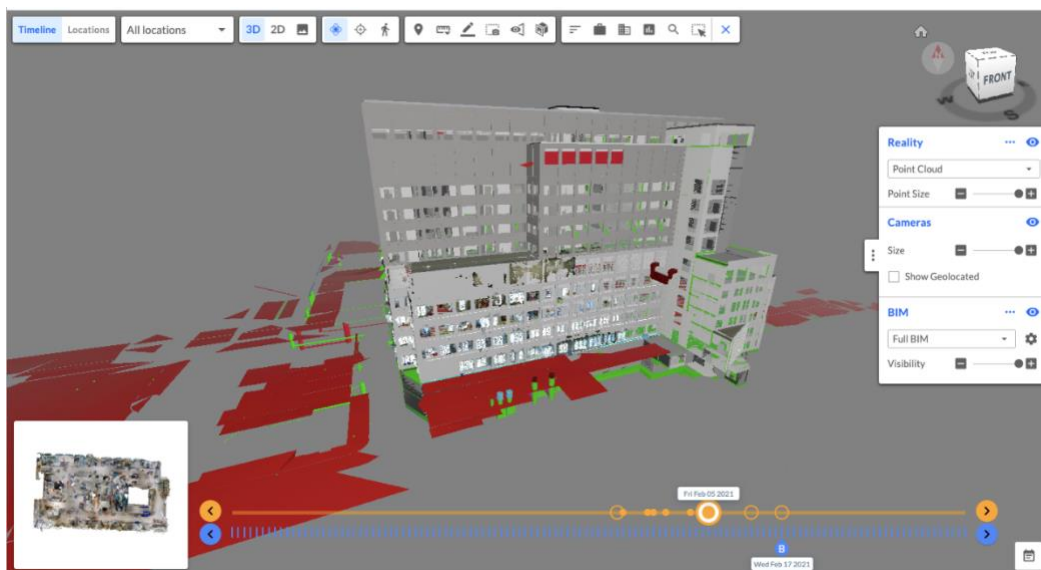
Figur 27: Reconstruct. (2020a). Recommended Computer& ISP Specifications.
<https://help.reconstructinc.com/hc/en-us/articles/360028648571-Recommended-Computer-ISP-Specifications> [2021-03-17]

