



CHALMERS

UAS-fotogrammetri i anläggningsbranschen

En nulägesbeskrivning ur ett användarperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

DANIEL FAGERSTRÖM
JOHAN ROSHOLM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Forskargrupp Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete 2015:102
Göteborg, Sverige 2015

EXAMENSARBETE 2015:102

UAS-fotogrammetri i anläggningsbranschen

En nulägesbeskrivning ur ett användarperspektiv

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

DANIEL FAGERSTRÖM

JOHAN ROSHOLM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Forskargrupp Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2015

UAS-fotogrammetri i anläggningsbranschen
En nulägesbeskrivning ur ett användarperspektiv

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

DANIEL FAGERSTRÖM

JOHAN ROSHOLM

© DANIEL FAGERSTRÖM, JOHAN ROSHOLM, 2015

Examensarbete 2015:102 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2015

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Forskargrupp Väg och trafik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Chalmers reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2015

UAS-fotogrammetri i anläggningsbranschen

En nulägesbeskrivning ur ett användarperspektiv

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

DANIEL FAGERSTRÖM

JOHAN ROSHOLM

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Forskargrupp Väg och trafik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Med *UAS-fotogrammetri* avses tekniken att med hjälp av kamerautrustade obemannade luftfarkoster (UAS - Unmanned Aerial System) och fotogrammetrisk programvara skapa fotorealistiska tredimensionella modeller samt ortofoton av markytan.

Rapportens syfte är att presentera en övergripande bild av UAS-fotogrammetriens användning i anläggningsbranschen tillsammans med slutsatser och förslag på vidare studier och framtida utvecklingsarbete.

Lagstiftning kring det praktiska användandet har studerats. Dessutom har kvalitativa intervjuer med sex stycken UAS-användare från anläggningsbranschen genomförts för att inhämta erfarenheter, information och åsikter om användningsområden, fördelar och nackdelar jämfört med andra mätmetoder, mätosäkerhet och kvalitetskontroll samt hinder och begränsningar i arbetet med tekniken.

Information från intervjuerna har visat att UAS-fotogrammetrin kan ersätta eller utgöra ett komplement till många andra mät- och dokumentationstekniker samt karttjänster. Användningen av tekniken kan generera arbetsmiljövinster samt spara tid i inmätningsskedet. Jämfört med terrestra mätmetoder krävs dock mer tid för efterbehandling av mätdata. Några användare menar att mätosäkerheten kan nå samma nivå som RTK-GNSS. Dock kan mätosäkerheten variera kraftigt mellan enskilda punkter.

I dagsläget begränsas användandet av bland annat väderlek, svårigheter att dela och bearbeta mätdata, långa väntetider på tillstånd att flyga i kontrollerat luftrum, samt svårigheter kopplade till den lagstiftning som behandlar tillstånd för spridning av flygbilder och annan landskapsinformation.

För flera av ovan nämnda områden ges rekommendationer för vidare studier och utvecklingsarbete. Dessutom förväntas ett lagförslag som innebär förändringar gällande bland annat spridning och delning av flygbilder och landskapsinformation antas vid årsskiftet 2015/2016.

Nyckelord: UAS, UAV, fotogrammetri, anläggningsbranschen, mätteknik.

The use of UAS-photogrammetry within the Swedish Construction Industry

An overview of the current state from a user perspective

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

DANIEL FAGERSTRÖM

JOHAN ROSHOLM

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of GeoEngineering

Road and Traffic Research Group

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Within the context of this report *UAS-photogrammetry* is a surveying method which uses camera-equipped unmanned aircrafts and photogrammetric software for the creation of photorealistic three-dimensional models and orthophotos of the surface of the ground.

The aim of this report is to present an overview of the current state of UAS-photogrammetry within the construction industry together with suggestions for further studies and development within the area.

The use of UAS-photogrammetry is restricted and supervised by a number of public authorities. Thus the current legislation is presented. In order to investigate further aspects qualitative interviews have been held with six UAS-photogrammetry users. Areas of use, pros and cons in relation to other surveying methods, accuracy as well as problematic areas and limitations have been investigated.

