

DRÖNARBASERAD FOTOGRAMMETRI SOM KVALITETSVERKTYG I BYGGSEKTORN

— EN UTVÄRDERING AV TEKNIKENS FÖRDELAR, UTMANINGAR
SAMT KVALITETSSÄKRINGSPOTENTIAL

Affärsutvecklarprogrammet
Bygg och Fastighet

Simon Godée
Jacob Börjesson
2024



HÖGSKOLAN I BORÅS

Program: Affärsutvecklarprogrammet Bygg & Fastighet

Nivå: Kandidatexamen

Omfattning: 15 högskolepoäng

Svensk titel: Drönarbaserad fotogrammetri som kvalitetsverktyg i byggsektorn

Engelsk titel: Drone-based photogrammetry as a quality enhancement tool in construction

Datum: 2024-05-28

Författare: Simon Godée, Jacob Börjesson

Handledare: Ulrika Lindh

Examinator: Kimmo Kurkinen

Nyckelord: Fotogrammetri, Drönare, Kvalitet, Kvalitetsverktyg, Projekt kvalitet, 2D, 3D, Ortofoto, Punktmoln

SAMMANFATTNING

Introduktion – Byggprojekten blir alltmer komplexa och involverar många aktörer. Enligt en undersökning så förlorar byggbranschen årligen uppemot 100 miljarder kronor varje år på grund av kvalitetsbrister. Det visar att det finns ett behov av förbättringar inom byggsektorn för att säkerställa högre kvalitet och minskade förluster.

Fotogrammetri är en äldre teknik som ursprungligen var en vetenskaplig metod för att mäta och återskapa fysiska objekt och deras omgivning, med hjälp av fotografiska bilder. Med åren har fotogrammetri förbättrats och möjliggör idag skapandet av skalenliga och detaljerade 2D-kartor och 3D-modeller av ett objekt eller område, med hjälp av små drönare.

Investeringar i digitala verktyg kan vara en stor kostnad, särskilt för mindre företag som inte har kunskap eller underlag för huruvida ett digitalt verktyg faktiskt kan förbättra deras verksamhet. Därför är målet med denna studie att undersöka, hur och om drönarbaserad fotogrammetri kan bidra till en förbättrad projektkvalitet i ett byggprojekt, genom att studera och analysera dess fördelar och utmaningar vid användning.

Metod – Undersökningsstrategin som har valts för studien är en intervjustudie där semi-strukturerade frågor har ställts till flera olika svenska byggföretag. Byggföretag som idag använder drönarbaserad fotogrammetri i sin dagliga verksamhet. En litteraturinsamling har kontinuerligt gjorts under arbetsgången för att stärka den insamlade empirin och teoretiska bakgrunden.

Resultat – Resultatet från intervjuer visade att en av de främsta fördelarna med användningen av drönarbaserad fotogrammetri är möjligheten att skapa en mer realistisk visualisering av ett projektområde. Denna förbättrade helhetsbild av ett projekt har sedan lett till effektivare planering av arbetsflöden, besparingar i både tid och kostnader samt förbättrad kommunikation. Trots dessa fördelar identifierades också utmaningar, främst relaterade till begränsningar i gällande regelverk och tekniska hinder. Regelverket kring drönarflygningar och fotografering kan potentiellt begränsa flexibiliteten och påverka både projektets tidsplan och budget.

Analys – Uppbyggnaden av analysavsnittet är baserat på en innehållsanalys. Här lyfter författarna sina tolkningar av vad som går att utläsas av insamlad teori kopplat till resultatet av intervjustudien. Detta är kopplat till studiens frågeställningar som behandlar kvalitet, fördelar, utmaningar samt framtidsutsikter för drönarbaserad fotogrammetri.

Diskussion – Drönarbaserad fotogrammetri har potential att förbättra projektkvaliteten inom byggsektorn. Genom att möjliggöra en mer verklighetsbaserad visualisering av projektområden kan eventuella hinder i ett tidigare skede identifieras, vilket kan underlätta tidsplanering och minska risken för förseningar och extra kostnader. Med bättre drönar- och mjukvaruteknik förväntas även en mer autonom användning av drönarbaserad fotogrammetri i framtiden. Detta skulle inte bara förbättra precisionen och effektiviteten i kvalitetssäkring av ett byggprojekt, utan också göra tekniken mer tillgänglig för en bredare användargrupp.

Nyckelord – Fotogrammetri, Drönare, Kvalitet, Kvalitetsverktyg, Projektkvalitet, 2D, 3D, Ortofoto, Punktmoln

ABSTRACT

Introduction - Construction projects are becoming increasingly complex and involve many stakeholders. A survey from Boverket shows that the construction industry today suffers annual losses of up to 100 billion Swedish kronor due to quality deficiencies. This indicates a need for improvements within the construction sector to ensure higher quality and reduced losses.

Photogrammetry is an older technique that originally served as a scientific method for measuring and recreating physical objects and their surroundings using photographic images. Over the years, photogrammetry has evolved and now enables the creation of scalable and detailed 2D maps and 3D models of an object or area, with the use of small drones.

Investments in digital tools can be a significant expense, especially for smaller companies that lack knowledge or data on whether a digital tool can improve their operations. Therefore, the aim of this report is to investigate how drone-based photogrammetry can contribute to improved project quality in a construction project by examining its benefits and challenges when used.

Method - The chosen research strategy for the report is an interview study where semi-structured questions have been posed to several Swedish construction companies that uses drone-based photogrammetry in their daily operations. A literature review has been conducted continuously throughout the process to enhance the collected empirical data and theoretical understanding.

Result - The results from the interviews indicated that one of the primary benefits of using drone-based photogrammetry is the ability to create a more realistic visualization of a project area. This enhanced overall view of a project has led to more efficient workflows, savings in both time and costs, and improved communication. Despite these advantages, challenges were also identified, primarily related to limitations in existing regulations and technical barriers. The regulations surrounding drone flights and photography could potentially restrict flexibility and impact both to the schedule of a project and budget.

Analys - The structure of the analysis section is based on content analysis. Here the authors present their interpretations of what can be inferred from the collected theory in relation to the results of the interview study. This is linked to the report's research questions which address quality, benefits, challenges, and the development of drone-based photogrammetry.

Discussion - Drone-based photogrammetry has the potential to enhance project quality within the construction sector. By enabling a more reality-based visualization of project areas, potential obstacles can be identified at an early stage, which can facilitate scheduling and reduce the risk of delays and extra costs. With better drone and software technology, a more autonomous use of drone-based photogrammetry is also predicted in the future. This would not only improve the accuracy and efficiency in quality assurance of a construction project but also make the technology more accessible to a wider user base.

Key words - Photogrammetry, Drones, Quality, Quality Tools, Project Quality, 2D, 3D, Orthophoto, Point Cloud

FÖRORD

Med denna kandidatuppsats skriver vi ut oss från tre års studier på Affärsutvecklarprogrammet Bygg & Fastighet vid Högskolan i Borås.

Vi säga ett stort tack till T3 Group för att ni både ställt upp intervjuer och för att ni hjälpt till att få in oss på detta intressanta spår om fotogrammetri.

Vi vill även tacka företagen Veidekke, PEAB samt Svevia, för att ni tagit er tiden att delta i våra intervjuer och bidragit med erfarenheter och betydelsefull information.

Även stort tack till vår handledare Ulrika Lindh som varit vårt bollplank, och bidragit med värdefull feedback under denna kandidatuppsatsperiod.

Simon Godée

28 Maj 2024

Jacob Börjesson

28 Maj 2024

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	III
1 INTRODUKTION	1
1.1 Bakgrund och problemformulering	1
1.2 Problemställning.....	2
1.3 Mål.....	2
1.4 Frågeställningar	2
1.5 Avgränsningar	2
2 TEORETISKT RAMVERK.....	3
2.1 Digitalisering i byggbranschen.....	3
2.2 Fotogrammetri.....	3
2.2.1 Fotogrammetri med drönare	4
2.3 Att visualisera	5
2.3.1 Visualisera med fotogrammetri.....	5
2.4 Lagar och regler	6
2.4.1 Transportstyrelsen.....	6
2.4.2 Spridningstillstånd	6
2.5 Kvalitet	7
2.5.1 Kvalitetsarbete inom byggbranschen	7
2.5.2 Kvalitetsbrister under byggproduktion.....	8
2.5.3 Kvalitetssäkring i produktion med drönarbaserad fotogrammetri.....	9
2.6 Frågeställningens koppling till teoretiskt område.....	9
3 METOD OCH GENOMFÖRANDE.....	11
3.1 Intervjuer	11
3.2 Litteraturstudier.....	11
3.2.1 Databaser	11
3.3 Frågeställningens koppling till metodval	11
3.4 Studiens förutsättningar	12
3.5 Empiriinsamling	12
3.5.1 Arbetsgång	13
3.5.2 Analysmetod	13
3.5.3 Trovärdighet.....	13
4 RESULTAT.....	14

4.1	Empiri	14
4.2	Analys av empiri	19
5	DISKUSSION	25
5.1	Resultatdiskussion	25
5.1.1	<i>Fördelar och utmaningar med drönbaserad fotogrammetri</i>	25
5.1.2	<i>Koppling mellan drönbaserad fotogrammetri och kvalitet</i>	25
5.1.3	<i>Framtidsutsikter för drönbaserad fotogrammetri</i>	26
5.2	Sammanställnings av diskussion kopplat till frågeställningar	27
5.3	Metoddiskussion	28
6	SLUTSATS	29
6.1	Vidare förslag till forskning	29
7	REFERENSER	30
	BILAGA 1 - INTERVJUER	1
	BILAGA 2 - BILDER	14

1 INTRODUKTION

Digitaliseringen blir alltmer integrerad i olika branscher för att effektivisera arbetsflöden och driva innovation framåt. Inom byggsektorn ses en ökad användning av avancerade digitala verktyg och metoder för att hantera de komplexa utmaningar som projekt kan innebära. Även om tekniska innovationer i byggbranschen ofta går att läsa om, så är det inte skrivit i sten att det sedan implementeras av alla byggföretag. Faktum är att byggsektorn anses vara en utav de branscher som i lägre grad har adopterat digitala verktyg jämfört med andra branscher enligt Brozovsky, Labonnote & Vigren (2024). Att investera i digitala verktyg kan vara en stor kostnad, särskilt för mindre företag, och det är avgörande att veta om investeringen kommer att ge önskade resultat och fördelar.

1.1 Bakgrund och problemformulering

Dagens byggnadsprojekt blir alltmer avancerade och involverar många aktörer. Det är viktigt att projekten planeras och hanteras på ett sätt som främjar samarbete mellan alla parter för att uppfylla en beställares vision. Detta är inte bara en utmaning i sig, utan byggnationer sker idag även i en tidspressad och komplex miljö under osäkra förhållanden. Det betonar behovet av en noggrann planering och ledning (Hallin & Karrbom Gustavsson, 2019).

På uppdrag av regeringen genomförde Boverket (2018) en undersökning för att kartlägga systematiska byggfel och kvalitetsbrister. Resultaten visade att byggsektorn årligen förlorar många miljarder kronor på grund av brister och fel. En vanlig faktor i undersökningen var bristande tidsplanering, som kunde kopplas till både planering, projektering och produktionsfasen. Flera av de närmare 1000 personer som intervjuades ansåg att arbetsledning och chefer hade svårt att se helheten av ett projekt, vilket då också gav utrymme för en bristfällig planering. Sammantaget pekar undersökningen på ett behov av förbättringar inom byggsektorn för att minska förluster och säkerställa högre kvalitet.

Ett verktyg som används mer och mer idag inom byggbranschen är drönare, också kallad Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Användning av drönare har ökat avsevärt i olika branscher under de senaste åren. Detta kan till stor del bero på den kontinuerliga förbättringen och tillgängligheten av både drönarteknologin och själva drönarna i sig, vilket har gjort dem mer kostnadseffektiva och användbara. Byggbranschen är inget undantag, där drönartekniken börjar användas alltmer omfattande. Enligt Bim Alliance (2019) har drönare potential att förbättra byggsektorn genom att erbjuda effektiva lösningar för datainsamling och övervakning av byggprojektens framsteg.

En äldre teknik som har genomgått förbättringar med tiden är fotogrammetri. Fotogrammetri har länge varit ett effektivt verktyg för att skapa noggranna och detaljerade 2D- och 3D-modeller av ett objekt. Genom att idag kunna utöva fotogrammetri med en drönare har det blivit möjligt, att på ett lättare sätt fotografera objekt från olika vinklar och skapa modeller i korrekt skala och med hög precision. (Lantmäteriet, 2021)

1.2 Problemställning

En bransch som byggsektorn, där det har visat sig att kvalitet ofta brister, är det viktigt att utforska verktyg och metoder som har potential att bidra till just en förbättrad projektkvalitet.

Denna studie skall därför bringa klarhet i hur vida drönbaserad fotogrammetri kan användas som ett verktyg för en bättre projektkvalitet i ett byggprojekt. Genom att bidra med en övergripande översikt av teknikens potential och dess påverkan på ett byggprojekt, syftar denna studie till att öka förståelsen och medvetenheten bland företag, som ännu inte har utforskat eller använt drönbaserad fotogrammetri.

1.3 Mål

Målet med studien har varit att undersöka och utvärdera användningen av drönbaserad fotogrammetri som ett digitalt verktyg för en bättre projektkvalitet i ett byggprojekt. Utvärderingen avser att analysera i vilken utsträckning egenskaperna hos drönbaserad fotogrammetri motsvarar de kriterier som definierar kvalitet. För att uppnå detta mål kommer studien att redogöra för teknikens fördelar, utmaningar och dess potentiella bidrag till kvalitetssäkring.

1.4 Frågeställningar

Arbetet är strukturerat för att svara på tre frågeställningar som fokuserar på dess användbarhet under ett byggprojekt.

De frågeställningar som rapporten har redogjort för är:

- 1. Kan fotogrammetri med drönare bidra till förbättrad projektkvalitet?*
- 2. Vilka fördelar och utmaningar medför användningen av fotogrammetri med drönare i en produktionsfas av ett byggprojekt?*
- 3. Vilka potentiella tekniska förbättringar inom drönbaserad fotogrammetri skulle kunna främja kvalitetssäkringsarbeten i framtiden?*

1.5 Avgränsningar

- Studien genererar enbart en övergripande analys av drönbaserad fotogrammetri som kvalitetsverktyg i ett byggprojekt under produktionsfas, där drönbaserade användningen sker utomhus.
- Studien bidrar inte till några detaljerade tidsbesparingar eller kostnadsanalyser.
- Studien har heller inte resulterat i några instruktioner för tillvägagångsätt vid implementering.
- Då flest utomhusaktiviteter sker under produktionsfasens tidiga skeden i ett byggprojekt, det vill säga från etablering på arbetsplats till färdig stomme, är studien avgränsad till just produktionsfasen och dess tidiga skede.

2 TEORETISKT RAMVERK

Nedan presenteras det insamlade teoretiska ramverket för studien. Det teoretiska ramverket kommer att behandla ämnen om: digitalisering inom byggbranschen, fotogrammetri, lagar och regelverk för drönare och fotografier, samt visualisering och kvalitet.

2.1 Digitalisering i byggbranschen

Byggbranschen, menar Brozovsky, Labonnote & Vigren (2024), är den bransch som ligger långt efter många andra branscher när det kommer till implementering av digitala innovationer och teknik. Författarna hävdar att den stora variationen i byggprojekt där varje projekt är unikt, gör det svårt att etablera en pålitlig och standardiserad digital process. Dessutom sker byggandet ofta i miljöer som inte kan kontrolleras på samma sätt som till exempel tillverkningsindustrin, vilket ökar svårigheten att upprätthålla effektiv och friktionsfri kommunikation och informationshantering. Detta sedermera leder ofta till tidsmässigt fördröjda byggprojekt (Brozovsky Labonnote & Vigren, 2024).