Figur 12-26& 28-48: Egna figurer

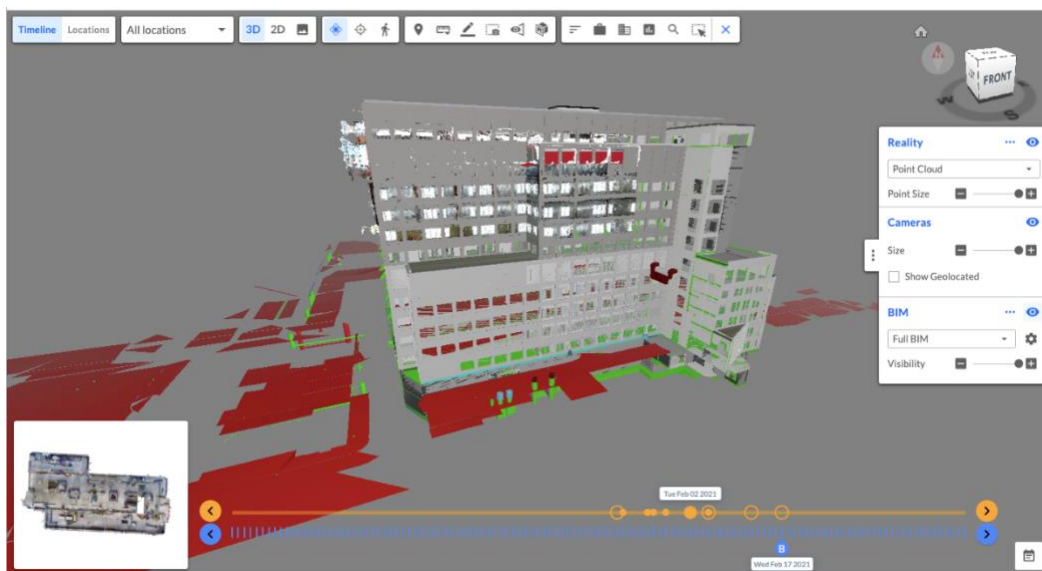
Bilaga 1



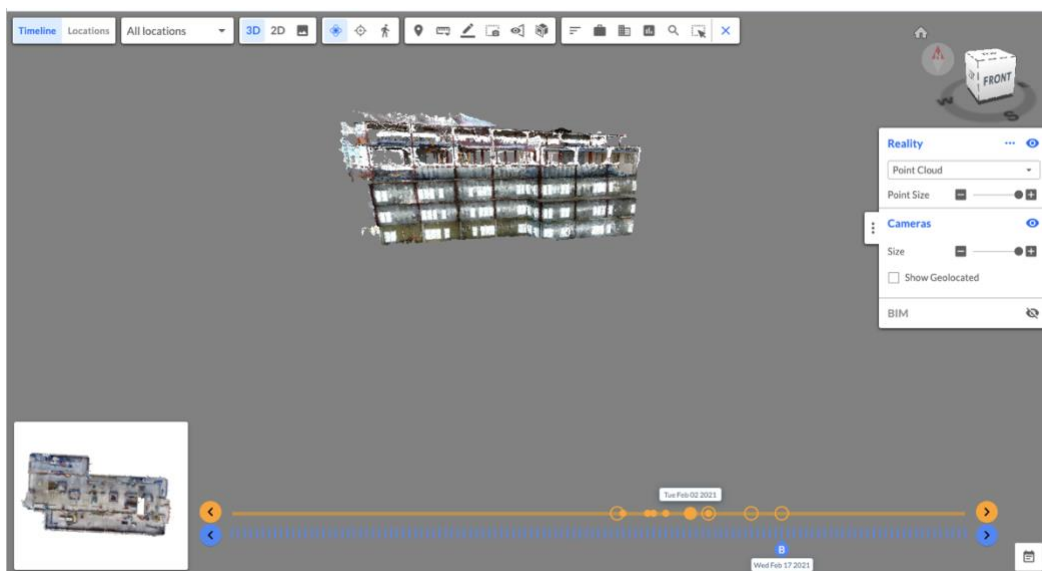
Figur 31 punktmolnmodeller på plan 10-14.



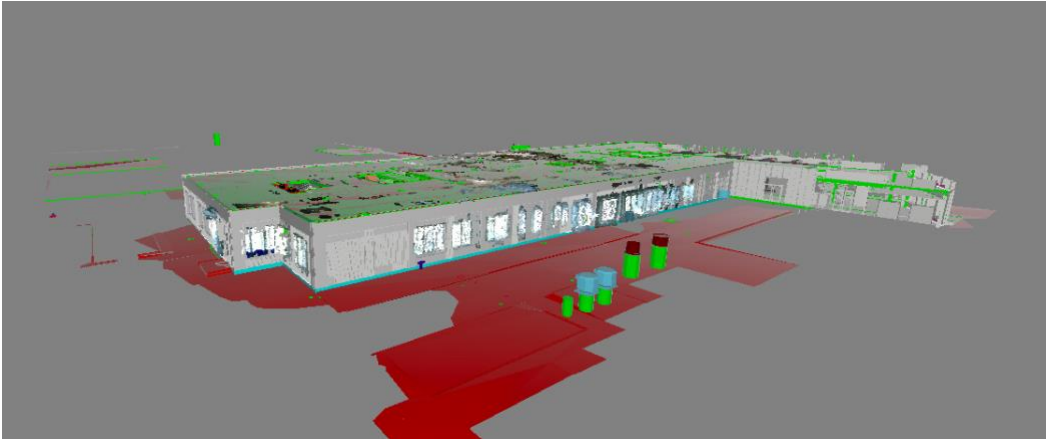
Figur 32 BIM-modell tillsammans med punktmolnmodeller på plan 10-14.