Information from the interviews has shown that UAS-photogrammetry can be a substitute or a complement to a number of other surveying- and documentation methods. UAS-photogrammetry can create a safer work environment for survey engineers and save time if used instead of GNSS-Rover or total station, although survey data editing can be more time consuming. Some of the users claim that survey data accuracy can reach the same levels as RTK-GNSS-technology, however, the accuracy can show greater deviations in individual points.

Some of the problematic areas which currently limit the use of UAS-photogrammetry are: the weather situation, sharing and editing of survey-data, long waits for flight permission within controlled airspace, as well as legal restrictions surrounding the survey data.

Suggestions for further studies and development are presented for many of the previously mentioned areas. Furthermore a legislative proposal containing changes concerning the legal restrictions surrounding the survey data is expected to be adopted by the end of year 2015.

Key words: UAS, UAV, photogrammetry, the construction industry, surveying.

Innehåll

SAMMANFATTNING	II
<i>Diploma Thesis in the Engineering Programme</i>	III
Innehåll	V
Förord	VIII
Begreppsförklaring	IX
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsning	1
1.4 Metod	2
1.4.1 Litteraturstudie	2
1.4.2 Intervjustudie	2
1.5 Disposition	2
2 BAKGRUND	4
2.1 Relaterade studier	4
2.2 UAS-fotogrammetri	5
2.2.1 Den kamerautrustade UAS:en	5
2.2.2 Den fotogrammetriska mjukvaran	6
2.2.3 UAS-fotogrammetrins slutprodukter	6
2.2.4 UAS-fotogrammetrins utförande	8
2.3 Andra mätmetoder	9
2.3.1 Terrestra mätmetoder	9
2.3.2 Flygburen laserskanning (FLS)	9
2.3.3 Flygfotogrammetri	10
3 NULÄGESBESKRIVNING AV LAGSTIFTNING OCH TILLSTÅNDSPROCESSER	11
3.1 UAS-flygning: Tillstånd och ansökan	11
3.1.1 Försäkringskrav	12
3.2 Generella regler för UAS-flygning	12
3.3 Flygning i kontrollzon	12
3.4 Flygning i okontrollerat luftrum (G-luft)	13
3.5 Tillståndskrav för spridning av flygfoto	13
3.5.1 Undantag från tillståndskrav	14
3.6 Tillståndskrav för spridning av landskapsinformation	14
3.7 Tillståndskrav för inrättande av databas med landskapsinformation	15
3.8 Lagförslag, <i>skydd för geografisk information</i>	15
CHALMERS , <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete 2015:102	V

3.9	Kameraövervakningslagen	16
4	NULÄGESBESKRIVNING BASERAD PÅ KVALITATIVA INTERVJUER MED UAS-ANVÄNDARE	17
4.1	Respondenters UAS-teknik	17
4.2	Teknikens användningsområden	17
4.2.1	Höjdmodell för anbuds- och projekteringskedde	17
4.2.2	Inledande dokumentation av arbetsplats	18
4.2.3	Dokumentation av utfört arbete	18
4.2.4	Masshantering	18
4.2.5	Berginmätning	18
4.2.6	Volymberäkning av grustäkter, bergtäkter och deponier	18
4.2.7	Kartering	19
4.2.8	Visualisering av framdriften på ett projekt	19
4.2.9	Ortofoto av arbetsplatsen	19
4.2.10	Ortofoto som komplement till ritningsunderlag	19
4.2.11	Tillgång till aktuella ortofoton	19
4.3	Teknikens fördelar	19
4.3.1	Arbetsmiljövinster	20
4.3.2	Tidsvinster	20
4.3.3	Bildinformation	21
4.4	Teknikens nackdelar	21
4.4.1	Avsaknad av namngivning av mätpunkter	21
4.4.2	Avsaknad av linjer i mätdata	21
4.4.3	Svårigheter att mäta marknivå	22
4.4.4	Tidsåtgång för efterbehandling	22
4.5	Kvalitetssäkring, mätosäkerhet och felkällor	22
4.5.1	Kvalitetssäkring	22
4.5.2	Mätosäkerhet	23
4.5.3	Felkällor	23
4.5.4	Flertalet faktorer påverkar slutresultatet	24
4.6	Hinder och begränsningar i användandet	24
4.6.1	Flygning med UAS	24
4.6.2	Spridningstillstånd och insamlande av flygfoto och landskapsinformation.	25
4.6.3	Väderlek	26
4.6.4	Hantering och bearbetning av UAS-data	27
5	SLUTSATSER	29
5.1	Teknikens användningsområden	29
5.2	Teknikens fördelar	29
5.2.1	Arbetsmiljövinster	29
5.2.2	Tidsvinst	29
5.2.3	Bildinformation	30
5.3	Teknikens nackdelar	30
5.3.1	Avsaknad av vissa egenskaper	30