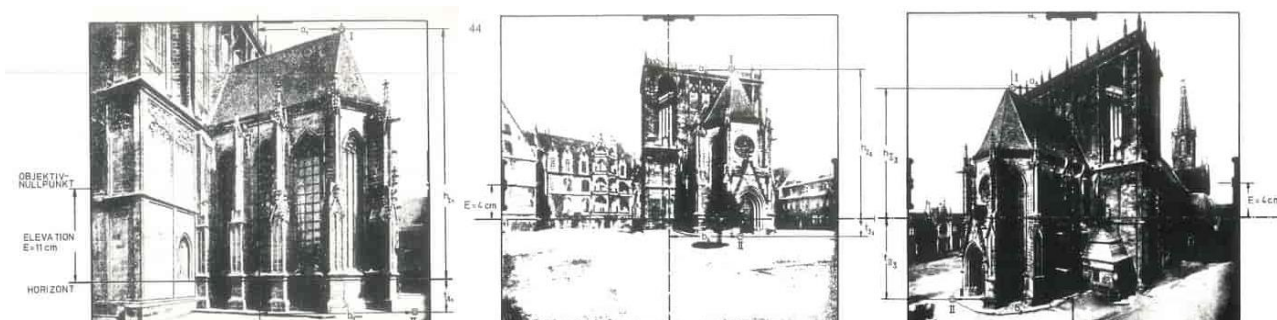
Boverket (2023) menar att det finns behov av att öka förståelsen för hur den pågående digitaliseringsutvecklingen skapar förutsättningar för utveckling av en mer digital byggnadsprocess i Sverige. Digitalisering av samhällsbyggnadssektorn skall inte enbart ses som en kostnad utan som en investering.

De senaste åren pekar på att intresset för implementering av digitala verktyg har ökat avsevärt mot tidigare år, framför allt efter coronapandemin. I en undersökning av Svensk Byggtjänst anser majoriteten av 100 tillfrågade byggtjänstemännen att digitala verktyg kan bidra till bättre effektivitet och kommunikation i deras arbetsprocesser (Svensk Byggtjänst, 2021).

Det har visat sig att många har blivit mer positiva till digitala verktyg inom byggsektorn. Trots ett ökat intresse ute bland företaget så saknar de flesta en strategi för hur en implementering skall gå till. Ett annat problem är att de digitala verktyg som används ofta är uppdelade på flera olika system, vilket gör det svårt att se en helhet för att bedriva effektiva arbetsprocesser (Digitaliseringen, u.d.).

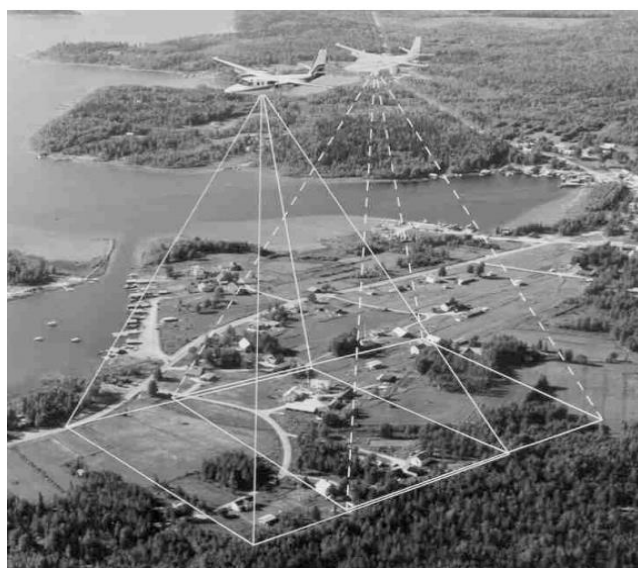
2.2 Fotogrammetri

Fotogrammetri uppfanns på 1800-talet och under 1900-talet började olika metoder att utvecklas. Begreppet fotogrammetri är ett samlingsbegrepp för olika typer av mätningar som kan tas fram med hjälp av fotografi. Genom användningen av fotogrammetri så är det möjligt att med bilder tagna från olika vinklar bestämma storlek, form och position hos avbildade objekt, se figur 1. Fotogrammetriska mätningar kan utföras från en enstaka bild, ett bildpar eller ett block av bilder bestående av fler fotografier (Lantmäteriet, 2021).



Figur 1. Bilden visar traditionell fotogrammetri med mätlinjer för att beräkna storleken på en kyrka (Store norske leksikon, 2023)

Den klassiska användningen av fotogrammetri är genom flygfotografering. Bilderna tas så att de delvis överlappar varandra för att ge detaljerade och korrekta resultat enligt figur 2. Områden eller objekt som är av större bredd täcks med flera parallella banor av bilder, som digitalt sätts ihop till ett block av stereoskopiskt fotograferade bilder, det vill säga bilder tagna från olika vinklar och riktningar. Slutprodukterna från denna process gör att det går att framställa bland annat skalenna digitala höjdmodeller i 3D-format och kartbilder i 2D som kallas ortofoton (Lantmäteriet, 2021).



Figur 2. En Stereoskopisk flygfotografering för fotogrammetrisk kartframställning (Lantmäteriet, 2021)

2.2.1 Fotogrammetri med drönare

Flygfotogrammetri har under många år varit en vanligt förekommande metod för att producera detaljerade kartbilder eller modeller av objekt och platser. Genom att använda bland annat flygplan och helikoptrar för att fotografera från luften har det varit möjligt att ta bilder på högre höjd och täcka större områden vid insamling av data.

Nu på senare år har drönare blivit ett vanligt verktyg att använda sig av vid utövning av fotogrammetri, då teknologin kring drönare har genomgått en snabb utveckling. Enligt Nwaogu, et al., (2023) var drönare först konstruerade och designade för militära ändamål. Idag har tekniken och designen för drönare utvecklats, vilket gjort dem mer anpassad för den civila marknaden. Drönare har idag blivit mer kostnadseffektiva för både inköp, användning och underhåll. En drönare kan både vara designad med vingar eller med en, eller fler rotorblad. Den vanligaste typen av drönare i civilt sammanhang idag är små lätta drönare med flera rotorblad (Nwaogu, et al., 2023). I ändamål relaterat till fotogrammetri så kan en liten drönare utrustad med kamera manövreras enklare och bättre fotografera från olika vinklar och höjder mot vad ett flygplan och helikopter tidigare har kunnat. Kirriak (2021) menar att denna utveckling har gjort drönare till ett populärt verktyg för att samla in data för bland annat fotogrammetri.

2.3 Att visualisera

Visualisering innebär att göra data synlig genom grafiska eller visuella representationer. Genom att visualisera så är det möjligt att förtydliga och kommunicera komplex information på ett lättförståeligt sätt, vilket gör det lättare att förstå och tolka. Även ytterligare information kan potentiellt avslöjas som annars inte hade gått att förstå med ord och skrift. Att visualisera något är ett bra verktyg för att analysera och utforska data samt identifiera mönster och trender (Karolinska institutet, 2022). Företagsforskarna, Killen, Geraldi & Kock (2020) menar även på att visualisering är ett effektivt verktyg för att förbättra och underlätta beslutsfattande hos individer.

2.3.1 Visualisera med fotogrammetri

För att kunna visualisera och på olika sätt använda de modeller som utvinns från fotogrammetri krävs först själva skapandet. Processen involverar flera steg som tillsammans gör det möjligt att skapa både 2D- och 3D-modeller av ett avbildat objekt eller område.

Efter bildinsamling med kamerautrustad drönare, av det område eller objekt som skall modeleras, behöver bilderna bearbetas med hjälp av en speciell programvara. Programmet söker då efter gemensamma punkter som visas i flera bilder. Dessa punkter hjälper till att förstå hur bilderna passar ihop (Swedron, 2024). Med hjälp av de gemensamma punkterna beräknar programmet avstånd och dimensioner med hjälp av något som kallas triangulering. Triangulering innebär att programmet använder vinklar och avstånd mellan flera punkter för att räkna ut deras exakta läge (Lantmäteriet, 2021)

När punkterna har räknats ut kan programmet skapa en modell som visar form och mått på ett objekt eller område. Denna modell ger då ger en skalenlig och verklighetstrogen bild av det som avbildats och kan visas från olika vinklar och höjder. Färdiga fotogrammetriska modeller kan sedan användas för att analysera och mer verklighetsförankrat förstå det som har blivit avbildat. Detta kan sedan potentiellt underlätta förståelsen och analysen av komplexa områden eller objekt, som exempelvis ett byggprojekt (Swedron, 2024).

Med skalriktiga 2D- och 3D-modeller finns det många användningsområden inom byggsektorn. Enligt Metria (2021) kan dessa modeller bland annat fungera som underlag för planering, då de kan kombineras med ritningar och kartor. De kan även användas som presentationsmaterial för att stödja beslut och utveckla idéer.

2.4 Lagar och regler

När det gäller att flyga drönare är det av stor vikt att vara medveten om flera aspekter. Särskilt viktigt är att ha kunskap om de lagar och regler som styr användningen av drönare.

2.4.1 Transportstyrelsen

Transportstyrelsen är den myndighet som ansvarar för de regler det finns när det kommer till användningen av drönare. Luftrummet i Sverige delas upp i två olika kategorier, först har man C-luft som står för kontrollerat luftrum. Områden som är kontrollerade är exempelvis belägna i närhet av flygplatser. I dessa luftrum får ej flygning ske högre än 50 meter utan tillstånd från flygledning. Luftrum som är utanför flygplatsområden kallas för G-luft och är okontrollerat luftrum. När flygning sker i G-luft får den maximala flyghöjden inte få överstiga 120 meter. Drönaren måste även befinna sig inom synligt räckhåll (Transportstyrelsen, 2021).

Vid varje flygning som sker, oavsett vilket luftrum man flyger i skall det alltid finnas en ansvarig operatör, denne är även kallad för drönaroperatör. För att bli drönaroperatör behöver operatören registrera sig hos Transportstyrelsen som efter registrering tilldelas ett operatörsnummer. Även drönaren skall vara operatörsregistrerad och ska alltid ha märkning samt vara programmerad med operatörsnummer. Det finns även olika klassificeringar som reglerar drönarflygning vilket innebär olika restriktioner och krav. Dessa klassificeringar syftar till att säkerställa att drönarflygning sker på ett säkert och ansvarsfullt sätt med hänsyn till allmänhetens säkerhet (Transportstyrelsen, 2021)

När flygningar genomförs i den så kallade *öppna kategorin* är risken som lägst. Då skall bland annat drönaren alltid flygas inom synhåll för piloten. Drönaren får inte väga mer än 25 kilo och sker en flygning inom tätbebyggelse får drönaren inte väga mer än 250 gram. Alla flygningar som överskrider de begränsningar som finns i den öppna kategorin kräver specifika tillstånd från Transportstyrelsen då de innebär en större risk för externa parter. De övriga kategorierna som inte omfattas av den allmänna kategorin benämns som *Specifik kategori* och *Certifierad kategori*. För att verka inom dessa kategorier krävs särskilda utbildningar och tillstånd från Transportstyrelsen. (Transportstyrelsen, 2021).

2.4.2 Spridningstillstånd

Om en drönare är utrustad med en kamera och syftet är att antingen publicera, dela eller sälja material som avbildar Sverige ifrån luften, krävs spridningstillstånd. Lantmäteriet är den organisation som kan ge spridningstillstånd i Sverige. Syftet med spridningstillstånd är att skydda information som är av viktig betydelse för totalförsvaret. (Lantmäteriet, u.å).

2.5 Kvalitet

Kvalitet har alltid varit av central betydelse för kunder vid köp av produkter, varor eller tjänster. Ursprungligen härstammar ordet kvalitet från det latinska ordet *Qualitas*, vilket ursprungligen syftade till någontings beskaffenhet. Med tiden har begreppet fått en betydligt bredare innebörd än bara beskriva egenskaper för någonting (Bergman & Klefsjö, 2020).

Under de senaste åren har många definitioner uppkommit. Fokus har bland annat riktats mer mot *kundnöjdhet*, både idag och i framtiden. Det innebär att en produkt eller tjänst inte enbart skall tillfredsställa en kund för tillfället, utan också på lång sikt, samt helst överträffa förväntningarna. Andra perspektiv är att *uppfylla specifika krav* och att vara *lämplig för sitt syfte*. Det innebär att produkten eller tjänsten ska prestera enligt förväntningarna och vara användbar för det avsedda ändamålet (Bergman & Klefsjö, 2020). Sörqvist (2001) menar också att kvalitet idag mer betraktas som att en produkt eller tjänst uppfyller förväntade målvärden, medan eventuella avvikelser från dessa målvärden betraktas som brister. Hur allvarliga dessa brister uppfattas beror på hur mycket ett resultat avviker från avsedda mål (Sörqvist, 2001)

Lars Sörqvist (2017) som forskat i kvalitet och verksamhetsutveckling sedan tidigt 90-tal, även styrelsemedlem i IAQ (International Academy for Quality), beskriver tre centrala kunskapsområden för att bedriva kvalitetsarbete:

- *Ledning, strategi och säkring*: Fokus på att definiera kvalitet utifrån kundens behov och förankra det i verksamhetens mål och strategier.
- *Effektiva processer och flöden*: Sträva efter att utveckla effektiva processer som säkerställer smidiga och effektiva arbetsflöden, samt leverera värdefulla produkter och tjänster.
- *Problemlösning*: Identifiera och eliminera hinder för att uppnå önskade resultat genom att tillämpa olika metoder och verktyg, med fokus på att lösa problem.

2.5.1 Kvalitetsarbete inom byggbranschen

För byggprojekten som bedrivs i Sverige finns det ett flertal specificerade krav på kvalitet som skall säkerställas. Plan och Bygglagen (PBL) ställer krav på att det som byggs uppfyller vissa samhällskrav, vilket innebär att det som byggs skall uppnå en viss bestämd kvalitet. Enligt allmänna bestämmelser för utförandentreprenad (AB) och totalentreprenad (ABT) förväntas entreprenören, innan varje projekt, att skapa en kvalitetsplan. Denna plan ska ta hänsyn till de kvalitetsmål som en beställare har föreskrivit i ett förfrågningsunderlag (Hansson, et al., 2017). Det finns således ingen generell kvalitetsplan utan varje kvalitetsplan är projektspecifik och även organisationsbunden. En entreprenör förväntas redovisa följande i en kvalitetsplan:

- Platsorganisation
- Kontraktsgenomgång
- Kontraktsrutiner med myndigheter
- Rutiner för dokumenthantering

- Rutin för mottagningskontroll av leveranser
- Eventuell rutin för krav på tillverkningskontroll hos leverantör
- Rutiner för samordning av underentreprenörers kvalitetssystem
- Arbetsberedningar
- Rutin för Kvalitetsrevision
- Kontrollplaner

En kontrollplan skall upprättas enligt PBL och är ett dokument som tar upp de viktigaste kontrollerna som finns för att säkerställa kraven samhället har satt. Syftet med att ha en kontrollplan är för att byggnadsnämnden skall kunna bedöma om regelverket enligt PBL kan uppfyllas. Kontrollplanen fungerar som ett verktyg för att verifiera så att kvalitén på samhällets krav uppfylls med avseende på de tekniska egenskapskraven (Boverket, 2020).

2.5.2 Kvalitetsbrister under byggproduktion

Produktionsprocessen av ett byggprojekt inleds med ett beslut om att genomföra arbetet i enlighet med den fastställda projekteringsplanen eller upprättat produktionsprogram för ett byggnadsprojekt. Genomförandeprocessen avslutas när överlämningsprocessen påbörjas (Hansson, et al., 2017).

Produktionsprocessen innebär den process där all förberedelse och projektering skall komma till verk. Det vill säga det momentet där byggnaden faktiskt byggs. Förutom utförande av byggnadsarbeten så innefattar processen aktiviteter som: *resursanskaffning och etablering på byggplatsen, förberedelser för byggdrift, aktivitetsplanering, arbetsförberedelser, arbetsledning, resurshantering, uppföljning, ekonomisk styrning och avveckling av byggarbetsplatsen* (Hansson, et al., 2017).