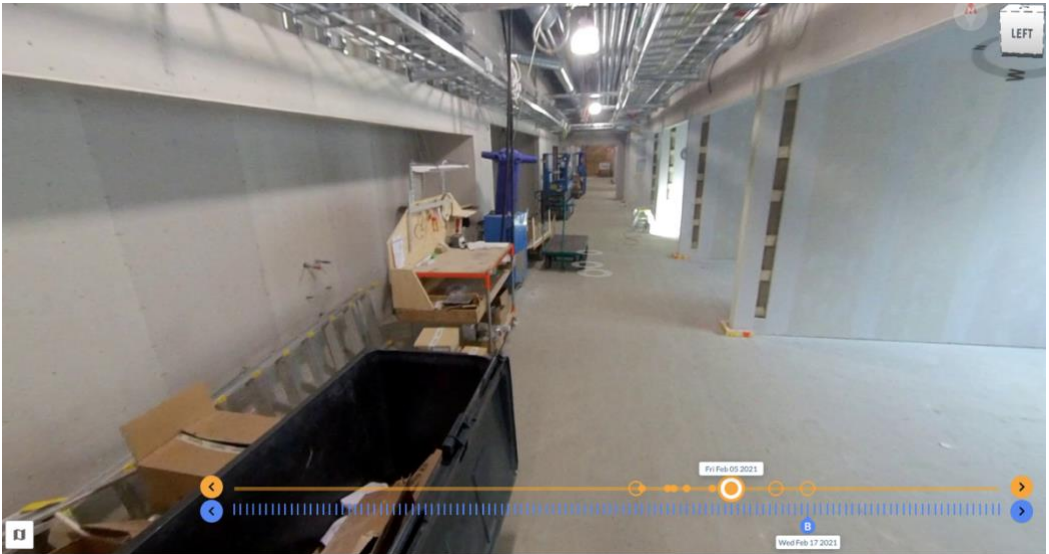
Figur 33 BIM-modellen tillsammans med punktmolnmodeller på plan 15-20.



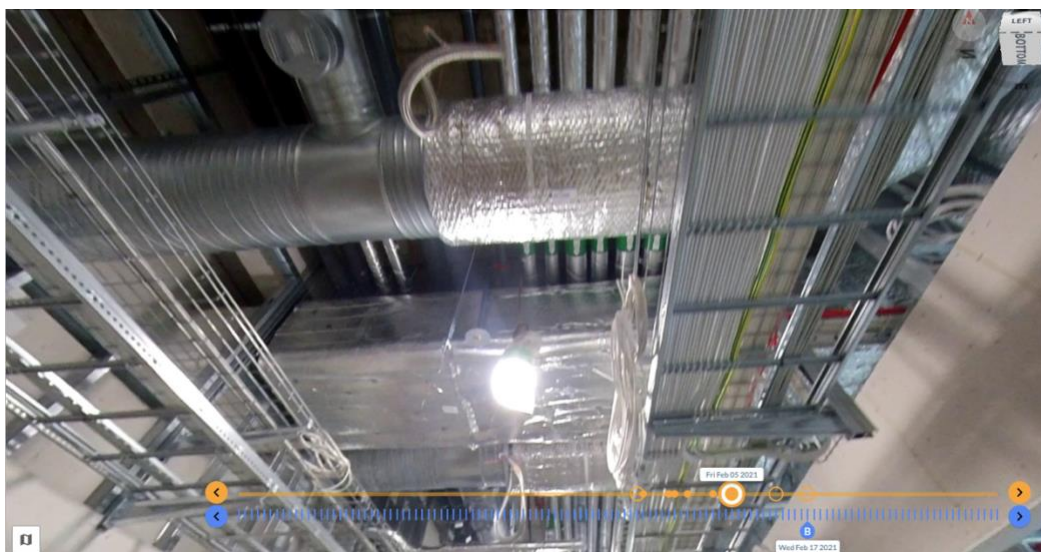
Figur 34 punktmolnmodeller på plan 15-20.



Figur 35 BIM-modell och punktmolnmodell på våningsplan 12.