5.3.2	Tidsåtgång för efterbehandling	30
5.4	Kvalitetssäkring, mätosäkerhet och felkällor	30
5.5	Hinder och begränsningar i användandet	31
5.5.1	Väderlek	31
5.5.2	Delning av UAS-data	31
5.5.3	Befintliga CAD-mjukvaror	31
5.5.4	Tillstånd för flygning i kontrollerat luftrum	32
5.5.5	Samordning av planerade flygningar i okontrollerat luftrum (G-luft)	32
5.5.6	Tillstånd för insamling samt spridning av flygfoto och annan landskapsinformation	32
5.6	Förslag på vidare studier	33
6	LITTERATURFÖRTECKNING	34
7	FIGURFÖRTECKNING	37
8	PERSONLIG KOMMUNIKATION	38
8.1	Icke vid person namngiven personlig kommunikation	38

Förord

Examensarbetet har utförts under vårterminen 2015 som avslutande utbildningsmoment inom byggingenjörsprogrammet vid Chalmers Tekniska Högskola.

Författarna vill rikta ett stort tack till samtliga intervjudeltagare för att ni avsatt tid och delat med er av era kunskaper och erfarenheter inom området.

Vidare vill vi även tacka Andreas Fransman (NCC Construction) samt våra handledare Gunnar Lannér (universitetslektor på institutionen för bygg- och miljöteknik) och Bo Johansson (NCC Construction) för inspiration och vägledning under arbetets gång.

Göteborg, juni 2015
Daniel Fagerström
Johan Rosholm

Begreppsförklaring

CTR

Se *kontrollzon*

Draperat punktmoln

Ett punktmoln som draperats med bildinformation (textur) av området. Detta ger en fotorealistisk, tredimensionell representation av området (Lantmäteriet m.fl., 2013).

Flygnivå, (Flight Level, FL)

Definieras av transportstyrelsen som ”En yta med konstant atmosfäriskt tryck vilket är relaterat till tryckvärdet 1 013,2 hPa och är separerad från andra sådana ytor genom särskilda tryckintervall”. (TSFS 2009:11, § 2)

Flygsignal

Synonymt med stödpunkt (Mårtensson & Reshetyuk, 2014).

Fotogrammetri

Lantmäteriet definierar fotogrammetri som ”... tekniken att via tolkning och mätning i en eller flera bilder fastställa och dokumentera läge, geometrisk form och andra egenskaper hos avbildade föremål.” (Statens Lantmäteriverk, 1994)

Fotogrammetri används bland annat för arkeologisk dokumentation, inom fordonsflyg- och fartygsindustrin samt inom medicin- och brottsutredningar. Sett till användningen är dock flygfotogrammetrin det största området (Xu, 2013).

Georeferering

Georeferering innebär att mätdata (punktmoln och ortofoto) transformeras till ett yttre koordinatsystem. Detta gör det möjligt att använda mätdata ihop med exempelvis totalstations- eller GNSS-data (Lantmäteriet m.fl., 2013).