Med syfte att ge en bild av uppkomsten av de fel, brister och skador som sker i byggbranschen fick Boverket (2018) ett uppdrag av Sveriges regering att undersöka och kartlägga kvalitetsbrister i byggsektorn. I en bedömning har 130 byggentreprenörer svarat på frågan om uppskattade kostnader för att åtgärda problem som uppstår under produktionsfasen. Enligt bedömningen uppgår kostnaden i genomsnitt till 3,8 procent av entreprenadkostnaden, vilket motsvarar ungefär två procent av den totala produktionskostnaden.

En faktor som påverkar förekomsten av dessa fel och brister i produktionen är tidsbrist samt brist på att se en helhet av alla moment som sker i ett byggprojekt. Det framhävs att med dagens högre byggtakt, är det stor vikt att aktörer kan samverka på ett effektivt sätt för att minimera risken för tidsbrist och säkerställa ett projekts framgång i helhet (Boverket, 2018).

En produktionsprocess är enligt kvalitetsforskaren Sörqvist (2001) den process där brister och fel oftast uppstår, vilket understryker vikten av att kvalitetssäkra sin kvalitetsplan. Genom att säkerställa att projektet följer projekt- och kvalitetsplaner på ett effektivt sätt, kan det skapa en trygghet för intressenter (Projektledning, 2018).

Genom att samla in information om kvalitetsrelaterade aktiviteter möjliggörs en övervakning av ett projektets framsteg i förhållande till en projektplan. Detta gör att det i ett tidigt skede går att upptäcka eventuella avvikelser eller brister, för att kunna vidta åtgärder och korrigera dem eller förhindra att de uppstår (Projektledning, 2018).

Författarna Hansson, et al., (2017) menar att det är bra om det finns en praxis hos entreprenören om hur alla aktiviteter skall utföras. Författarna hävdar också att det finns två särskilda principer för att välja vilka kvalitetssäkringsrutiner ett byggprojekt behöver. Det första är att prioritera de svåra momenten som har stor chans för att misslyckas utan god beredning och behöver speciell rutin för kvalitetssäkring. Det andra är att gå på erfarenhet och rutiner som tidigare har bidragit till ett lyckat projekt.

2.5.3 Kvalitetssäkring i produktion med drönarbaserad fotogrammetri

Drönare med fotogrammetri kan som tidigare nämnts skapa skalenliga 2D- och 3D-modeller i med hjälp av fotografier. I ett byggprojekt kan det betyda att en byggnad eller byggarbetsplats kan visualiseras på ett helt annat sätt än traditionella platsbesök.

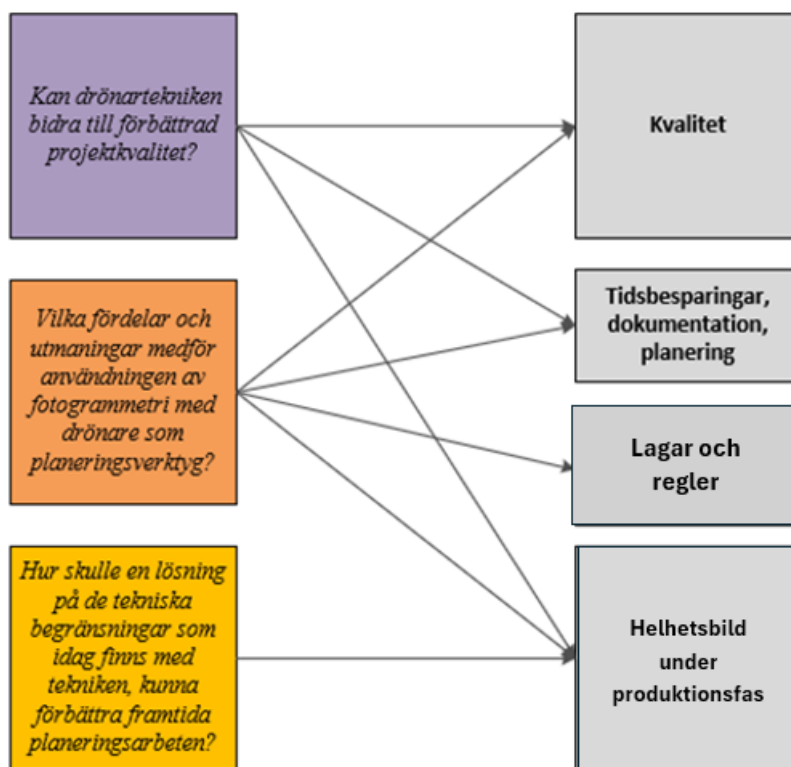
Enligt Reichard, et al., (2024) kan användningen av fotogrammetri med drönare förbättra datainsamlingsprocesserna genom att öka både effektiviteten och tillgängligheten för bland annat inspektionsarbeten. Genom att utnyttja tekniken kan arbetsledning enligt författarna på ett snabbare sätt identifiera potentiella:

- Problemområden
- Avvikelser från ursprunglig plan.

Författarna, Nwaogu, et al., (2023), menar att användningen av drönarbaserad fotogrammetri minskar risken för misstag då det blir lättare att upptäcka förändringar och avvikelser från den planerade byggnationen. Visualisering med hjälp av uppdaterad fotogrammetri-data ger en mer aktuell och detaljerad bild av byggprojektet, vilket bidrar till en smidigare och mer effektiv byggprocess menar författarna. Genom att kunna identifiera och åtgärda problem och fel i ett tidigt skede, innan det är för sent kan större komplikationer och förseningar undvikas, vilket då skulle kunna resultera i en mer framgångsrik och kostnadseffektiv byggprocess (Nwaogu, et al., 2023).

2.6 Frågeställningens koppling till teoretiskt område

Studiens teori kan associeras med de tre frågeställningar som ska besvaras, dessa illustreras i figur 3. Frågorna ligger relaterade till den teoretiska ramen som rapporten har behandlat. Den första frågan i rapporten som rör hur drönartekniken kan bidra till förbättrad projektkvalitet, kan kopplas till kvalitet och tidsbesparingar, dokumentation och planering. Dessutom är den kopplad till en förbättrad helhetsbild under produktionsfasen. Fråga två, som handlar om att identifiera fördelar och utmaningar med användningen av fotogrammetri med drönare som planeringsverktyg, knyts samman med samtliga aspekter av teorin som rapporten behandlar. Den sista och tredje frågeställningen behandlar hur en lösning på de tekniska begränsningar som idag finns med tekniken kan förbättra framtida kvalitetssäkringsarbeten. Frågeställningen är främst relaterad till en förbättrad helhetsbild under genomförandet.



Figur 3. Koppling mellan frågeställning och teori

3 METOD OCH GENOMFÖRANDE

Metodvalen som denna rapport baseras på ligger till grund för insamling av relevant information för att i slutändan uppnå trovärdiga resultat. Teori har kombinerats med en intervjustudie för att lyfta rapportens innehåll och bidra till en mer tydlig förståelse för ämnet. Den teoretiska delen är kopplad till den litteraturundersökning som gjorts.

3.1 Intervjuer

Under arbetsgången har intervjuer med flera personer inom byggbranschen, med olika erfarenheter av fotogrammetri med drönare utförts. Genomförda intervjuer har använts som ett komplement till litteraturstudier. Intervjutekniken som har använts är en semistrukturerad teknik. Detta för att skapa utrymme för flexibilitet och spontanitet i frågeformuleringen. Samtidigt som det ger struktur för att säkerställa att frågorna besvaras.

3.2 Litteraturstudier

Litteraturstudier har genomförts kontinuerligt under hela arbetets gång. Störst vikt har lagts på vetenskapliga artiklar och myndighetsrapporter. Även böcker med koppling till studiens frågeställningar har använts, dessa böcker har hämtats in ifrån biblioteket på Högskolan i Borås.

Litteraturstudier har genomförts om:

- Kvalitet och kvalitetsbrister (*både generellt och inom byggsektorn*)
- Drönare och fotogrammetrisk teknik (*både generellt och inom byggsektorn*)
- Regelverk för drönarutövande
- Digitalisering i byggsektorn

3.2.1 Databaser

För att utföra stora delar av litteraturstudien har sökningar gjorts genom olika databaser för att söka litteratur. Till hjälp har *Googles sökmotor*, *Google Scholar* samt *Science direct* främst används för att hitta vetenskapliga artiklar. *DiVA portal* har använts för att samla inspiration från tidigare examensarbeten. Både DiVA för Högskolan i Borås och DiVA:s gemensamma söktjänst för alla uppsatspublikationer har använts.

3.3 Frågeställningens koppling till metodval

Genomförandet av en intervjustudie, parallellt med litteraturstudier skall tillsammans ge svar på de frågeställningar som tidigare nämnts. Genom att intervjua yrkesverksamma inom fotogrammetri med drönare, samt representanter från företag som använder tekniken, kommer deras kunskap och erfarenhet att vara värdefull för en slutsats. Information som inhämtats från intervjuer har kombinerats med litteraturstudier om fördelar och utmaningar med fotogrammetri med drönare, digitaliseringens påverkan inom byggsektorn samt kvalitet, både generellt och i byggbranschen. Genom att sammanväva intervjustudie med litteraturstudie är förhoppningen att ta reda på huruvida fotogrammetri med drönare kan användas som kvalitetsverktyg för bättre kvalitetssäkring i en genomförandefas i ett byggprojekt.

3.4 Studiens förutsättningar

Under intervjustudien har personer från både mindre och större byggföretag med olika erfarenheter av fotogrammetri med drönare intervjuats. Dessa individer representerar företagen T3 Group, PEAB, Veidekke och Svevia. De tre sistnämnda företagen är både väl etablerade inom byggsektorn i Sverige och har bred erfarenhet av både byggprojekt och användning av fotogrammetri med drönare i dessa projekt.

Valet av intervju-respondenter har syftat till att undersöka skillnader och likheter mellan de etablerade företagen i deras användning av drönarbaserad fotogrammetri, jämfört med T3 Group som har begränsad erfarenhet på området. Genom att inkludera representanter från olika byggföretag med olika arbetsroller, kan vi analysera olika insikter vid användning av fotogrammetri inom dessa företag. Genom att intervjua personer med olika erfarenheter från flera företag så är förhoppningarna att en bredare och djupare förståelse skall ges för hur tekniken används i olika organisationer, samt identifiera skillnader och likheter i användningsområden för dessa olika företag.

Intervjuade personer från PEAB, Veidekke och Svevia har flera års erfarenhet av fotogrammetri med drönare i olika typer av byggproduktion. Dessa personer har både erfarenhet av att utföra drönarflygningar, skapa fotogrammetriska data samt utöva fotogrammetriska data ute i projekt. På T3 Group har en produktionschef intervjuats, som har erfarenhet av att använda data från fotogrammetri i olika projekt från en konsult som utfört flygningar och framställt data. Nedan presenteras de intervjuade personerna med deras arbetstitel och det företag de representerar:

- *Produktionschef, T3 Group*
- *Flygchef, Veidekke*
- *Mätchef, PEAB*
- *Mätsamordnare, PEAB*
- *Mätchef, Svevia*

3.5 Empiriinsamling

Inför genomförandet av litteraturstudien samlades data in för att kartlägga tidigare forskning och artiklar relaterat till ämnet i rapporten. För att hitta relevant information inom ämnet användes som tidigare nämnt olika databaser på Högskolan i Borås söktjänst *Primo*. För att få ett större utbud av vetenskapliga artiklar gjordes sökningar på engelska. Vid sökning användes sökord som: *Photogrammetry in construction*, *Drone in construction*, *Quality*, *Construction digitalization* och *Quality in Construction*. Majoriteten av insamlad litteratur är daterade inom dem senaste 10 åren.

Intervjustudien genomfördes genom att utforma semistrukturerade frågor som var kopplade till rapportens frågeställningar. För att kunna samla in så mycket tankar och information som möjligt, bröts frågorna ner till delfrågor som i sin tur kunde leda till att frågeställningarna fick ett bredare svar, se bilaga 1 för intervjuer. Intervjuerna började med frågor om personen som blev intervjuad. Vilken arbetsroll personen hade samt grundlig information om företaget som personen representerade. Ett företag har inte kunnat medverka på en fysik eller nätbaserad intervju. I stället har detta företag besvarat samma semistrukturerade intervjufrågorna med egna testsvar.

I den andra delen av intervjun ställdes frågor som hade mer ingående koppling till frågeställningarna. Här behandlades frågor kring hur företaget jobbar med fotogrammetri idag, hur fotogrammetrin har påverkat deras arbete när det kommer till projektkvalitet och projektens effektivitet. Som avslutande frågor till intervjun ställdes frågorna kring hur fotogrammetri kan komma utvecklas i framtiden och om det fanns några tips och idéer som dem kunde dela med sig utav till företag eller personer som kan tänka sig att börja arbeta med fotogrammetri. Tiden som var avsatt för intervjuerna var två timmar. Aktiv intervjutid varade mellan en timme till en timma och trettio minuter.

3.5.1 Arbetsgång

Arbetsprocessen inleddes med att samla in data för litteraturstudien, detta för att skapa mer förståelse för ämnet men också för att informationen låg till grund för utformning av intervjufrågorna. När intervjufrågorna hade formulerats, kontaktades påtänkta intervjupersoner med olika erfarenhet av fotogrammetri med drönare. Valet av intervjupersoner grundades på personernas erfarenhet med att använda tekniken samt att de skulle vara yrkessamma inom byggbranschen. Ett mejl skickades sedan ut till personerna om tid, plats och datum efter att de hade tackat ja till att medverka i en intervju. Intervjufrågorna skickades även ut i förväg för att ge respondenterna en chans att förbereda och tänka igenom frågorna inför intervjun. Inspelningsmaterialet från alla intervjuer transkriberades sedan samma dag och dokumenterades.

3.5.2 Analysmetod

Inför intervjuerna skapades frågor som var direkt relaterade till rapportens ämne. Alla frågor formulerades på ett övergripande och lättförståeligt sätt för att passa deltagare med olika befattningar och erfarenhetsnivåer inom ämnet. Syftet med intervjustrategin var att säkerställa att deltagarna, oavsett deras befattning eller erfarenhetsnivå, kunde ge svar som gav en översiktlig bild av ämnet.

Under de genomförda intervjuerna delade deltagarna med sig av sina erfarenheter och åsikter om hur användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat deras projekt. De diskuterade både fördelar och utmaningar med tekniken samt dess potentiella inverkan på projektkvaliteten. Efter att samtliga intervjuer hade genomförts och spelats in, transkriberades materialet och organiserades i Microsoft Word som olika bilagor. Därefter jämfördes svaren för att undersöka om det fanns gemensamma åsikter bland deltagarna kring specifika frågeställningar. Genom att transkribera och sammanställa intervjuerna skapades även underlag för att identifiera olika nyckelord och teman som kunde användas i en resultatanalys.

3.5.3 Trovärdighet

Valet att genomföra både kombinera litteraturstudie och semistrukturerade intervjuer motiverades för att säkerställa reliabilitet och validitet i resultatsdelen av rapporten. Genom att sammanväva både praktiska erfarenheter och teoretiska perspektiv syftar denna studie till att säkerställa en grundläggande förståelse för ämnet. Genom att använda sig utav denna metodik möjliggöres en analys som inte enbart bygger på tidigare forskning utan även på insikter från dem som är direkt involverade i branschen. Förutom att majoriteten av respondenterna utstrålade ett stort intresse för drönarbaserad fotogrammetri, har även dessa personer lång yrkeserfarenhet med tekniken på byggföretag runt hela Sverige. Detta ökar trovärdighet, och pålitligheten i denna studie.

4 RESULTAT

I detta avsnitt presenteras resultat och resultatanalys från de intervjustudier som har genomförts i denna rapport. De fullständiga intervjuerna återfinns i Bilaga 1. Resultaten visar att många av de intervjuade personerna för de olika byggföretagen delar många åsikter och synpunkter om fotogrammetri med drönare.

4.1 Empiri

För att strukturera empirin kommer sammanfattade intervjuresultat att presenteras. Varje sammanfattning kommer besvara vilka fördelar och utmaningar som varje företag upplever med användningen av drönarbaserad fotogrammetri, vilka förbättringar som har skett på byggarbetsplatserna samt hur framtidsutsikterna ser ut för tekniken.