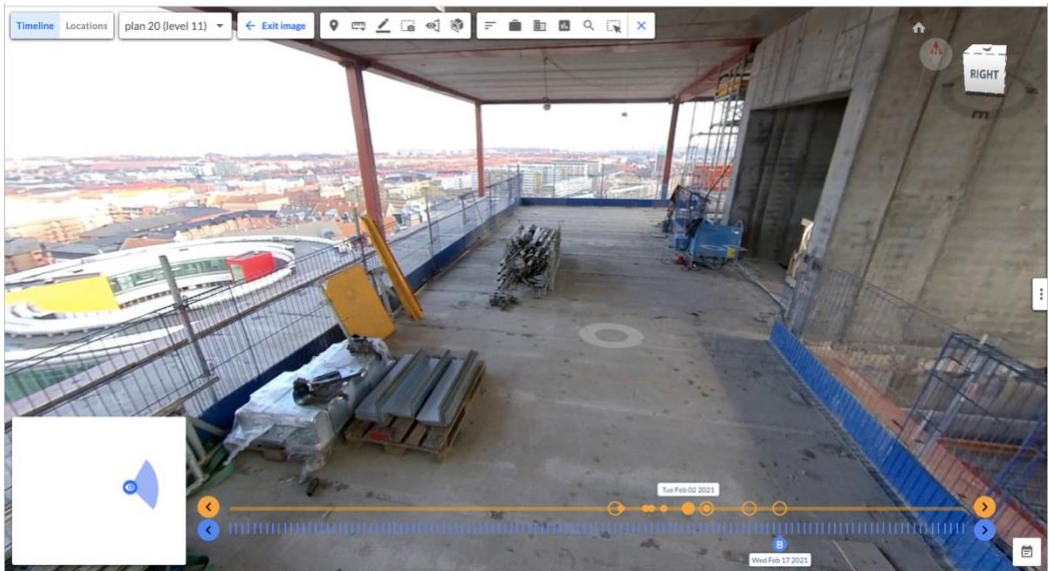
Figur 36 Hallen på plan 10.



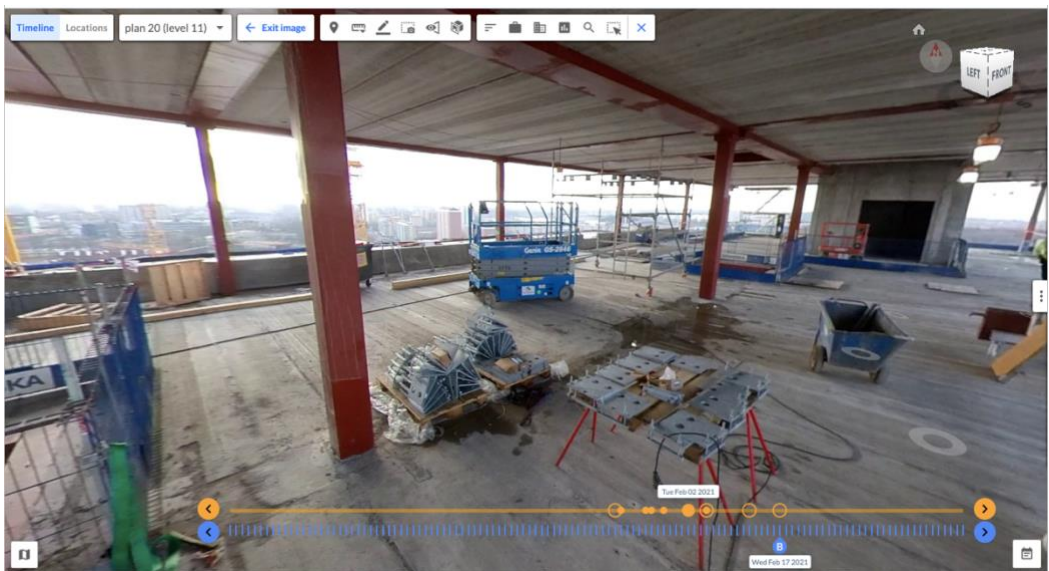
Figur 37 Installation i samma hall som i figur 36.



Figur 38 Ett av flertal rum på plan 10.