Höjdmodell

Kan även benämnas digital höjdmodell eller DEM (Digital Elevation Model).

Höjdmodell är ett samlingsnamn för markmodeller (terrängmodeller) och ytmodeller (Lantmäteriet, 2014b).

Kontrollpunkt

Samma som stödpunkt men använd inte för georeferering. Används istället för att kontroll av hur väl de georefererade koordinaterna stämmer överens med inmätta koordinater (Gunnarsson & Persson, 2013).

Kontrollzon, (Control Zone, CTR)

Definieras enligt Luftfartsverket som:

”Området närmast flygplatsen, som syftar till att skydda flygtrafik under start- och landningsfas, kallas för kontrollzon. Kontrollzonen är relativt liten och sträcker sig från marken upp till ca 450 meters höjd. Kontrollzonen är närmast att betrakta som ett ’skyddsområde’ för flygplatsen som i möjligaste mån skall vara fritt från hinder.” (Luftfartsverket, 2011)

Landskapsinformation

Definieras i lag enligt följande: ”Med landskapsinformation avses lägesbestämd information om förhållanden på och under markytan samt på och under sjö- och havsbotten.” (Lag om skydd för landskapsinformation, SFS 1993:1742, 2 §).

Markmodell

Samma betydelse som *terrängmodell* (Lantmäteriet, 2014b).

Ortofoto

Ett ortofoto är en flygbild som behandlats så att hela bilden har samma skala. Denna behandling kallas för omprojicering och innebär att storleken förminskas på områden med högre höjd som kommer närmare kameran och ökar storleken på områden med lägre höjd som är längre från kameran. För detta arbete krävs en höjdmodell (Wennström, 2015b).

Punktmoln

Ett punktmoln består av tätt placerade punkter i ett tredimensionellt koordinatsystem (Lantmäteriet, 2014b).

Stödpunkt

Stödpunkter används för georeferering. För att detta ska kunna ske måste punkterna koordinater vara kända samtidigt som dessa måste kunna identifieras i flygbilderna. Stödpunkterna kan bestå av svartvita skivor med ett kryss/skärningspunkt i mitten.

Terminalområde, (Terminal Control Area ,TMA)

”Under in- och utflygningsfasen till flygplatsen leds flygtrafiken oftast i ett kontrollerat luftrum, sk [*sic*] terminalområde. Detta har en undersida på ca 450 meter över marken eller mer.” (Luftfartsverket, 2011)

Terrester mätning

Mätning med exempelvis GNSS-Rover eller totalstation.

Terrängmodell

Kan även benämnas digital terrängmodell eller DTM - Digital Terrain Model. Enligt Lantmäteriet m.fl. (2013) är en terrängmodell ” ... ett tätt nät av höjdpunkter som beskriver markytans form”. Vegetation, byggnader och andra konstruktioner och objekt som sticker upp ur markytan ingår därför inte i en *terrängmodell* (Lantmäteriet, 2014b).

TIA

Se *trafikinformationsområde*.

TIZ

Se *trafikinformationszon*.

TMA

Se *terminalområde*

TMA-bil, (Truck Mounted Attenuator, TMA)

Ett energiupptagande påkörningskydd som monterats på ett fordon. En TMA-bil är ett sådant fordon. Dessa används som skyddsanordningar för personal vid arbete på väg (Sveriges Kommuner och Landsting, 2014).

Trafikinformationsområde (Traffic Information Area, TIA)

Motsvarar TMA men för okontrollerade flygplatser. (Luftfartsverket, 2011)

Trafikinformationszon, (Trafik Information Zone, TIZ)

Motsvarar kontrollzon men för okontrollerade flygplatser. (Luftfartsverket, 2011)

UAS, (Unmanned Aerial System, alt. Unmanned Aircraft System)

Ett namn för obemannade luftfartyg (exempelvis flygplan, helikoptrar och multikoptrar). I begreppet UAS ingår förutom det obemannade luftfartyget även den kringutrustning som krävs för fjärrstyrning av luftfarkosten.