Fördelar och utmaningar

Intervju med Veidekke:

Flygchefen förklarar att sättet att arbeta genom denna metod förbättrar samverkan i projekten då det går att visualisera på ett helt annat sätt än innan. Genom att kunna visualisera och analysera med 2D- och 3D-Modeller är chanserna större att upptäcka hinder i förväg. Flygchefen förklarar även att det är ortofoton, det vill säga 2D modellerna, som används mest och utav flest i deras projekt. ”*Om en ritning överlagras på ett ortofoto går det ibland att upptäcka potentiella fel och hinder på bara några sekunder*”.

Enligt respondenten utgör främst regelverkets begränsningar för utövande av drönare en utmaning i projekt. Ibland krävs flygningar inom specifik kategori vilket kräver mer tid och förberedelser som då begränsar flexibiliteten. ”*kostnaden och tiden som tillkommer för att söka tillstånd och de arbetstimmar som det skulle kräva för att få dessa tillstånd ser vi idag inte är ekonomiskt hållbart för vår verksamhet*” Han menar dessutom att väderförhållanden kan påverka möjligheten att flyga drönaren, så som regn och starka vindar. Detta kan skapa ytterligare hinder för projektgenomförandet. Respondenten förklarar även att det är svårt att inkludera vegetation med fotogrammetriska 3D-modeller, vilket kan försvåra vissa mätningar. Han menar att fotogrammetri gör sig bäst på hårdgjorda ytor.

Intervju med T3 Group:

Produktionschefen betonar att tekniken främst underlättar deras planeringsarbete, då visualiseringar av arbetsplatser blir mycket tydliga. Fotogrammetriska modeller påpekar respondenten hjälper även till att skapa mer tydliga presentationer för intressenter och arbetsledning, vilket hjälper dem på ett mer konkret sätt att förstå och engagera sig i ett projekt. Tekniken bidrar enligt produktionschefen även till snabbare och mer noggrannare mätningsprocesser än innan.

En utmaning som framhävts under intervjun är att det ibland finns ett visst motstånd bland beställare som inte vill investera i fotogrammetrisk teknik ute i projekten. Detta anser respondenten oftast beror på okunskap bland beställare som hellre vill använda

traditionella metoder som använts innan och inte investera i något som de inte har kunskap om.

Respondenten förklarar även att filhanteringen av den fotogrammetriska data som samlats in med drönare är en annan utmaning.

Det är ibland väldigt stora filer som fotogrammetrisk data kommer med och kan ligga runt 40 till 50 megabyte. Programmet vi använder kan ha svårt att arbeta dessa filer. Det kan bli långa väntetider. (Produktionschefen)

Intervju PEAB:

Både mätchefen och mätsamordnaren framhäver att fotogrammetriska modeller även för dem har medfört en förbättrad visualisering av deras projekt, vilket har möjliggjort en helt annan typ av planering, som de menar är en stor fördel.

Det är det visuella värdet som är av stor nytta för planering, där arbetsledare kan sätta sig tillsammans med platschef och granska återstående arbete. Speciellt kan det vara bra för att gå tillbaka och komma ihåg detaljer från tidiga utförda arbeten som ibland kan vara svårt med äldre metoder. Många platschefer använder fotogrammetri med drönare regelbundet för att förklara och visa exakt vart de befinner sig och vad som näst skall göras. (Mätsamordnaren)

Både vid för- och efterbesiktningar har drönaren varit till stor nytta. ”*Det handlar så enkelt som att ta före och efterbilder på arbetsplatsen och dokumentera de förändringar som görs över tiden*” menar mätchefen. Detta konstaterar de båda är till stor hjälp vid förberedande syfte men även i efterkontrollsyfte, vilket sedermera bidrar till ett mer kvalitetssäkrat och noggrannare projektgenomförande.

Mätchefen och mätsamordnaren förklarar att många utmaningar är kopplade till de regelverk som finns för drönare idag. Regelverken kan göra drönarutövandet begränsat om flygområdet ligger nära skyddsobjekt.

Det har funnits vissa situationer där man har velat flyga men har direkt fått ett nej som svar, tills vi faktiskt visar upp vad det är vi gör och visar upp hur det funkar. Ibland får man förklara att man håller sig på ett visst avstånd och på en viss höjd. Idag stöter vi på mer och mer skyddsklassade objekt vilket gör det svårare att flyga på vissa platser. Samtidigt som regelverk för drönare skall respekteras, kan vi tycka att det ligger lite efter, vilket kan bita oss om några år. Det kommer nya lagar men det tar lång tid att arbeta in. (Mätchefen)

Intervju med Svevia:

Mätchefen på Svevia förklarar att fördelarna är många men lyfter särskilt fram tidsbesparingen som fås ut jämfört med det traditionella sättet. Genom att använda drönare går det att snabbt och effektivt samla in data från arbetsplatsens olika delar utan att man behöver åka ut till plats.

En annan fördel som mätchefen framhåller, och som inte så ofta uppmärksammas, är den förbättrade arbetsmiljön som drönaren möjliggör. Platsbesök behöver inte lika ofta genomföras eftersom många mätningar och beslut kan fattas via datorn genom en enda fotogrammetrisk modell. Det innefattar bland annat att många fysiska mätningar inte behöver utföras på ute på en byggarbetsplats i farliga miljöer. Miljöer som skulle kunna

innefatta klättringar på berg, eller terräng med risker. ”*Detta minskar risken för olyckor och skapar en mer säkrare arbetsmiljö för alla inblandade*” enligt mätchefen.

Som utmaning beskriver han att användning av drönare vid arbetsplatser som ligger nära skyddsobjekt är komplext. Men oftast går det att få tillstånd för att flyga, men då gäller det att med tydlighet beskrivs varför man vill jobba med fotogrammetri just där. Precis som tidigare respondenter påpekar mätchefen på Svevia att en god dialog med berörda parter kan göra att flygningar, exempelvis i närhet av ett skyddsobjekt, som generellt inte är tillåtna, ändå kan gå att genomföra.

Förbättringar.

Intervju med Veidekke:

Användningen av fotogrammetri med drönare har förbättrat Veidekkes precision i deras byggprojekt, eftersom de med hjälp av drönarbaserad fotogrammetri, effektivt kan planera deras arbetsplatser och i högre grad undvika hinder än innan. Genom mer exakta mätningar sparar fotogrammetri med drönare tid och minskar kostnader för onödiga transporter genom mer precist planerande. Flygchefen understryker också att regelbundna uppdaterade fotogrammetriska modeller har förbättrat kommunikationen med både byggpersonelement och myndigheter.

Våra miljöledare har också uppskattat användningen av fotogrammetri, då det underlättar ansökningar hos myndigheter för miljötillstånd. Den visuella presentationen av projektet har underlättat kommunikationen och gjort processen för att få vissa tillstånd snabbare. (Flygchefen)

Tidsbesparingar märks särskilt på mätsidan menar flygchefen där snabb åtkomst till fotogrammetriska data minskar behovet av platsbesök, eftersom många mätningar kan göras via samma modell. Trots svårigheten att exakt kvantifiera sparad tid, upplever de många effektivitetsvinster med att använda drönarbaserad fotogrammetri. Genom att digitalt placera en ritning över ett skalenligt ortofoto menar flygchefen hjälper till att ge en bättre överblick och identifiera hinder i tidiga skeden.

Intervju med T3:

Produktionschefen framhäver att drönarbaserad fotogrammetri har effektiviserat T3 Groups projektarbeten genom bättre överblick och planering av arbetsplatsen. Han ser även att de blir mer effektiva i sina arbetsprocesser och kan spara pengar genom att använda tekniken. ”*Det är svårt att visa att vi blir mer kostnadseffektiva, men känslan är absolut att vi blir det, då vi får en större överblick och kan agera långt tidigare i vissa skeden än annars*”. Det hjälper dem att undvika hinder och minimera fel från början vilket minskar behovet av korrigeringar och förseningar. Fotogrammetrin ger en mer visuell helhetsbild av arbetsplatsen och möjliggör mer exakta mätningar enligt produktionschefen, vilket förbättrar precisionen i byggprojekten. Detta har bidragit till en mer säkrare tidsplanering för T3 Group och bidragit till att förbättra precisionen jämfört med traditionella metoder.

Med gamla metoder placerades käppar ut var tionde meter för att markera hinder. Detta ger inte en bild av helheten. Det blir att man får gissa om det är någonting som viker av någonstans. Du ser bara en liten del av arbetsplatsen om du går runt

och tittar. Nu får vi en mycket bättre precision och helhetsbild med hjälp av fotogrammetri. (Produktionschefen)

Intervju PEAB:

Mätchefen beskriver att de med hjälp av fotogrammetri med drönare har fått mycket bättre kvalitetssäkring i projekten än tidigare. Han menar att efter en drönarflygning så finns betydligt mer data att tillgå i efterhand som både kan användas för mätningar och planering.

Både mätchefen och mätsamordnaren är enade om att fotogrammetriska data resulterar i ökad tydlighet vid presentationen av arbetet för beställare, vilket påverkar tidsplanering och produktivitet. Detta resulterar i mer effektiv resursanvändning och tidsbesparingar beskriver mätsamordnaren. Precisionen och kvaliteten i inmätningen av mängder har också förbättrats enligt de båda två. Trots svårigheter att kvantifiera exakt hur mycket, är både mätchefen och mätsamordnaren övertygade om att fotogrammetri med drönare både sparar tid och pengar.

Intervju med Svevia:

Enligt Mätchefen på Svevia så bidrar fotogrammetri med drönare till en klar och tydlig bild av en arbetsplats vilket hjälper till att identifiera potentiella problem och risker som hade kunnat upptäckas först i senare skeden av projektet. Han förklarar även att deras kvalitetssäkring blivit bättre eftersom fotogrammetriska modeller resulterar i bättre dokumentation.

Vi fotar och skannar till exempel arbetsplatsen innan vi påbörjar vårt byggprojekt och får en väldigt detaljerad beskrivning hur det såg ut innan vi kom dit. Sen kan det även vara så att man flugit under projektets gång för att till exempel mäta en sak, och långt senare i byggskedet är det något annat man funderar på i det området flygningen gjordes. Då kan vi enkelt i efterhand gå in och kolla i datat. (Mätchefen)

Samtidigt beskriver mätchefen på Svevia att rent mättekniskt så resulterar de traditionella mätinstrumenten i mycket mer noggrannhet och precision, än vad mätningar med fotogrammetri gör.

Framtidsutsikter.

Intervju Veidekke:

Respondenten förklarar att det finns tre huvudpunkter som kan komma att ha betydelse på utvecklingen av drönarbaserad fotogrammetri.

Tidigare i kapitlet nämndes nackdelar med drönarbaserad fotogrammetri, då förklarade flygchefen på Veidekke att investeringen som krävs för att flyga inom specifik kategori inte lönar sig för deras verksamhet, för det få flygningar som det berör. Idag förklarar han att det finns en ökning av företag som inriktar sig på drönarflygningar inom just specifik kategori. Han ser det som positivt att fler drönar-företag specialiserar sig på sådana flygningar, eftersom det ökar flexibiliteten för företag som inte vill eller har möjlighet att hantera dessa flygningar själva. Flygchefen nämner även den snabba utvecklingen av tekniska aspekter för drönarbaserad fotogrammetri.

Exempelvis utvecklas kameratekniken väldigt snabbt. Ur vissa aspekter är idag de mindre drönarnas kameror lika bra, eller bättre än de större drönarna hade för några år sedan. Man väntar nu på med att de mindre drönarna skall komma med ett mer noggrannare GPS system. (Flygchefen)

Flygchefen framhåller att förbättrade GPS-system inte bara skulle öka precisionen i mätningar, utan även bidra till en ännu högre kvalitetssäkring i arbetet.

Slutligen lyfter respondenten fram utvecklingen av mjukvaror och tjänster för den bearbetning och presentation av insamlade data. *”Utvecklingen går mot att det blir lättare att utöva drönare, utveckling mot automatiserade flöden blir lättare för att processerna data”*

Intervju med T3:

Produktionschefen berättar att de idag för diskussioner med en AI utvecklare (artificiell intelligens) som tillsammans med T3 Group vill testa nya funktioner med drönarbaserad fotogrammetri. Dessa nya funktioner menar produktionschefen skulle bland annat kunna innefatta att en drönare kan flyga ovanför en bottenplatta som sedan skickar insamlad fotogrammetrisk data till en applikation. AI-applikationen skulle då automatiskt kunna avläsa och jämföra ritning mot verklighet exempelvis ifall ett avlopp från en ritning är installerad och placerad på rätt ställe. Detta menar han kommer att kunna bidra till en form av kvalitetssäkring.

För att lyckas med detta handlar det om vilken precision drönaren har. Detta är också en grej som garanterat kommer att utvecklas, att just precisionen för drönarmätningar blir bättre. Framför allt om det skall vara automatiserat. (Produktionschefen)

Intervju PEAB:

Mätchefen på PEAB tror att tekniken kommer att bli mer automatiserad än nu. Det menar han kommer innebära att data kommer att bli möjligt att samla in med kortare intervaller och högre frekvens.

Mätsamordnaren tillägger att han tror och hoppas på att utvecklingen går mot att möjliggöra användningen av fotogrammetri som ett verktyg för kvalitetssäkring gentemot myndigheter.

Jag hoppas också att myndigheter släpper lite på att vi får nyttja fotogrammetri till våra kontroller som vi gör idag. I stället för att gå ut och manuellt kvalitetssäkra något som myndigheter har krav på, så kan vi lika gärna använda våra 2D och 3D modeller. (Mätsamordaren)

Intervju Svevia:

Mätchefen på Svevia tror att mätnings precisionen kommer att bli ännu bättre än idag vilket kommer att höja kvalitén på flygningarna och den data som fås ut. Vidare menar han att autonoma drönare kommer att utvecklas och bli vanliga att använda. Autonoma drönare menar han kan starta och landa av sig självt, från och till sin landningsplats där den även skall kunna ladda själv.

Dessutom tror matchefen att det kommer bli vanligare att använda LiDAR-teknik på drönare, vilket är en sorts teknik som kan göra mer detaljerade kartor och kan penetrera terräng på ett helt annat sätt än fotogrammetri. Till sist tror han att de program som används för att titta på och förstå informationen från drönarna kommer att bli bättre och lättare att använda.

4.2 Analys av empiri

Nedan följer en analys av insamlad empiri. I tabellen nedan har en sammanställning av empirin gjorts som visar de mest framträdande punkterna som identifierats under empiriinsamlingen. Det inkluderar fördelar och utmaningar med drönarbaserad fotogrammetri samt olika teman relaterade till förbättringar som tekniken har medfört. Slutligen belyser tabellen de olika företagens synpunkter på teknikens framtidsutsikter.

Tabell 1. Sammanställning av olika teman från resultatsdel med respektive intervjuat företag.

	T3 Group	Veidekke	PEAB	Svevia
Fördelar	Ger en tydligare bild om vad som finns att jobba med	Skapar tydlighet med Visuell analys	Många uppskattar tekniken, Bättre Visualisering av arbetsplats	Många uppskattar och kan använda fotogrammetrisk data
Utmaningar	Ibland motstånd för att använda tekniken	Väder och vind kan begränsa, främst begränsar regelverket användning av drönare	Regelverket för drönare	Regelverk för drönare
Förbättringar				
Effektivitet	Bättre planering genom lättare överblick	Effektivare planering våra arbetsplatser	Mycket information kan samlas in i efterhand	Lättare att dokumentera och följa upp tidsplan och jämföra projekterat mot nuvarande,
Tid	Många hinder undviks och mätningar blir mer exakta	Undviker hinder i högre grad hinder, mer exakta mätningar	Tid sparas men svårt att bevisa, Många kollegor håller med om bättre tidsplanering	Identifiera fel och risker
Kostnader	Vi sparar kostnader, men svårt och visa	Sparar kostnader på onödiga transporter och material, men svårt att visa	Många resurser kan sparas,	-
Kommunikation	-	Underlättar kommunikation och samverkan intressenter och myndigheter	Ökad tydlighet vid presentationer	-
Utveckling	Kvalitetsäkning med drönare med hjälp av AI	Specialiserade bolag på flygning i specifik kategori. Bättre kamera och mätningsteknik. Mer automatiserade flöden för processering av data	Mer automatiserade processer. Kvalitetsäkra med fotogrammetri mot myndigheter	Bättre mätningsteknik för drönare. Mer autonoma flygningar

Fördelar:

Samtliga respondenter är överens om att den främsta fördelen med fotogrammetri i produktionen ligger i dess förmåga att tydliggöra och visualisera arbetsplatsen på ett sätt som tidigare inte varit möjligt, se figur 4 och bilaga 2. I stället för att ta enkla kort från ovan, eller på fot inspektera olika områden på arbetsplatsen, kan både skalenliga 3D (se figur 4) och 2D-modeller ge en mycket mer detaljerad och omfattande bild av arbetsplatsen.