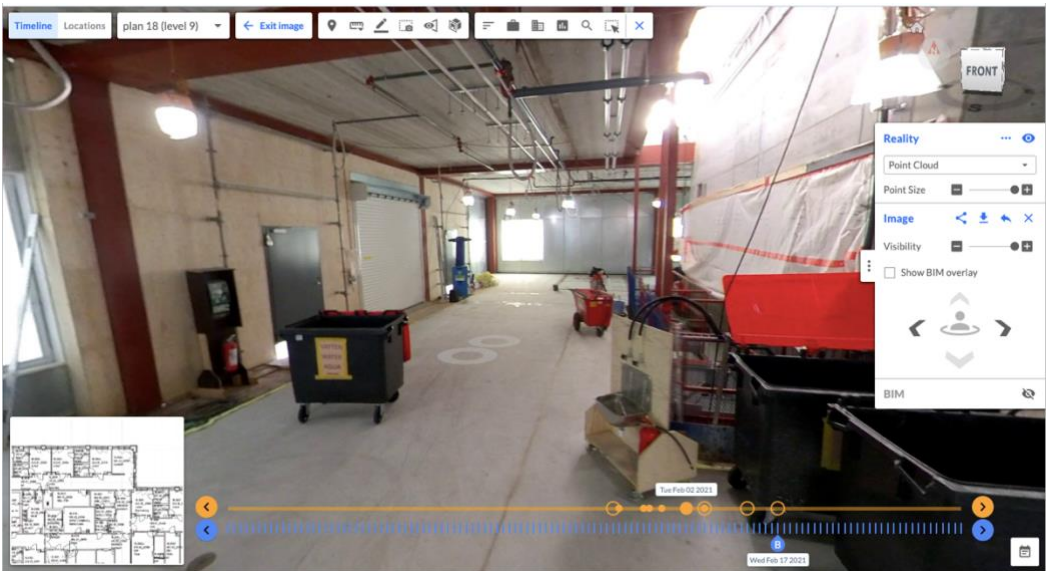
Figur 39 Plan 20 den 2 februari 2021.



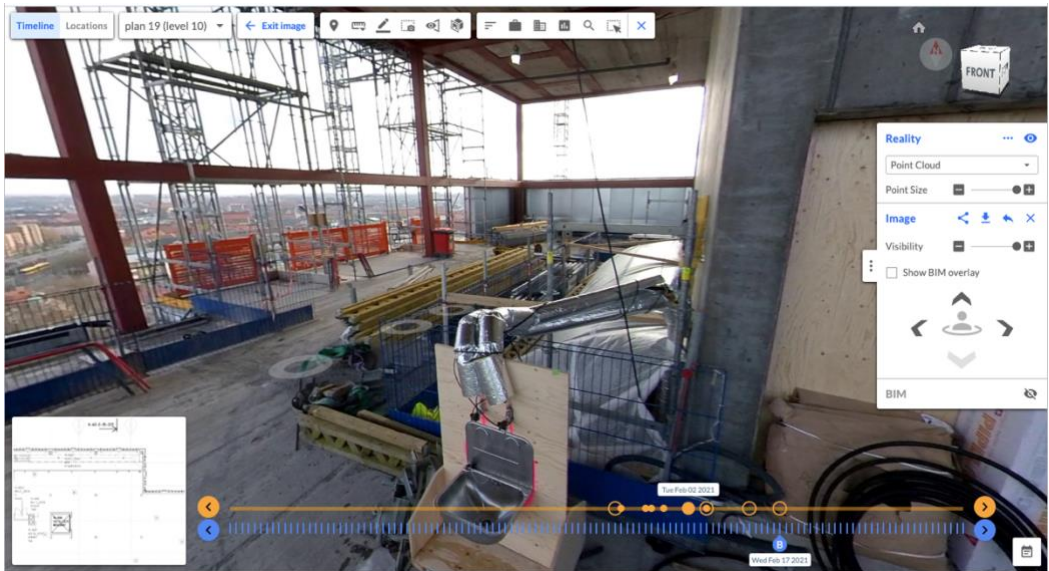
Figur 40 En annan sida på plan 20.