Andra vanliga benämningar på obemannade luftfartyg som går under beteckningen UAS är: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) eller drönare (Transportstyrelsen, u.å. a).

Ytmodell

Kan även benämnas digital ytmodell eller DSM (Digital Surface Model).

En ytmodell liknar en terrängmodell, men inkluderar vegetation, byggnader och andra konstruktioner och objekt som sticker upp ur markytan (Lantmäteriet, 2014b).

1 Inledning

I följande kapitel beskrivs rapportens bakgrund, syfte, avgränsning, metod och disposition.

1.1 Bakgrund

UAS-fotogrammetri är en relativt ny fotogrammetrisk mätmetod som fångat intresset hos många företag i anläggningsbranschen. På senare år har tekniken utvecklats och blivit enklare att använda samtidigt som priset på utrustningen har minskat.

UAS-fotogrammetrin använder sig av obemannade luftfarkoster utrustade med digital stillbildskamera. I kombination med fotogrammetriska programvaror erbjuder de möjligheten att skapa högupplösta draperade punktmoln samt ortofoton ute på arbetsplatsen. Dessa produkter kan sedan bearbetas vidare för att användas till en mängd olika mätrelaterade arbetsuppgifter inom ett anläggningsprojekt såsom volymeräkningar, masshantering, generering av höjdmodeller, illustrationer m.m.

NCC är ett av de företag i branschen som infört tekniken på några av sina anläggningsprojekt. Vid samtal med Andreas Fransman, mätchef på NCC, (personlig kommunikation, 11 februari 2015) framkom att han ser positivt på användandet av UAS-fotogrammetrin inom anläggningsprojekt.

Dock menade han att det praktiska användandet i dagsläget begränsas av bland annat regelverk, tradition (på grund av att det är en ny mätteknik) samt ovana i branschen att hantera UAS-genererad data.

Inom en nulägesbeskrivning av UAS-fotogrammetri med fokus på det praktiska användandet i anläggningsbranschen skulle eventuella begränsningar och hinder kunna identifieras och sammanställas. Dessutom skulle ytterligare aspekter i användandet undersökas inom nulägesbeskrivningen.

1.2 Syfte

Rapportens syfte är att presentera en nulägesbeskrivning av användandet av UAS-fotogrammetri som mätmetod i anläggningsbranschen. Målet är att inom nulägesbeskrivningen ge en övergripande bild ur ett användarperspektiv och därigenom kunna belysa problematiska områden. Syftet med nulägesbeskrivningen är att den skall fungera som underlag för vidare studier samt bidra till fortsatt utveckling av tekniken.

1.3 Avgränsning

Arbetet avgränsas till att undersöka användningen av UAS-fotogrammetri för mätrelaterade arbetsuppgifter inom anläggningsbranschen i Sverige. Därmed behandlas endast UAS-fotogrammetri i kommersiellt syfte.

1.4 Metod

Följande metoder har använts för att samla in underlag till de olika delarna i denna rapport.

1.4.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie av UAS-fotogrammetri, andra mätmetoder samt relaterade studier har genomförts. Vidare har även lagstiftning relaterat till användandet undersökts inom litteraturstudien.

Fakta har inhämtats genom Chalmers biblioteks sökmotor *Summon*, i mätrelaterade läroböcker och skrifter samt i lagtexter och annan myndighetsinformation. Såväl webbaserade källor som tryckta källor har använts i rapporten.

Eftersom rapportens innehåll i stor grad har styrts av resultatet från de kvalitativa intervjuerna har litteraturstudien delvis skett löpande i takt med att intervjuarbetet har fortlöpt.

I de fall som det bedömts nödvändigt har fakta från litteraturstudien kompletterats med fakta från kortare intervjuer. Främst har detta skett när lagrelaterad information behövts kompletteras eller klargöras.