Figur 4. Skalenlig 3D-modell av ett byggprojekt utfört med drönbaserad fotogrammetri. Återgiven med tillåtelse från T3 Group.

Vanliga flygfoton från ovan, menar respondenterna kan ge en bra överblick från ett fågelperspektiv om en arbetsplats men inte så mycket mer understryker T3. Flera av de intervjuade personerna har olika arbetsroller och använder fotogrammetri med drönare på olika sätt. Dock är de alla överens om att det är 2D-modellerna, det vill säga ortofoton som ger mest mervärde för en god planering, för de flesta i ett byggprojekt. Genom att lägga en ritning över ett ortofoto så blir det möjligt att se hur den tänkta byggnationen eller installationen kommer att passa in på en tänkt fastighet menar dem. Se figur 5.



Figur 5. Skalenlig 2D-modell (ortofotografi) av ett byggprojekt där ritning för bottenplatta har lagts ovanpå. Ortofotot är utfört med drönbaserad fotogrammetri. Återgiven med tillåtelse från T3 Group

Utmaningar:

Den främsta gemensamma nämnaren som respondenterna nämner som utmaning idag är regelverket för utövandet av drönare i olika miljöer. Som nämnt i teorikapitlet så finns dels begränsningar på specifikationer där bland annat drönarens totala vikt spelar en stor roll. Andra regelverks begränsningar inkluderar vilka områden som en drönare får flygas samt hur det får flygas. Om ett bygg- eller fastighetsprojekt skall bedrivas nära en flygplats eller annat skyddsobjekt som exempelvis en militäranläggning krävs speciella förberedelser för att få utöva dessa flygningar. Veidekke menar att det är möjligt att ibland kunna tänja lite på gränserna om det exempelvis skulle behöva flygas på lite högre höjd än vad som max är föreskrivet om man har dialog med flygledning. Att helt utföra flygningar inom specifik kategori är dock enligt Veidekke inte ekonomiskt hållbart för dem. Detta eftersom kostnaderna som uppkommer för få tillstånd för vissa flygningar som skulle vara inom specifik kategori blir för höga. Svevia och PEAB menar också att gränser ibland kan tänjas på en aning med hjälp av en god dialog med berörda parter.

Även om drönbaserad fotogrammetri har sina fördelar så finns det ibland ett visst motstånd bland beställare och arbetsledning för att investera i tekniken, enligt T3 och Veidekke. De menar att många fortfarande föredrar traditionella metoder som de alltid har använt och de vill inte lägga pengar på någonting som de inte med säkerhet själva vet fungerar. Detta gör att mycket tid ibland går åt till att försöka sälja in tekniken till både beställare och kollegor. PEAB menar dock att de upplever att det är väldigt många som efterfrågar drönbaserad fotogrammetri, både beställare och arbetsledning. De framhäver att de flesta som de pratar med är positiva till att använda tekniken.

Effektivitet:

Många av respondenterna är ense om att drönarbaserad fotogrammetri har förbättrat effektiviteten på deras arbetsplatser. En åsikt bland företagen Veidekke och T3 är hur användningen av skalenliga 2D- och 3D modeller inte bara möjliggör en förbättrad förståelse av arbetsplatsen, utan också ger en betydande förbättring i noggrannhet vid planeringen av arbetsprocesser. PEAB och Svevia betonar att den förbättrade visualiseringen och överblicken över arbetsplatsen gör det mycket enklare att dokumentera aktiviteter och händelser på ett projekt. De framhäver att fotogrammetrin inte bara tillhandahåller en större mängd information på ett och samma ställe, utan också möjliggör enkel återanvändning av data för nya mätningar eller som underlag för beslutsfattande och visualisering längre fram i ett projekt.

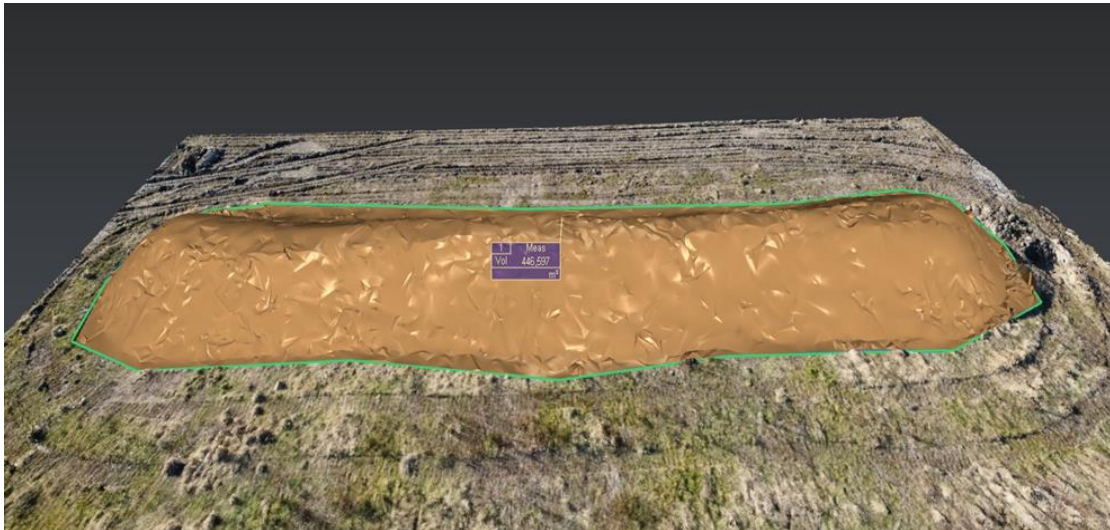
Tid:

Alla intervjuade personer på företagen menar att effektiviseringen av arbetsprocesser som fotogrammetri med drönare bidragit till, sparar en betydande mängd tid. PEAB understryker dock att det är svårt att bevisa hur mycket tid som faktiskt sparas. Ortofoton är enligt samtliga den vanligaste visualiseringsmodellen som utvinns från fotogrammetri och som används på arbetsplatser. Genom att kombinera ortofoton med olika ritningar kan de arbeta mer förebyggande och identifiera många fel i förväg, vilket både sparar tid och ger en mer stabil grund för tidsplanering. 3D-modellerna anses även vara till nytta för att fatta beslut som påverkar tidsplaneringen, och framför allt möjliggör det till mer exakta mätningar och volymeräkningar än tidigare. Svevia framhåller dock att de ändå anser traditionella mätmetoder mer precisa än fotogrammetri.

Kostnadsbesparingar:

Då effektiviserade arbetsprocesser lett till tidsbesparingar, har det även resulterat i vissa kostnadsbesparingar enligt företagen. T3 och Veidekke menar på att användningen av drönarbaserad fotogrammetri resulterat i kostnadsbesparingar för deras projekt, både i form av att bättre tidsplanering och även transporter. Veidekke lyfter exemplet att mer exakta mätningar och volymeräkningar resulterar i mer precist planerande för transporter av exempelvis jordmassor, vilket sparar pengar, se figur 6 för volymeräkning. De båda understryker att det är svårt att kvantifiera exakt hur mycket kostnader som sparas då det beror på många parametrar. PEAB tillägger att resurser även spelar stor roll på kostnadsbesparingar, då färre medarbetare behövs för att göra exempelvis mätningar ute på en arbetsplats. Det framkommer att en person som

behärskar både utövning av drönare med fotogrammetri och mätteknik kan utföra mycket av arbetet självständigt.



Figur 6. Bilden visar hur drönarbaserad fotogrammetrimodell används för att beräkna volym av ett föremål. (förtydligande av bild, Volym=446,597 Kubikmeter) Återgiven med tillstånd från Veidekke

Kommunikation:

Enligt Veidekke och PEAB har bättre visualisering även visat sig spela roll för kommunikationen med både myndigheter, arbetsledning och intressenter. Veidekke betonar att tekniken dels bidragit till förbättrad samverkan och ökad förståelse för projektet bland medarbetare, men också till förbättrad kommunikation med myndigheter. I vissa avseenden har kommunikeringen förbättrats vilket gjort vissa ansökningsprocesser snabbare. Teknikens visualiseringsförmåga har effektiviserat myndigheternas beslutsprocesser genom att de snabbare kan förstå den aktuella situationen och utfärda tillstånd, vilket sparar mycket tid. PEAB menar att många platschefer även använder de olika modellerna för att kommunicera ut till sin personal om status i ett projekt vilket de menar har varit mycket uppskattat utav medarbetare. Vid presentation av projektstatus för en beställare så har även fotogrammetrimodeller skapat en tydlighet, vilket gjort det lättare för den beställaren att förstå status om exempelvis vad som har genomförts och inte, sedan den senaste mötesperioden.

Framtidsutsikter:

Samtliga företag ser en mer automatiserad framtid för drönaraktiviteter där behovet av att själva utföra flygningarna minskar. T3 menar att de idag samarbetar med en AI-utvecklare för att testa om artificiell intelligens kan användas för kvalitetssäkring. Detta innebär att drönaren självständigt kan bedöma om alla komponenter är korrekt monterade och på rätt plats. På liknande sätt ser Veidekke en ökande trend mot automatisering av både manuella och datadrivna processer inom området för drönarbaserad fotogrammetri. De ställer sig även positiva till att fler företag specialiserar sig på drönarflygningar inom specifika kategorier, vilket kan underlätta för andra företag att hyra in specialiserade drönartjänster utan att behöva söka tillstånd och bära kostnaden för att utföra mer avancerade flygningar själva. PEAB:s förhoppningar är att myndigheter kommer att acceptera fotogrammetri som en giltig

metod för kvalitetssäkring gentemot myndighetskrav, vilket skulle innebära en förändring från traditionella mätmetoder. Enligt Svevia kommer förbättrad mätningsteknik för drönare bidra till säkrare och mer pålitliga mätningar och volymbaserade beräkningar, vilket i sin tur kommer resultera i en ökad kvalitetssäkring och tillförlitlighet i projektutförandet.

5 DISKUSSION

I detta kapitel kommer studiens resultat och metod att diskuteras. Resultatdiskussionen avslutas med en sammanställning där frågeställningar besvaras.

5.1 Resultatdiskussion

Eftersom kvalitetsbrister i byggsektorn varje år kostar både byggföretag och svenska samhället väldigt mycket pengar, är det relevant att arbeta för att förbättra situationen. Detta motiverar vårt val att utforska och upplysa byggsektorn om potentialen i ett digitalt verktyg som fotogrammetri med drönare. Förhoppningen med denna rapport är att bistå med kunskaper och insikter till byggföretag som inte använder tekniken, på vilka sätt drönarbaserad fotogrammetri kan användas i ett byggprojekt, och vad det bidrar till.

5.1.1 Fördelar och utmaningar med drönarbaserad fotogrammetri

Ett byggprojekt kan vara en komplicerad process med många pågående moment och snäva tidsramarna. Den rapport som Boverket (2018) utförde poängterade att tidsbrist och bristande helhetsperspektiv är några av faktorerna som bidrar till kvalitetsbrister inom byggsektorn. En övergripande fördel med drönarbaserad fotogrammetri, som samtliga intervjuade företag framhåller är dess kapacitet att visualisera och ge en fördjupad och klarare bild av ett projekt. Det har då möjliggjort en förbättrad helhetsförståelse som sedan har underlättat beslutsfattande. Detta stöds av både Karolinska Institutet (2022) och forskarna, Killen, Geraldi och Kock (2020), som hävdar att tydliga visualiseringar av grafiska data eller modeller underlättar analys och kommunikation av komplex information, vilket positivt påverkar beslutsfattandet.

Begränsningarna i regelverket gällande drönarflygning och fotografering, utgör en stor utmaning enligt företagen och kan potentiellt hindra effektiv användning av tekniken. Detta skulle i sin tur kunna påverka både tidsplan och budget, samt minska tillgången på nödvändiga data för beslutsfattande ute på vissa projekt. Trots att regelverket för drönare är nödvändigt, hoppas många företag på en ökad anpassning och förenkling av regelverket för att underlätta utövandet av drönarbaserad fotogrammetri. Digitaliseringen (u.d.) har påpekat att många företag är villiga att implementera digitala vertyg, men saknar strategier för hur det skall gå till. Ett komplicerat regelverk kan vara en bidragande faktor som hindrar företag som inte redan använder tekniken från att själva implementera den.

5.1.2 Koppling mellan drönarbaserad fotogrammetri och kvalitet

För att besvara frågeställningen är det nödvändigt att först definiera begreppet kvalitet. Definitionen av kvalitet har förändrats över tid, vilket kan göra det svårt att fastställa dess exakta innebörd. Enligt Bergman & Klefsjö (2020) är dagens tolkning av kvalitet annorlunda än tidigare, vilket komplicerar en konkret förståelse för begreppet.

För att bättre närma sig denna frågeställning har kvalitetsforskaren Lars Sörqvists synpunkter på kvalitetsarbete tagits i beaktande. Enligt Sörqvist (2017) krävs det fokus på kundens behov, effektivisering av arbetsprocesser och identifiering samt eliminering av problem för att bedriva kvalitetsarbete. Dessa aspekter ger en ram för att bedöma huruvida fotogrammetri med drönare kan kopplas till frågeställningen.

Vid en analysering av resultat från intervjustudierna framgår det att drönbaserad fotogrammetri möter dessa kriterier på flera sätt vilket även styrks av Reichard, et al., (2024) och Nwaogu, et al., (2023). För det första indikerar resultat från intervju och litteraturstudie att tekniken är mycket fördelaktig för en effektiv planeringen av processer i byggprojekt. Genom den visualiseringen som kan erhållas med 3D- och 2D modeller så har även tekniken bidragit till att många fel och hinder i god tid har kunnat upptäckas och förhindrats. Det har sedermera resulterat i en bättre tidsplanering och kostnadsbesparingar. Dessutom visar det sig att drönbaserad fotogrammetri underlättar kommunikation mellan olika intressenter i ett projekt. Med mer tydliga och detaljerade bilder och modeller av ett projektområde kan tekniken underlätta diskussioner och beslutstagande med beställare, intressenter och arbetsledning. Detta kan sedan leda till en gemensam ökad förståelse för projektets omfattning och mål, vilket bidrar till att missförstånd och misskommunikation kan undvikas.

5.1.3 Framtidsutsikter för drönbaserad fotogrammetri

Utvecklingen av teknik och samhälle fortskrider kontinuerligt och förbättras med tiden. Något som är påtagligt idag är att mycket går mot att bli automatiserat. Det samma gäller för drönbaserad fotogrammetri, där intervjustudien visar på att samtliga företag ser en mer automatiserad framtid. Förutom automatiserade flygningar ser dem att teknik tillhörande drönare, som GPS-system,amerateknik och datahantering med stor sannolikhet även kommer att utvecklas och bli bättre.

Precis som plattformen Digitaliseringen (u.d.) beskriver så vill många företag i byggbranschen implementera digital teknik, men saknar strategi för hur det skall gå till. En automatisering av drönbaserade flygningar och datahantering från fotogrammetri, skulle i bästa värde kunna tänkas resultera i att användningen av tekniken blir mycket enklare och mer tillgänglig. Det skulle kunna innebära att fler företag och yrkesverksamma inom byggbranschen kan dra nytta av dess fördelar.