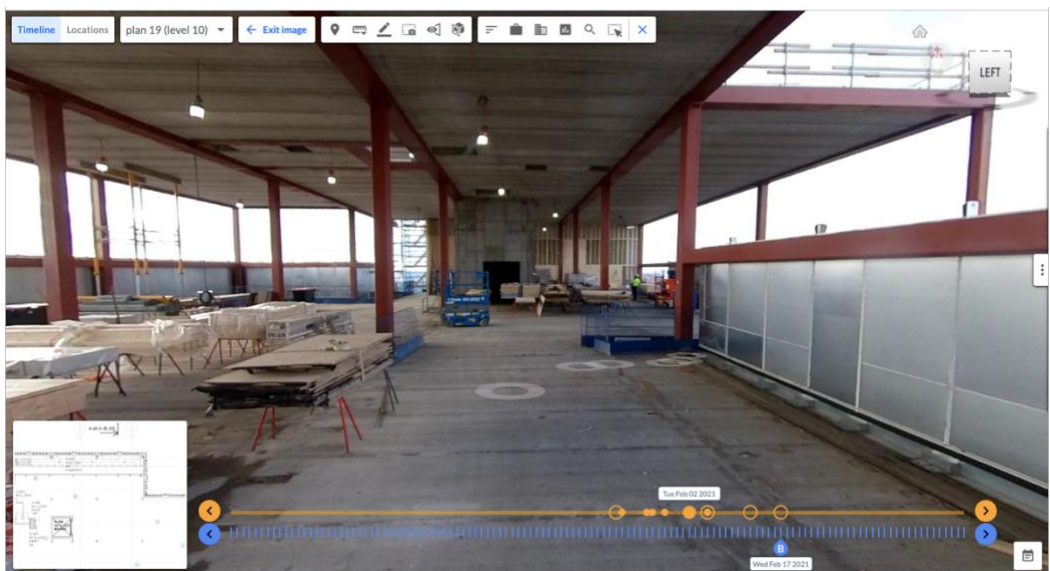
Figur 41 Plan 18 den 2 februari 2021.



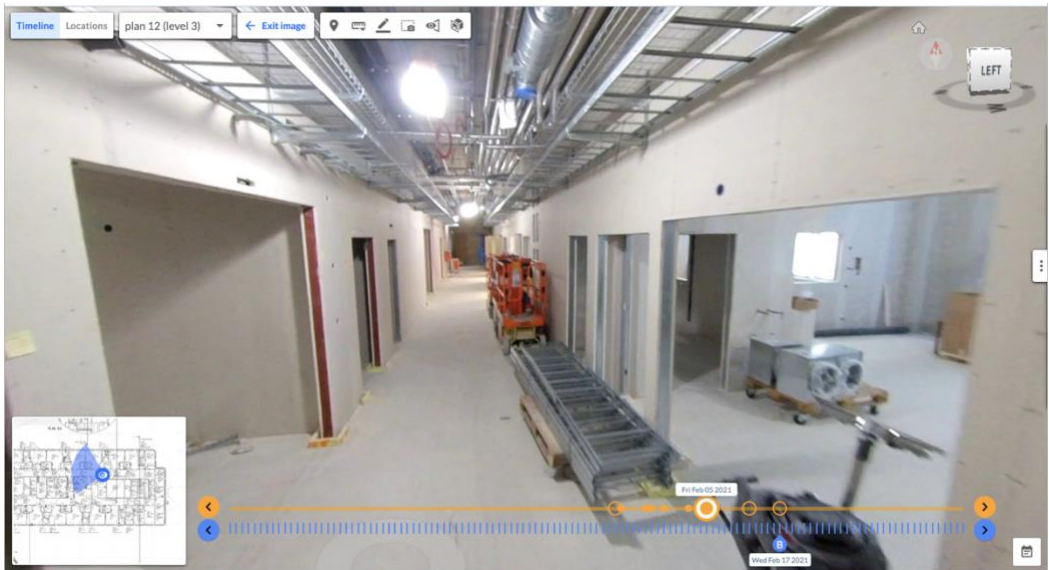
Figur 42 Första delen av plan 18.