1.4.2 Intervjustudie

Enligt Kvale (1997) är den kvalitativa intervjun en mycket kraftfull metod när det gäller att samla in erfarenheter ur människors vardag eftersom de i den kvalitativa intervjun tillåts att med egna ord och ur sitt eget perspektiv förmedla sitt budskap. Eftersom rapportens syfte är att kartlägga användarnas erfarenheter av UAS-fotogrammetri har denna metod därför bedömts som lämplig.

I förberedelsen och utförandet av de kvalitativa intervjuerna har tillvägagångssättet beskrivet av Torst (2005) använts:

- Kunskap om ämnet har inhämtats genom litteraturstudie och samtal med personer med kännedom om området.
- Därefter har en intervjuguide sammanställs i form av en lista med olika frågeområden som använts som stöd under intervjuerna.
- Under intervjuerna har konkreta frågor ställts utifrån de olika frågeområdena men respondenterna har själva fått styra ordningsföljden i samtalet.

Flera av intervjuerna har med respondentens samtycke spelats in på diktafon för att i efterhand transkriberas och analyseras. Att spela in istället för att anteckna ger möjligheten att kunna lägga all sin uppmärksamhet på intervjun (Torst, 2005).

1.5 Disposition

Kapitel 1 består av bakgrund, syfte, avgränsning, metod och disposition.

Kapitel 2 utgörs av en översiktlig redogörelse av UAS-fotogrammetri samt andra mätmetoder inom anläggningsbranschen.

Kapitel 3 och 4 utgörs av en nulägesbeskrivning av lagstiftning och tillståndsprocesser, respektive en nulägesbeskrivning av UAS-användningen baserad på gjorda intervjuer med användare.

I kapitel 5 har information ifrån föregående delar sammanställts med huvudfokus att presentera underlag och slutsatser som kan ligga till grund för vidare studier samt bidra till fortsatt utveckling av tekniken

I kapitel 6-8 följer förteckning över litteratur, figurer och personlig kommunikation.

2 Bakgrund

Följande kapitel innehåller bakgrundsinformation om UAS-fotogrammetrin samt andra mätmetoder.

2.1 Relaterade studier

Användningen av UAS-fotogrammetri i anläggningssammanhang studeras i en artikel av Siebert och Teizer (2014). I artikeln utvecklar författarna en egen quadrokopter-baserad UAS som testas och utvärderas i anläggningssammanhang. UAS:en i artikeln används på ett testområde, en deponi, ett vägbygge samt ett järnvägsbygge. UAS-fotogrammetrisk mätdata jämförs sedan med mätningar gjorda med totalstation. Medelfelet i höjd uppmäts till -1,1 cm i testområdet samt 4,2 cm vid användning på vägbygget. I fallet med deponin tog insamling och bearbetning av UAS-fotogrammetrisk data en tredjedel så lång tid som motsvarande inmätning med totalstation och på järnvägsbygget används UAS-data framgångsrikt som underlaget i arbetet med masshantering och planering. Vidare pekas i artikeln på framtida användningsområden för UAS-genererade punktmoln, såsom automatisk identifiering av slänter och diken som utgör säkerhetsrisker. Dessutom menar författarna att framtida studier bör utvärdera användning i hårdare arbetsmiljöer än de som förkommit i deras tester.

I en rapport från Trafikverket studerar Mårtensson och Reshetyuk (2014) noggrannheten hos terrängmodeller som skapats med hjälp av UAS-fotogrammetri. I studien testas två olika kameror i en UAS från *SmartPlanes* och insamlad data bearbetas i fotogrammetriska programvaror från både *PIEngineering* och *Agisoft*. Författarna menar att UAS-fotogrammetri har utvecklats till att bli ett användbart verktyg för framställning av digitala terrängmodeller. I rapporten lyckas de ifrån flyghöjder av upp till 163 m nå en mätosäkerhet i höjd på 20 mm på plana ytor med hjälp av båda programvarorna. Dock blir terrängmodellen brusigare vid flygning över kuperad terräng med ökad mätosäkerhet i höjd som följd.