Automatiseringen skulle inte bara kunna tänkas förenkla användningen av tekniken utan också göra den mer tillförlitlig och exakt i datainsamling och analys av byggprojekt. Att låta autonoma drönare övervaka arbeten eller bedöma risker, helt på automatik skulle kunna innebära att arbetsprocesser kan effektiviseras ännu mer. Som ett resultat av det hela skulle fler byggprojekt potentiellt kunna uppnå bättre kvalitet och mer hållbara byggprojekt, vilket i hög grad bara kan gynna byggsektorn.

5.2 Sammanställnings av diskussion kopplat till frågeställningar

Utifrån diskussionen av resultaten besvaras här nedan, de frågeställningar som var utgångspunkten för studien. Svaren sammanfattas med de mest centrala punkterna som har diskuterats i kapitlet.

Vilka fördelar och utmaningar medför användningen av drönbaserad fotogrammetri?

Fördelar:

- Fotogrammetri ger mycket bra underlag för visuell analys, vilket skapar tydlighet och ökar förståelsen för ett projekt
- Många olika yrkesbefattningar har nytta av fotogrammetriska modeller.
- Fotogrammetriska modeller minskar risken för missförstånd.

Utmaningar:

- Regelverket som kan begränsa både fotografering och drönarutövande.

Kan fotogrammetri med drönare bidra till förbättrad projektkvalitet?

Utifrån identifierade förbättringspunkter som tekniken bidragit med i byggprojekt, i relation till litteraturstudie om kvalitet, kan följande identifierade teman kopplas till kvalitet.

- Effektivare arbetsprocesser
- Tidsbesparingar.
- Kostnadsbesparingar
- Förbättrad kommunikation

Vilka potentiella tekniska förbättringar inom drönbaserad fotogrammetri skulle kunna främja kvalitetssäkringsarbeten i framtiden?

- Med hjälp av AI, förbättrad kamerateknik och GPS-teknik kommer kvalitetssäkringar på ett byggnadsprojekt i framtiden kunna genomföras automatiskt. kvalitetssäkringsprocesserna kommer därefter att bli snabbare och mer precisa jämfört med idag.

5.3 Metoddiskussion

Intervjustudien har bidragit till att besvara de frågeställningar som rapporten utgick ifrån. Eftersom respondenterna inom sina företag har olika arbetsroller och erfarenheter av tekniken har diskussionen gett varierade perspektiv på drönbaserad fotogrammetri. Genom semistrukturerade intervjuer kunde respondenterna fritt uttrycka sina erfarenheter och kunskaper, vilket gav en djup insikt om ämnet. En faktor som kan ha påverkat respondenternas svar är deras tolkning av frågorna, beroende på deras specifika arbetsplats och arbetsform. Exempelvis kan betydelsen av tidiga skeden i byggproduktionen skilja sig mellan företag som arbetar med anläggning jämfört med husbyggnad. Detta skulle kunna ha gjort svaren inkonsekventa om betydelsen av tidiga skeden i ett anläggningsprojekt skiljer sig från tidiga skeden i husbyggnation. Trots detta har studien som mål att ge en generell översikt av drönbaserad fotogrammetri inom byggproduktion, vilket gör att svaren kan ses som trovärdiga och relevanta för ämnet

Genom att låta respondenterna tala fritt under intervjuerna, märktes det att de besatt mycket kunskap samt hade ett stort och engagerat intresse för just fotogrammetri. Detta bidrog till en trovärdighet för studien. Ibland kunde det upplevas att respondenternas svar svävade iväg från det ämne intervjufrågan utgick från. För bättre underlättat en sammanställning, transkribering och analys av materialet i efterhand, hade det varit en god idé att leda tillbaka respondenterna in på det relevanta spåret för intervjufrågan.

För att uppnå en djupare förståelse och mer precisa resultat skulle studien eventuellt kunnat kompletteras med en kvantitativ undersökning. Det skulle kunna ge en mer detaljerad analys av de faktorer som bidrar till förbättrad projektkvalitet. Eftersom arbetet inte kompletterades med någon kvantitativ undersökning hade fler följdfrågor kunnat ställas under intervjuerna. Fler specifika följdfrågor skulle kunna ha bidragit till att identifiera fler konkreta teman och nyckelord för studien. Att ställa fler specifika följdfrågor skulle då potentiellt kunna öka studiens validitet, genom att säkerställa mer precisa svar på intervjufrågorna.

Denna studie baseras främst på intervjuer med fyra företag som aktivt använder tekniken. Om mer tid hade funnits för arbetet hade det varit värdefullt att inkludera fler företag i intervjuerna. Detta hade kunnat bidra med ytterligare insikter och stärkt reliabiliteten i studien ännu mer.

Valet av företag som skulle medverka grundades bland annat på storlek och i vilken grad företagen utövade drönbaserad fotogrammetri. Målet med strategin var att jämföra de olika bolagen, för att se om det var något speciellt som stack ut och skiljde stora och små företag åt.

Relationen mellan stora och små företag blev under studien inte riktigt jämlika. Detta har gjort att det inte har varit möjligt att dra konkreta slutsatser hur användandet av tekniken skiljer sig mellan större och mindre företag. Med de intervjuer som genomförts är vi ändå trygga med att tillräckligt underlag har samlats in för att övergripligt besvara frågeställningarna och tillhandahålla värdefull information till byggbranschen

6 SLUTSATS

Baserat på intervjuer med de företag som deltog i studien framgår det tydligt att samtliga är mycket positivt inställda till användningen av drönarbaserad fotogrammetri. Studien visar att tekniken kan användas som ett verktyg till bättre kvalitet i byggprojekt. Trots vissa utmaningar med främst regelverk för drönarflygningar är företagen överens om att fördelarna är för många för att ignoreras.

I byggbranschen, där det visat sig att tidsbrist och bristande helhetssyn av byggprojekt är vanligt förekommande. Där visar drönarbaserad fotogrammetri sig vara ett verktyg som kan hjälpa byggföretag, både stora och små, att förbättra just dessa faktorer. Användning av fotogrammetriska modeller har visat sig kunna erbjuda mycket mer än bara en detaljerad överblick över ett område eller objekt. De 2D- och 3D modeller som kan utvinnas från fotogrammetri kan användas som ett effektivt planeringsverktyg för ett projekts fortskridande vilket kan möjliggöra att fel i tidiga skeden kan upptäckas vilket både leder till tid och kostnadsbesparingar. Utöver det så kan även fotogrammetriska modeller även kopplas till en förbättrad kommunikation som minskar risken för missförstånd, som också skulle kunna kosta ett projekt både tid och pengar.

Utvecklingen av teknologi, digitala- tjänster och verktyg rör sig snabbt fram i samhället. Det gäller även för både drönar- och fotogrammetrisk teknik. Företagen som deltog i studien hade en gemensam syn på framtiden, där både drönare och hanteringen av fotogrammetrisk data blir mer automatiserad och lätthanterlig. Denna förändring kan potentiellt gynna företag som idag känner en viss osäkerhet inför att implementera och använda nya tekniska verktyg. Med en ökad automatisering och förenklad hantering av fotogrammetrisk data kan tröskeln för att anamma denna teknik möjligtvis sänkas. Därav skulle potentiellt fler byggföretag kunna se över möjligheterna till implementering.

Denna studie syftar till att öka förståelsen och medvetenheten om drönarbaserad fotogrammetri bland företag som ännu inte har utforskat eller använt tekniken. Rekommendationen till dessa företag är att överväga en implementering för att säkerställa effektiva arbetsprocesser inom projekten. För de företag som inte vill genomföra detta internt finns det företag specialiserade på drönarbaserad fotogrammetri som kan anlitas. Fler företag som kan lyckas med att förbättra sin projektkvalitet kommer inte bara att gynna ett specifikt företag. Förhoppningsvis kommer det också bidra till en positiv utveckling och tillväxt för samhället och byggbranschen som helhet

6.1 Vidare förslag till forskning

Nedanstående punkter ger förslag till vidare studier relaterat till drönarbaserad fotogrammetri:

- Utvärdering av drönarbaserad fotogrammetri i innemiljöer. En studie som utvärderar potentialen för tekniken att användas inomhus.
- Studie som analyserar ifall autonoma drönare kommer bidra till att fler implementerar tekniken.
- Studie som behandlar en lönsamhetsanalys för drönarbaserad fotogrammetri, med fokus på tid- och kostnadsbesparingar.

7 REFERENSER

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2020). *Kvalitet från behov till användning*. 6 uppl., Lund: Studentlitteratur AB.

Bim Alliance (2019). *Drönarbranschen lyfter – spås ljus framtid*.
<https://www.bimalliance.se/aktuellt/nyheter/2019/191108-dronarbranschen-lyfter-spas-ljus-framtid/> [2024-02-24]

Boverket (2018). *Kartläggning av fel, brister och skador inom byggsektorn* (Rapport 2018:36), Karlskrona: Boverket.

Boverket (2020). *Kontrollplan*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/lov-byggande/byggprocessen/kontrollplan/> [2024-03-05]

Boverket (2023). *Vart är vi på väg? Boverkets målbild för en digital samhällsbyggnadsprocess*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/digitalisering/malbild/> [2024-03-02]

Brozovsky, J., Labonnote, N. & Vigren, O. (2024). Digital Technologies in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 158, s. 105212. doi:10.1016/j.autcon.2023.105212

Byggkoll (2012). *Vi kan bygga mycket effektivare*.
<https://byggkoll.byggjtjanst.se/artiklar/2012/april/vi-kan-bygga-mycket-effektivare/> [2024-02-19]

Digitaliseringen (u.å). *Byggbranschen behöver digitaliseras*.
<https://digitaliseringen.se/byggbranschen-behoover-digitaliseras/> [2024-03-02]

Hallin, A. & Karrbom Gustavsson, T. (2019). *Projektledning*. 3 uppl., Stockholm: Liber AB.

Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R., Persson, M., Persson, U. (2017). *Byggläsnings-Produktion*. 1 uppl., Lund: Studentlitteratur AB

Karolinska institutet, (2022). *Visualisering*.
<https://kib.ki.se/visualisera-presentera/visualisering-av-data/visualisering> [2024-03-02]

Killen, C., Geraldi, J. & Kock, A. (2020). The role of decision makers' use of visualization in project portfolio decision making. *International Journal of Project Management*, 38(5), ss. 267-277. doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.04.002.

Kiriak, N., 2021. Development and implementation of technical decision for digital support of construction using photogrammetry methods. *Nuclear Engineering and Design*, 381(2-3), s. 111366. doi.org/10.1016/j.nucengdes.2021.111366.

Lantmäteriet, (2021). *Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik*. <https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/kurskompendium/kompendium20211014.pdf> [2024-03-22].

Lantmäteriet, (u.å). *Spridningstillstånd*. <https://www.lantmateriet.se/sv/spridningstillstand/> [2024-03-04]

Metria (2021). *Vad är ett ortofoto?* <https://metria.se/kunskap/ortofoto/> [2024-08-20]

Nwaogu, J. M., Yang, Y., Chan, A. P. & Chi, H-I. (2023). Application of drones in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. *Automation in Construction*, 150(2), s.104827. doi:10.1016/j.autcon.2023.104827

Projektledning (2018). *Projektkvalitet; Säkerställa att förväntningar, önskemål och behov blir tillfredsställda*. <https://projektledning.se/projektkvalitet/> [2024-03-05].

Reichard, G., He, T., Chen, K. & Jazizadeh, F. (2024). Unmanned aerial vehicle-based as-built surveys of buildings. *Automation in Construction*, 161, s. 105323. doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105323.

Riksantikvarieämbetet (2018). *Metoder för att skapa digitala 3D-modeller*. <https://www.raa.se/museer/publikt-arbete/digital-formedling/publicering-av-3d-modeller/metoder-for-att-skapa-digitala-3d-modeller/> [2024-02-20].

Store norske leksikon (2023). *Fotogrammetri*. <https://snl.no/fotogrammetri> [2024-03-21].

Svensk Byggtjänst (2021). *Allt fler efterfrågar digitala vertyg*. <https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2021/mars/allt-fler-efterfragar-digitala-verktyg/> [2024-03-02].

Swedron (2024). *Fotogrammetri, lär dig mer*. <https://swedron.se/blogg/lar-dig-om-fotogrammetri> [2024-08-20]

Sörqvist, L. (2001). *Kvalitetsbrist-Kostnader*. 2 uppl., Lund: Studentlitteratur AB .

Sörqvist, L. (2017). *Kvalitet kräver tre kompetenser*. <https://www.larssorqvist.com/2017/11/29/kvalitet-kr%C3%A4ver-tre-kompetenser!-38160751> [2024-03-09]

Transportstyrelsen (2021). *Tillstånd för drönare*. <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/luftfartyg-ochluftvardighet/dronare/tillstand-for-dronare/> [2024-03-04]

BILAGA 1 - INTERVJUER

Intervju med T3 Group

Person: David Gustavsson (Produktionschef)

Företag: T3 Group

Datum: 22-02-2024

Kan ni beskriva hur ni för närvarande använder informationen från fotogrammetri i era projekt? Finns det några specifika sätt ni använder den informationen på

*Vi använder fotogrammetriinformation på flera sätt idag. Först och främst **punktmolnsmodeller** främst i projekteringen som tillhandahålls till markprojektören för massbalansering och arbetsplanering på plats, mur mycket skall sprängas och schaktas bort av marken som exempel. **Vanliga drönarbilder** används mest för att övervaka projektförloppet och **ortofoton** utnyttjas för planering, för att visualisera byggplatsen och kunna placera ritningar för att förutse hinder eller kollisioner. Tekniken möjliggör även för detaljerad planering, som att förutse krockar mellan markör och plintar som exempel, vilket annars hade varit svårare att upptäcka.*

Hur har användningen av fotogrammetri hjälpt T3 Group att effektivisera arbetet för era projekt? Finns det några konkreta exempel eller situationer där ni har sett en märkbar effektivisering?

Vi får bättre koll på vår planering av arbetsplatsen. Vi ställer inte i lika stor utsträckning saker i vägen. Vi drar till exempel en byggväg på rätt ställe med en gång för att vi vet att det skall ner ett rör precis där i början på produktionen. Då drar vi vägen på ett annat ställe för att ta ett exempel. Det minimerar fel vi slipper göra saker två gånger.

Vad skulle ni säga är de största skillnaderna i ert planeringsarbete när ni använder fotogrammetri jämfört med tidigare metoder eller verktyg? Finns det några specifika aspekter som har förändrats mest?

Det blir mer visuellt, man ser hela arbetsplatsen på en bild. Att placera ut käppar var tionde meter för att markera hinder ger inte bild av helheten. Man får gissa lite om det är nått som viker av någonstans. Man ser bara en liten del av arbetsplatsen när man går runt och tittar på alla käpparna då. Nu får vi en mycket bättre helhetsbild. Mätningar av massor blir bland annat mer exakt med fotogrammetri jämför med att mäta med gamla metoder.

Har ni stött på några begränsningar eller utmaningar med att använda fotogrammetri med drönare i era projekt?

Dels att vi inte kan göra det själva Idag tar vi bara stillbilder med drönare. Att kunna lägga in en ritning på ett skalenligt foto ger ett mervärde. Bristande kunskap om fotogrammetri märks av och ibland motstånd från bland annat beställare som inte ser dess värde och därför inte vill investera i det.

Hur ofta använder ni vanligtvis fotogrammetri i era projekt? Är det några specifika projekttyper eller situationer där ni använder det mer eller mindre?

Det beror på såklart på storlek på projektet, och arbetsplatsens storlek. I snitt skulle jag tippa på tre gånger. 3D bild blir oftast bara en gång för att ge markprojektören ett underlag.

För vår del i projektet så räcker det oftast med en bild i början av projektet som underlag för oss och projektörer. Vi kan känna att det hade varit bra med fler för projektets skull. Men då har det ibland varit UE som inte vill investera i tekniken, och föredra att göra det på gamla metoder.

Skulle ni vilja öka användningen av fotogrammetri i era projekt? Vad är det för fördelar ni ser med användning av tekniken?