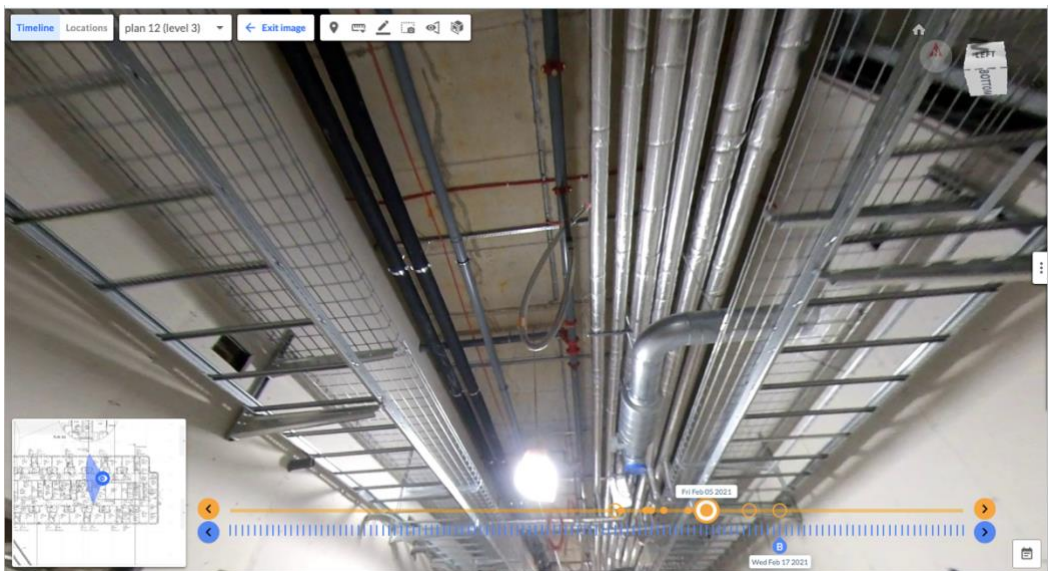
Figur 43 Plan 19 vid bygghissarna.



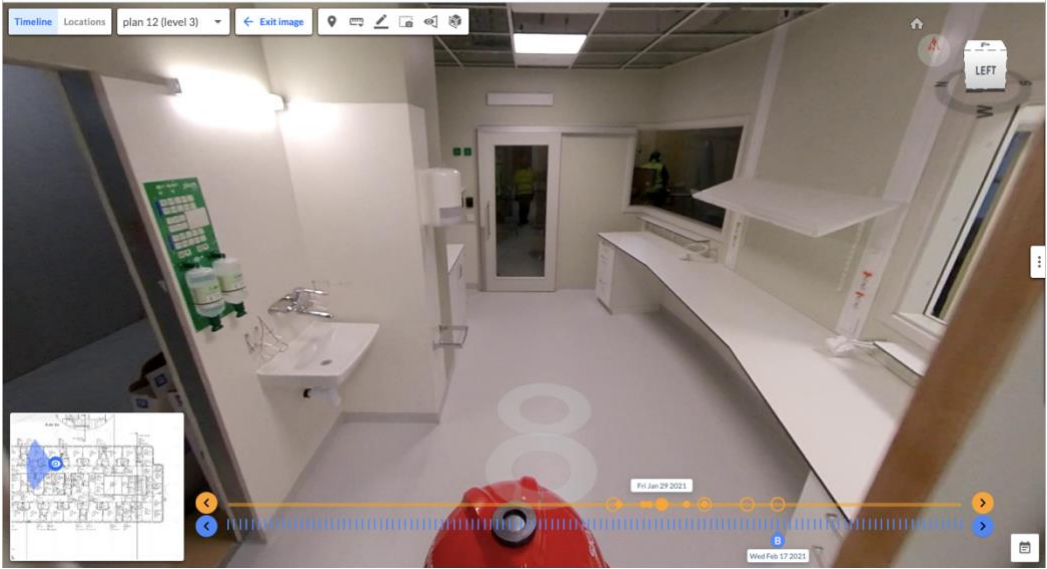
Figur 44 Öppna ytan på Plan 19.



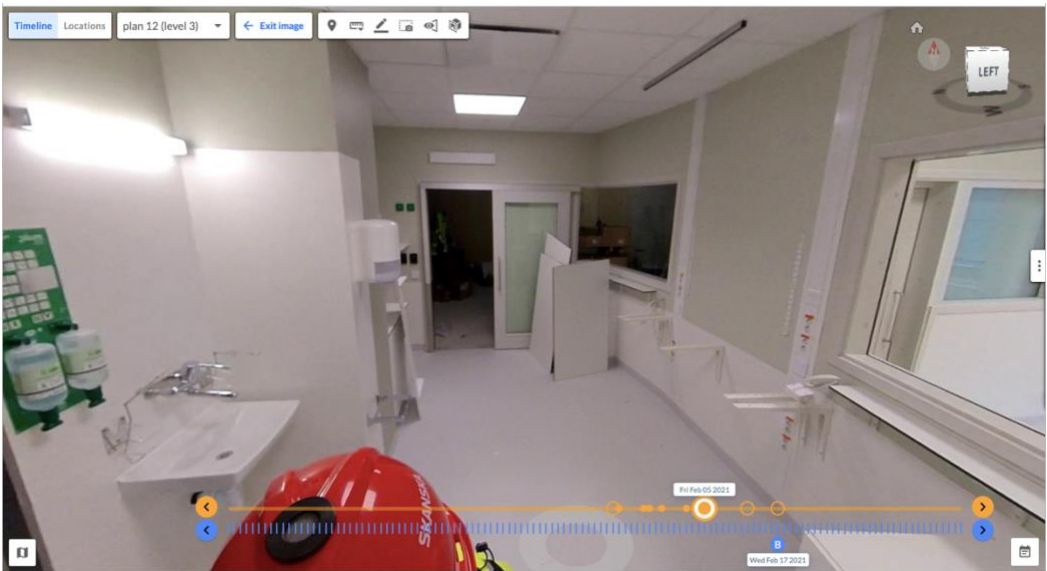
Figur 45 Hallen på plan 12.