Absolut ja, jag ser jättestora fördelar med att använda de. Jag ser att vi blir mer kostnadseffektiva och vi vet mer i förväg i tidigare skeden. Det är svårt att visa att vi blir mer kostnadseffektiva. Men känslan är absolut det när vi får en större överblick och kan agera långt tidigare i visa skeden än annars.

Kompletterande intervju med T3 Group

Person: David Gustafsson

Företag: T3 Group

Datum: 15-04-2024

Vilka fördelar har ni sett med användningen av fotogrammetri med drönare i era projekt? Finns det några överraskande eller oväntade fördelar som ni har upptäckt?

Vi tycker att det blir lättare att planera projekt när vi får den informationen presenterad. Vi kan i förväg se vart vi skall placera ut bodar och etableringar. Hade vi inte haft drönarbilderna hade risken funnits att vi hade placerat ut bodar på fel ställen, exempelvis där vi skall gräva. Med hjälp utav drönarbilderna har vi planerat ut efter hur bilderna ser ut. Vi använder drönarbilderna mycket i presentationer så att folk kan skaffa en större förståelse för hur det ser ut på plats. Utan drönarbilderna kan vi inte presentera lika tydligt. Fördelen med drönarbilderna är även att vi kan mäta avstånd mellan olika punkter osv.

En oväntad fördel är när man lägger in till exempel rörstråk på fotona. En oväntad fördel är att man får ett punktmoln med höjder, detta leder i sin tur till att mark får en modell gratis ifrån fotot. Men även när det kommer till att ta fram APD plan, så kan man med tiden lägga till framstegen i bilderna.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat kvalitetssäkringen och precisionen i era byggprojekt? Har ni märkt några specifika förbättringar eller skillnader jämfört med traditionella metoder?

Om man kollar på husbyggnation så har fotogrammetrin gjort oss säkrare i vår tidsplanering. Vi har möjlighet att upptäcka hinder i förväg i stället för att upptäcka dem för sent.

Hur tror ni att användningen av fotogrammetri med drönare kan utvecklas och förbättras inom byggbranschen på lång sikt? Finns det några nya tekniska innovationer eller trender som ni tror kommer att påverka användningen av dessa verktyg?

Vi för lite diskussioner med en AI utvecklare och denna person är intresserad av att testa lite olika grejer med oss, där man bland annat har pratat om hur vi skulle kunna flyga över en bottenplatta och så skickar vi över det till en AI APP som kan se så att alla avlopp är med och att dem är placerade på rätt ställe. Vilket blir en form av kvalitetssäkring.

För att lyckas med detta handlar det om vilken precision drönaren har. Detta är också en grej som förmodligen kommer utvecklas. Just att precisionen kommer bli bättre.

Vad anser ni vara de största fördelarna med att använda fotogrammetri med drönare i det initiala skedet av byggproduktionen?

Lite som nämndes tidigare just att vi kan planera arbetsplatsen. Men också att vi får ett underlag till tidsplanen. Markarbetarna får en tidig bild på deras insats och hur mycket jobb dem har med masshantering. Det ger en tydligare bild på vad dem har att jobba med.

Kan ni beskriva några konkreta situationer där ni har stött på utmaningar eller hinder med att använda fotogrammetri med drönare i era projekt? Hur har ni hanterat dessa utmaningar?

Vi har inte stött på så många utmaningar hittills. Men en potentiell utmaning kan vara om man behöver använda en större drönare vilket kan göra det komplicerat när det kommer till lagar och regler, då blir det inte lika enkelt att flyga där man vill flyga. En annan utmaning för vår del är att vi i nuläget inte flyger själva. Men det är snarare mer en resursfråga.

En annan utmaning är filhanteringen, det är väldigt stora filer som kommer. Och kan ligga runt 40 till 50 mb. Programmet vi ritar APD planer i har svårt att arbeta med dessa filer. Det kan bli långa väntetider ibland.

Intervju med Veidekke

Person: Mikael Blomberg (Flygchef/digitaliseringsledare)

Företag: Veidekke

Datum: 19-03-2024

Kan ni dela med er av era erfarenheter av att använda fotogrammetri med drönare som verktyg i era byggprojekt?

För cirka 10 år sedan började vi experimentera lite med fotogrammetri. Idag på Veidekke utgör drönanverksamheten en egen avdelning inom bolaget. Det innebär dock inte att det är en självklarhet att användningen av fotogrammetri med drönare är given, utan varje ny idé som involverar användningen av fotogrammetri måste säljas in till projektteam och ledning för att visa på hur det kan gynna ett projekt. Av alla drönanflygningar vi utför idag så är ca 65% av dem för att samla in data för fotogrammetri och vi använder idag fotogrammetri på olika sätt. Antalet bilder och flygningar beror helt på komplexiteten och omfattningen av ett projekt. Mycket beror även på vilka som arbetar och leder ett projekt och hur öppna dom är för att använda tekniken. Vi flyger allt ifrån en gång i kvartalet till en gång i veckan. I början mötte vi mycket skepticism gentemot tekniken, och vi var nästan tvungna att erbjuda våra tjänster gratis för att få möjlighet att testa och experimentera. Men med tiden började fler och fler uppskatta det värde som fotogrammetri kan bidra med.

Vilka fördelar har ni sett med användningen av fotogrammetri med drönare i era projekt? Finns det några överraskande eller oväntade fördelar som ni har upptäckt?

Det som vi använder mest med fotogrammetritekniken är ortofoton för att använda som ritningsunderlag. Att kunna placera ortofoton i rätt skala bakom en ritning ger ett otroligt mervärde och en stor fördel. Det minskar risken för många missförstånd och ger en förankring av verkligheten i projektet. Detta bidrar till förbättrad samverkan och ökad förståelse genom visuell analys. Med ett ortofoto i kombination med en ritning är chansen att upptäcka hinder i förväg mycket större. Det avslöjar eventuella hinder ibland på bara några sekunder, vilket sparar tid och minskar risken för förseningar.

Vi har också sett att uppdaterade bilder kan vara till stor fördel som bevis i garantifrågor och tvister. Om det uppstår tvister där det hävdas att vi har orsakat skador kan dessa bilder och modeller användas som bevis för att visa om skadan fanns där innan eller inte. Det ger oss en starkare ställning och ökar vår förmåga att försvara oss mot obefogade påståenden.

Kan ni beskriva några konkreta situationer där ni har stött på utmaningar eller hinder med att använda fotogrammetri med drönare i era projekt? Hur har ni hanterat dessa utmaningar?

Det första jag tänker på är att få med vegetation på ett bra sätt i 3D-modellerna. Skog eller låg vegetation kan vara en utmaning eftersom det inte återskapas på ett korrekt sätt i modeller och ortofoton. Fotogrammetri är särskilt effektivt på hårdgjorda ytor som asfalt och berg, och enligt vår erfarenhet så slår fotogrammetri LIDAR på hårdgjorda ytor, medan LIDAR vinner om det är hög vegetation. I de fall där vi behöver inkludera vegetation brukar vi anlita externa företag som är specialiserade på den tekniken.

Regelverket utgör en annan utmaning som begränsar användningen av drönare i vissa svåra miljöer eller områden, vilket innebär att vi inte alltid kan flyga exakt där vi vill. Tidigare drönare som vi använde blev för tunga för flygning, särskilt i stadsmiljöer. Idag består vår drönarflotta främst av DJI minidrönare, vilket gör det något mer flexibelt att flyga, särskilt i stadsmiljöer. Även om minidrönarna inte har exakt samma prestanda som våra tidigare drönare tillåter de oss att flyga mer fritt, särskilt inne i städer.

Väder och vind utgör en annan stor utmaning eftersom det påverkar möjligheten att flyga med drönaren. Regn och starka vindar kan göra det omöjligt att flyga. Det mest optimala flygförhållanden är mindre än 10 m/s i vint och lätt molntäcke för att undvika skuggor från solen. Annars är en bara en jämn belysning på marken tillräckligt för ett bra resultat.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat kvalitetssäkringen och precisionen i era byggprojekt? Har ni märkt några specifika förbättringar eller skillnader jämfört med traditionella metoder?

Användningen av fotogrammetri med drönare har absolut förbättrat vår kvalitetssäkring och precision i byggprojekten. Genom att till exempel skapa tydliga APD-planer kan vi effektivt planera arbetsplatserna och bestämma placeringen av olika element med hjälp av att visuella bilder och modeller och undvika hinder kopplade till var vi kan placera vissa saker eller hur in och utfartsvägar skall planeras. Skalenliga bilder ger oss en bättre överblick, vilket underlättar identifieringen av hinder.

Vid behov av mätningar, som exempelvis av jord- eller grushögar, sparar vi betydande tid genom att använda fotogrammetri för att skapa 3D- modeller och genomföra mätningar. Detta resulterar i mer exakta volymeräkningar och mer precist planerade transporter av material, vilket minskar behovet av onödiga transporter och sparar kostnader.

Genom att ha uppdaterade bilder och modeller från fotogrammetri kan vi få en aktuell bild av projektet. Detta underlättar vidare planering och jämförelse av ritningar med verkligheten, vilket minskar risken för missförstånd och felaktiga beslut. Fotogrammetrin kan också användas i relationshandlingar för att kunna beskriva vart saker och ting faktiskt ligger och är installerat. I Verkligheten skulle en installation kunna skilja sig något mot ritningar, vilket skulle kunna användas sedan många år senare vid en eventuell renovering, för att ta reda på vart saker och ting faktiskt ligger mot ritningen, vilket skulle kunna förhindra framtida problem.

Våra miljöledare uppskattar också användningen av fotogrammetri, då det underlättar ansökningar hos myndigheter för miljötillstånd. Den visuella presentationen av projektet har underlättat kommunikationen och gjort processen för att få vissa tillstånd mycket snabbare.

Vad anser ni vara de största fördelarna med att använda fotogrammetri med drönare i det initiala skedet av byggproduktionen?

Mycket handlar om det som nämnts ovan med till exempel APD planer och att skapa tydlighet i arbetet. En annan bit där vi använder oss utav fotogrammetri är när vi får in mängdförteckningar utav beställare, med hjälp utav drönare kan vi kontrollera dessa för att göra mer exakta anbud. Då är det skönt att kunna använda drönaren för att få ett mer exakt resultat om vad det är man faktiskt räknar på. vilket kan leda till att man blir mer konkurrenskraftig i sina anbud.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat tidsplaneringen och produktiviteten/effektiviteten i era projekt? Finns det några specifika exempel där ni har märkt en positiv eller negativ påverkan?

Tidsbesparingar på mätsidan är den delen där man ser tydligt hur vi kan spara in på tid. Man märker att behovet av att lämna kontoret och komma ut på plats minskar. Ett exempel på detta kan vara till exempel att man får en förfrågan om att komma ut på plats för att göra en inmätning av någonting. En vecka senare så inser man att det hade behövt mätas en sak till, vanligtvis hade man behövt åka ut och mäta igen, men i och med att det då redan finns en bild och 3D-modell av projektytan så är det bara att öppna filen och snabbt göra en mätning på det som förfrågas. I stället då för att inte behöva åka ut en gång till så sparas det tid på att ha snabb åtkomst till verkligheten i datorn.

Det är svårt att kunna mäta och säga exakt vad tidsmässigt vi sparar men man känner att allt går mycket snabbare. I och med att man har gjort detta under en lång tid så är känslan att det är en stor tidsbesparing att använda drönare.

Hur tror ni att användningen av fotogrammetri med drönare kan utvecklas och förbättras inom byggbranschen på lång sikt? Finns det några nya tekniska innovationer eller trender som ni tror kommer att påverka användningen av dessa verktyg?

*Det finns tre punkter som kan komma ha stor betydelse kring hur utvecklingen av fotogrammetri med drönare kan komma påverkas av. **Den första punkten** är att jag ser att fler det kommer fler bolag som specialiserar sig på flygningar som kräver speciella tillstånd, vilket är bra. Beroende på vart ett projekt ligger och dess komplexitet kan ibland flygningar som går utanför den öppna kategorin i regelverket behöva genomföras. Kostnader som tillkommer med att själva söka tillstånd och de arbetstimmar som skulle krävas för att planera och få dessa tillstånd för dessa specifika flygningar, ser vi nu inte är ekonomiskt hållbart. För att flyga utanför den öppna kategorin krävs det jättemycket arbete. För att få perspektiv på hur mycket det kostar för att ens komma till startlinjen för att ta sig in i den specifika kategorin kan det räknas med att tillsätta en heltidstjänst under 1 år för att ens nå startlinjen. Alltså så kommer det komma att kosta mer än vad det smakar'' för dem få tillfällen vi skulle behöva använda drönare inom den specifika kategorin.*

***Den andra punkten** som kommer påverka utvecklingen av drönare är tekniken som ständigt är under utveckling. "Exempelvis utvecklas kameratekniken väldigt snabbt, och ur vissa aspekter är de mindre drönarnas kameror lika bra, eller bättre, än som de större drönarna hade för några år sedan." Just nu väntar man på att de mindre drönare kommer med RTK, vilket är ett mer noggrannare GPS system.*

***Den sista punkten** som också kommer ha en stor betydelse är utvecklandet av mjukvaror och tjänster för processering och presentation av data. Utvecklingen går emot att det blir lättare att programmera drönare. automatiserade flöden blir lättare för att processera data*

Finns det några specifika råd eller insikter som ni kan dela med er av till andra oerfarna i branschen, som överväger att använda fotogrammetri med drönare i sina projekt?

Lite specifika råd som kan vara viktiga att tänka på är att om man ska jobba med fotogrammetri är det bra att skaffa sig grundläggande kunskaper inom kamera och foto. Att ha förståelse för

slutare, bländare samt ISO och hur de påverkar bildernas kvalité gör stor betydelse för slutresultatet.

Att lära sig använda markstöd är en viktig sak, risken för att slutresultatet blir av dålig kvalité ökar om man inte använder det.

Att ha kunskap kring regelverket och att följa det är viktigt.

Att flyga regelbundet kan vara till en fördel, dels för att lära sig att använda drönare och bli trygg med att flyga den. Ta mycket före och efter bilder. Viktigt kan också vara att flyga och fota med eventuella infartsvägar och kringområden som kan påverkas. Detta är bra att göra så tidigt som möjligt med avseende på garantiärenden och eventuella skadeståndskrav som skulle kunna uppkomma.

Intervju med PEAB

Personer: Martin Birgersson (Mätchef infraprojekt) Fredrik Roos (Mätsamordnare)

Företag: PEAB

Datum: 09-04-2024

Kan ni dela med er av era erfarenheter av att använda fotogrammetri med drönare som verktyg i era byggprojekt?

Martin: Huvudfokus för oss är att dokumentera framstegen i projekten, vilket är en avgörande del av användningen. Det används också för att kartlägga markytor i olika terrängformer och nivåer under projektering. Framför allt är det användbart för att visa framsteg och beräkna olika volymer månadsvis. Användning av framför allt 2D-bilder (ortofoton) är något som de flesta jobbar med i olika projekt. Med hjälp av ortofoton kan vi lägga ritningar över befintliga för att se hur den tänkta byggnationen kommer att passa in.

Fredrik: Det är också det visuella värdet som kan utvinnas från fotogrammetri. Det är av stor nytta både för planering, där arbetsledare kan sätta sig tillsammans med platschef och granska återstående arbete. Speciellt kan det vara bra för att gå tillbaka och komma ihåg detaljer från tidigare utfört arbete som ibland vara svårt med äldre metoder. Många platschefer använder drönarbilder regelbundet för att förklara och visa exakt var de befinner sig och vad de ska göra härnäst, vilket uppskattas av alla inblandade.

Vilka fördelar har ni sett med användningen av fotogrammetri med drönare i era projekt? Finns det några överraskande eller oväntade fördelar som ni har upptäckt?

Fredrik: När jag började använda fotogrammetri visste jag inte hur användbart det faktiskt skulle bli för att visualisera och planera mina arbeten. Idag är det ett arbetssätt som jag skulle ha väldigt svårt att gå ifrån. Många beställare idag efterfrågar även fotogrammetriska drönarbilder.