Figur 46 Installation från samma position som i figur 45.



Figur 47 Mock-up den 29 januari 2021.



Figur 48 Mock-up den 5 februari 2021.

Bilaga 2

2.1 Utvärderingsenkät innan implementering

Vad har du för arbetsroll på projektet NVM?

- Arbetsledare
- Chefposition (block-, projekt-, produktions-, eller supportchef)
- Supportfunktion (arbetsroller som avser miljö-, kvalitét-, och risksamordning)
- Installationssamordnare
- Projektingenjör

Hur ofta besöker du byggarbetsplatsen?

- Dagligen
- 2-3 gånger i veckan
- 1 gång i veckan
- Varannan vecka
- Enstaka tillfällen vid behov

Vanligtvis brukar arbetsledarna dokumentera arbetet med en mobilkamera. Tycker du att det är en tillräcklig metod för att upprätta dokumentationer på projektet?

- Ja, det funkar alldeles utmärkt
- Det funkar helt okej, bilderna uppfyller sitt syfte
- Det är inte optimalt, man kan inte få med allt på 2D-bilder men det funkar
- Nej, det krävs en mer effektiv dokumentationsmetod

Tror du att 360° bilder på byggarbetsplatsen effektivisera eller underlätta ditt arbete?

- Ja
- Nej
- Vet ej

Om ja, ange på vilket sätt tror du att det kan underlätta ditt arbete?

Hur ofta vill du få uppdaterade 360° på projektet?

- Varje dag
- 2-3 gånger i veckan, exempelvis måndag, onsdag och fredag
- 1 gång veckan
- Varannan vecka
- Efter varje avslutad aktivitet, exempelvis innan och efter enkling& dubbling

Hur förhåller du dig till nya digitala verktyg som introduceras till ditt arbete?

1 2 3 4 5

1= Det är enkelt att lära sig och man vänjer sig snabbt

5 = Det är svårt att lära sig och det tar tid tills man vänjer sig

2.2 Utvärderingsenkät efter implementering

Vad har du för arbetsroll på projektet NVM?

- Arbetsledare
- Chefsposition (block-, projekt-, produktions-, eller supportchef)
- Supportfunktion (rissamordnare och digital ledare)
- Projektingenjör
- Projekteringsledare

Hur var det att komma igång med programmet?

- Mycket lätt
- Ganska lätt
- Varken lätt eller svårt
- Ganska svårt
- Mycket svårt

Hur upplevdes Reconstruct prestanda? Med prestanda avses hur väl ett datorprogram utför sin uppgift?

- Mycket bra prestanda, programmet laggade aldrig
- Ganska bra prestanda, programmet laggade sällan
- Varken bra eller dålig prestanda, programmet laggade ibland
- Ganska dålig prestanda, programmet laggade ofta
- Mycket dålig prestanda, programmet laggade alltid

Efter att ha testat Reconstruct, tror du att 360 ° bilder på byggarbetsplatsen kan effektivisera eller underlätta ditt arbete?

- Ja
- Nej
- Kanske

Efter att ha testat Reconstruct, kan du tänka dig att fortsätta använda Reconstruct som ett arbetsverktyg?

- Ja
- Nej
- Kanske

Berätta varför du är intresserad/ ej intresserad av att fortsätta använda Reconstruct som ett arbetsverktyg?