Martin: Det är många det är som har anmanats tekniken på de olika arbetsplatserna inom PEAB. Det har blivit ett verktyg som har blivit så väl använt inom en relativ kort tid som det har varit. Byggbranschen är väldigt konservativ men nästan alla jag har pratat med är positiva till det här arbetssättet.

Kan ni beskriva några konkreta situationer där ni har stött på utmaningar eller hinder med att använda fotogrammetri med drönare i era projekt? Hur har ni hanterat dessa utmaningar?

Fredrik: Många utmaningar är kopplade till de regelverk som finns för drönare idag. Ett exempel på situation där utmaning uppstod var under ett projekt på en plats där flygverksamhet pågick parallellt. Utmaningarna inkluderade inte bara den kontinuerliga rörelsen av andra flygplan utan också ett gällande fotoförbud på grund av säkerhetsklassningen av platsen. Genom att aktivt kommunicera och samarbeta med beställaren och lokala myndigheter kunde vi hitta en lösning som tillät genomförandet av flygningarna inom området. Det betonar lite vikten av att etablera och upprätthålla goda relationer med alla inblandade parter för att på något sätt övervinna utmaningar och säkerställa projektets framgång.

Martin: Det har funnits vissa situationer där man har velat flyga men har direkt fått ett nej som svar, tills vi faktiskt visar upp vad det är vi gör och visar upp hur det funkar. Ibland får man förklara att man håller sig på ett visst avstånd och på en viss höjd. Ibland kan en dialog öppna upp möjligheten till att faktiskt få flyga. Men ibland händer det att vi får ett blankt nej och då är det inte så mycket att göra. Idag stöter vi på mer och mer skyddsklassade objekt vilket gör det svårare att flyga på vissa platser. Samtidigt som man ska respektera lagarna med drönarna, kan jag tycka att lagarna ligger lite efter, vilket kan bita oss om några år. Det kommer nya lagar men det tar lång tid att arbeta in.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat kvalitetssäkringen och precisionen i era byggprojekt? Har ni märkt några specifika förbättringar eller skillnader jämfört med traditionella metoder?

Martin: Jag tycker att vi har väldigt mycket bättre kvalitetssäkring då vi kan samla in information i efterhand mycket lättare. När väl en flygning är utförd så har vi otroligt mycket data att hämta in i efterhand. Jag är säker på att detta är kvalitetssäkring eftersom data finns där. Enligt mig är det en "gamechanger".

Fredrik: Enkelheten och effektiviteten blir bra mycket högre när det kommer till inmätning av exempelvis mängder, styck osv. Även när det kommer till att presentera arbetet för beställaren så har drönarbilderna skapat en betydligt mer tydlighet i vad det är som har gjorts sen senast.

Vad anser ni vara de största fördelarna med att använda fotogrammetri med drönare i det initiala skedet av byggproduktionen?

Martin: För och efterbesiktningar utförs mycket nu med hjälp utav drönaren. Det kan handla om så enkelt som att ta före och efterbilder på arbetsplatsen för att kunna dokumentera och visa hur det såg ut innan och hur det ser ut efter avslutat arbete. Detta är till stor hjälp vid förberedande syfte men även i efterkontrollsyfte.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat tidsplaneringen och produktiviteten/effektiviteten i era projekt? Finns det några specifika exempel där ni har märkt en positiv eller negativ påverkan?

Fredrik: Det enkla svaret är JA på många olika sorters vis, men det är svårt att bevisa. Vi har många kollega som använder drönarbilder dagligen i sitt arbete. Många håller med om att tidsplaneringen är bättre och att vi sparar tid. Det är som sagt svårt att mäta, men mitt svar är att ja det sparar tid.

Martin: Man kan också vända lite på frågan. Ett komplement till hur mycket tid som sparas så kan vi också se hur mycket resurser vi sparar på en arbetsplats. Till exempel så behöver vi inte ha lika många mät-personer ute i projekten som förr ute på en stor arbetsplats. Oftast finns det flera mätare som gör mycket av de förberedande momenten tillsammans med bland annat arbetsledare, idag står drönaren för mycket utav de förberedande momenten.

Hur tror ni att användningen av fotogrammetri med drönare kan utvecklas och förbättras inom byggbranschen på lång sikt? Finns det några nya tekniska innovationer eller trender som ni tror kommer att påverka användningen av dessa verktyg?

Martin: Jag tror att drönare kommer att bli mer automatiserat på ett annat sätt, att man kommer kunna samla in mer data mycket tätare in på varandra. Det är väl det som jag ser som nästa steg.

Fredrik: Jag hoppas och tror att man kommer att kunna samla in data som är godkänd av myndigheter för kvalitetssäkring. Jag hoppas också att myndigheter släpper lite på att vi får nyttja fotogrammetri till våra kontroller som vi gör idag. Istället för att gå ut och manuellt kvalitetssäkra något som myndigheter har krav på, så kan vi lika gärna använda våra 2D och 3D bilder.

Finns det några specifika råd eller insikter som ni kan dela med er av till andra oerfarna i branschen, som överväger att använda fotogrammetri med drönare i sina projekt?

Fredrik: ta i kontakt med någon som kan flyga och se till att få vara med å flyga. Jag är övertygad om att när man väl har känt på att flyga så kommer man inte vilja släppa det.

Martin: Jag håller helt med.

Intervju Svevia

Intervjufrågor besvarad som ett frågeformulär

Person: Pär Fastevik, Mätchef

Företag: Svevia

Datum: 16-04-2024

Kan ni dela med er av era erfarenheter av att använda fotogrammetri med drönare som verktyg i era byggprojekt?

Vi ser att vi sparar mkt tid jämfört med konventionell mätning, bättre arbetsmiljö för den som ska mäta in ett objekt.

Vilka fördelar har ni sett med användningen av fotogrammetri med drönare i era projekt? Finns det några överraskande eller oväntade fördelar som ni har upptäckt?

Tidsbesparing, får med mkt mer data än konventionell mätning, bättre arbetsmiljö (ex att man kan mäta in en hal bergssida eller en trafikerad väg utan att vara fysiskt på marken). Överraskande fördel är att alla i projekten uppskattar det man får ut av drönaren tex att man även får ett uppdaterad orthofoto som många yrkesgrupper inom företaget sedan kan ha användning av att lägga ritningar uppe på osv (vi på mätsidan är mest intresserade av punkmolnet).

Kan ni beskriva några konkreta situationer där ni har stött på utmaningar eller hinder med att använda fotogrammetri med drönare i era projekt? Hur har ni hanterat dessa utmaningar?

Det kan vara när vi bygger på ett område som är skyddsobjekt eller inom ett flygplatsområde. Går oftast att få tillstånd att flyga om man kan beskriva varför man vill jobba med fotogrammetri där. Men är det skyddade militäranläggningar så går det inte att få tillstånd av förståeliga skäl.

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat kvalitetssäkringen och precisionen i era byggprojekt? Har ni märkt några specifika förbättringar eller skillnader jämfört med traditionella metoder?

Kvalitetssäkringen ökar med att vi får mer dokumentation. Vi fotar/scannar tex arbetsplatsen innan vi påbörjar vårt byggprojekt och får en väldigt detaljerad beskrivning hur det såg ut innan vi kom dit. Sen kan det även vara så att man flugit något under projektets gång för att mäta en sak men långt senare är det något annat man funderar på i detta område man flugit samt i just detta byggskede och då kan man enkelt gå in och kolla i datat från flygningen. Övrigt rent mätteknisk kvalitet så har traditionella mätinstrument mer precision.

Vad anser ni vara de största fördelarna med att använda fotogrammetri med drönare i det initiala skedet av byggproduktionen?

Dokumentera befintligheten och att ha bra data att mängda emot (befintlig markmodell).

Hur har ni sett att användningen av fotogrammetri med drönare har påverkat tidsplaneringen och produktiviteten/effektiviteten i era projekt? Finns det några specifika exempel där ni har märkt en positiv eller negativ påverkan?

Positiv inverkan på tidplanen samt att man kan lätt följa upp hur man ligger till emot tidsplanen (tex vid stora schakter inom väg- el järnvägsbyggen så kan man flyga med jämna mellanrum och ifrån data jämfört med projekterad schaktmodell mängda hur mycket vi schaktat hittills.

Hur tror ni att användningen av fotogrammetri med drönare kan utvecklas och förbättras inom byggbranschen på lång sikt? Finns det några nya tekniska innovationer eller trender som ni tror kommer att påverka användningen av dessa verktyg?

Mer användning av flygstödsplattor med inbyggd RTK för att enkelt höja kvaliteten på flygningen. Mer autonoma drönare som landar i sitt eget garage och laddar själv. Mer användning av lidar. Sen kommer dataprogrammen som filtrerar och analyserar datan utvecklas.

Finns det några specifika råd eller insikter som ni kan dela med er av till andra oerfarna i branschen, som överväger att använda fotogrammetri med drönare i sina projekt?

Börja med en enkel billig drönare och prova er fram. Gör tillexempel bara ortofoton först och lär er sedan vidare därifrån.

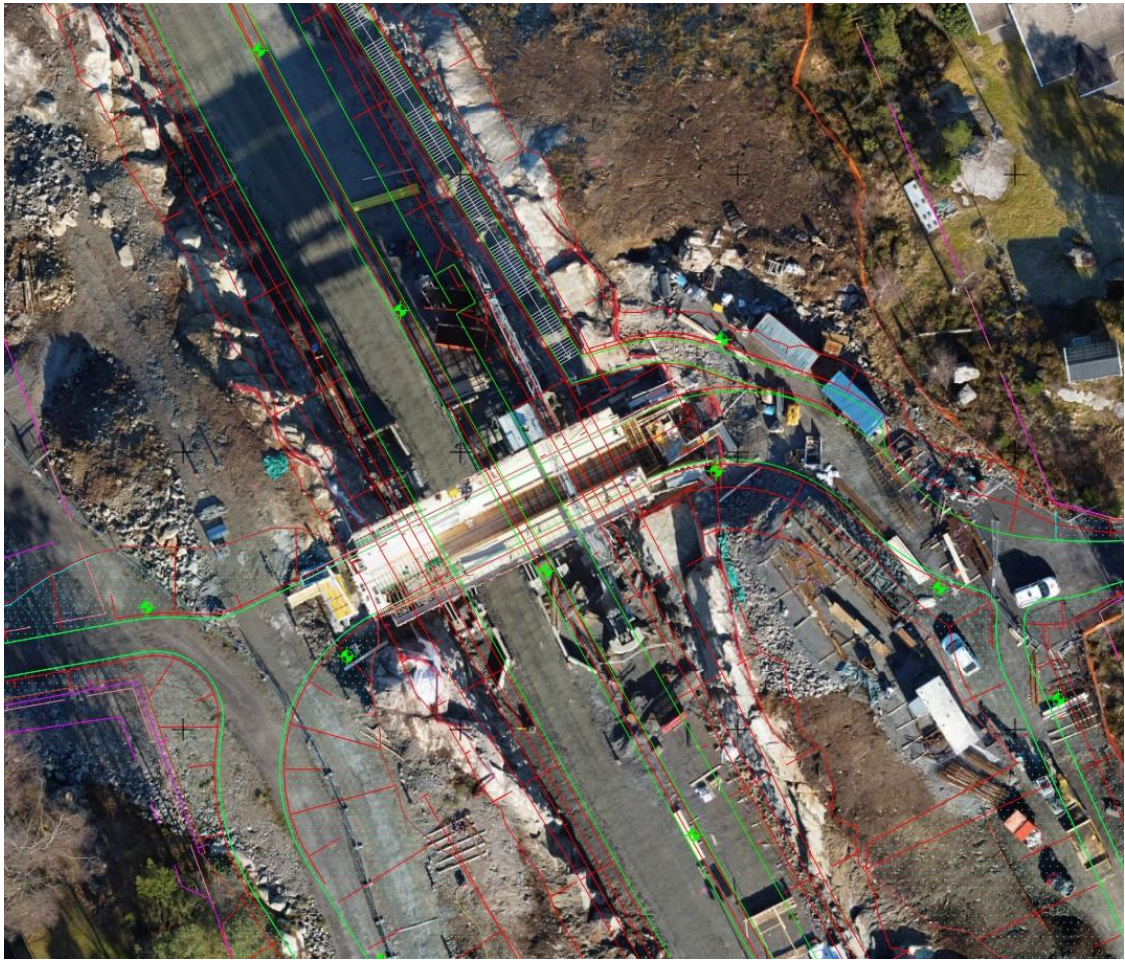
BILAGA 2 - BILDER



Skalenlig 3D-modell av ett byggprojekt utfört med drönbaserad fotogrammetri. Bild återgiven med tillåtelse från T3 Group.



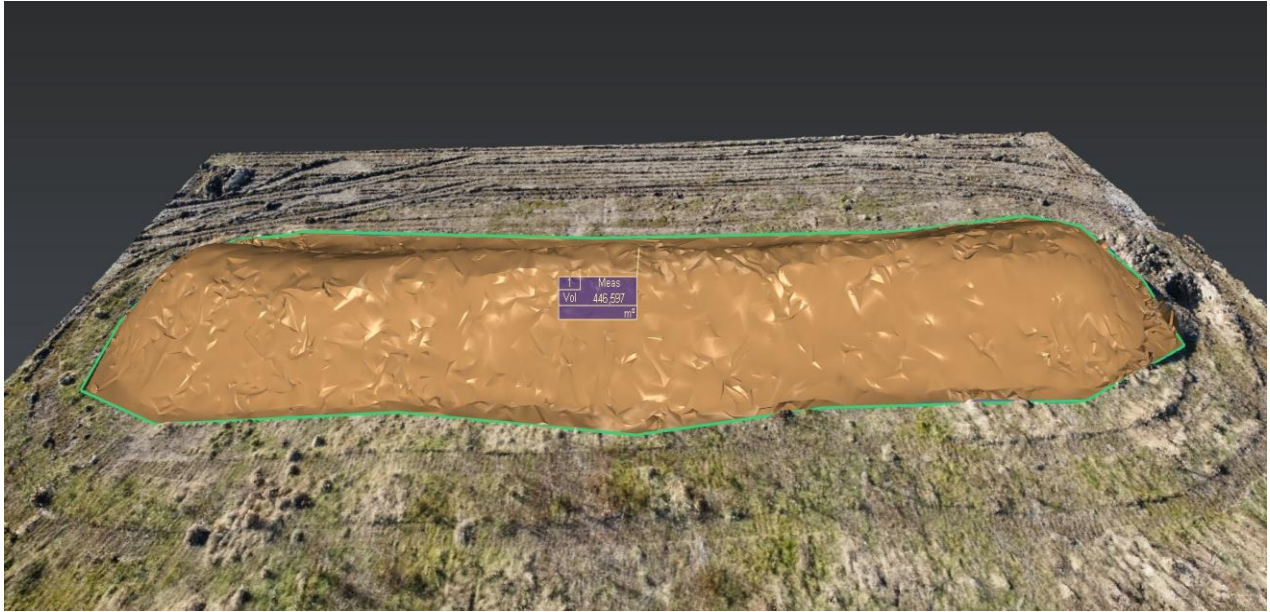
Skalenlig 3D-modell av ett byggprojekt utfört med drönbaserad fotogrammetri. På ritningen har även en BIM-modell av den tänkta byggnaden placerats, för att realisera ett slutresultat av en tänkt byggnads-etapp. Bild återgiven med tillåtelse från T3 Group.



Ortofoto över byggarbetsplats med inkluderande av APD plan, där tänkta in- och utfartsvägar visas. Bild återgiven med tillåtelse från Veidekke AB i Göteborg.



Ortofoto ihop med APD-plan som förutom in- och utfartsvägar även inkluderar arbetsytor och upplag. Bild återgiven med tillåtelse från Veidekke AB i Göteborg.



Fotogrammetrisk producerad 3D-modell som används för att beräkna volymen av en jordhög. Bild återgiven med tillåtelse från Veidekke AB i Göteborg.



HÖGSKOLAN I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se