Att kvaliteten på UAS-fotogrammetrisk mätdata är beroende av en mängd olika faktorer förklaras i en artikel av Tadrowski (2014). Författaren menar att den största felkällan inom UAS-fotogrammetrin utgörs av slumpmässiga fel och att dessa uppkommer på grund av att de flesta UAS-system konstruerats utan att hänsyn har tagits till grundläggande fotogrammetriska principer. Eftersom felet är slumpmässiga finns ingen systematik i efterbehandlingen som reducerar dess inverkan vilket resulterar i felaktigheter och sämre mätosäkerhet hos slutdata. Några av de faktorer som påverkar är kamera och kameraparametrar, farkostens stabilitet samt georefereringens utförande. Dock menar Tadrowski att en mätosäkerhet på 25 mm eller bättre är fullt möjlig att uppnå med ett välkonstruerat UAS-system.

I ett examensarbete av Larsson och Jidling (2014) undersöks de lagliga aspekterna kring hanteringen av UAS-data genom att outsourcing av fotogrammetrisk och laserskannad data studeras. I deras arbete betyder outsourcing antingen att UAS-data skickas utomlands för bearbetning eller att UAS-data förflyttas till molntjänster. Författarna drar slutsatserna att det krävs granskning av Försvarsmakten både om UAS-data skickas utomlands för bearbetning såväl som om molntjänster används.

Bland de intervjuade konsulterföretagen förekom idag ingen outsourcing av UAS-data och därför hade de heller inte kunskap om företeelsen var laglig eller inte.

2.2 UAS-fotogrammetri

Ett fotogrammetriskt UAS-system kan sägas bestå av två delar, där den ena delen utgörs av en kamerautrustad UAS vars arbetsuppgift är att samla in bilder av markytan under flygning. Den andra delen utgörs av den fotogrammetriska mjukvara som använder de insamlade bilderna för generering av punktmoln och ortofoton.

Tekniken att kombinera en kamerautrustad UAS med den fotogrammetriska mjukvaran för att skapa draperade punktmoln och ortofoton av markytan kallas i den här rapporten för *UAS-fotogrammetri*.

Förutom den kamerautrustade UAS:en och den fotogrammetriska mjukvaran krävs även terrester mätutrustning (exempelvis GNSS-Rover eller totalstation) för inmätning av de stödpunkter som används för georeferering av punktmoln och ortofoton. Eftersom dessa som regel finns att tillgå på anläggningsprojekten räknas de inte in som delar i systemet i denna rapport.

2.2.1 Den kamerautrustade UAS:en

För att kunna utföra bildinsamling är UAS:erna utrustade med digitala stillbildskameror. Dessa är monterade så att de kan ta bilder av markytan under flygning.

Den obemannade luftfarkosten kan se ut på många olika sätt. Respondenterna i denna studie använder sig av batteridrivna UAS:er av flygplanstyp och multikoptertyp, med en maximal startvikt på 7 kg.



Figur 1. GatewingX100 (Alaquin, 2012). CC BY-SA 3.0.

UAS av flygplanstyp (Figur 1.) har generellt lång driftstid och är därför effektiva att använda när större områden ska fotograferas. Dock kräver dessa ibland en uppskjutningsanordning för start samt en större yta där landning kan ske (Siebert & Teizer, 2014).



Figur 2. UAS av multikoptertyp. (Robert Lynch, 2015). CC BY 2.0

UAS av multikoptertyp (Figur 2.) har generellt en kortare flygtid jämfört med flygplanstyp. De har däremot fördelen att de kan starta och landa på en liten yta. UAS av multikoptertyp finns i flera varianter bland annat quadrokopter (fyra rotorerna), hexakopter (sex rotorerna) och oktopter (åtta rotorerna) (Siebert & Teizer, 2014).

UAS:erna är utrustade med navigationssystem som möjliggör autonom flygning inom ett av användaren förprogrammerat område. Dock skall det vara möjligt att manuellt ta över kontrollen över UAS:en alternativt avbryta flygningen när exempelvis en annan flygfarkost närmar sig i lufrummet eller om annan fara upptäckts. (Transportstyrelsens förordning, TSFS 2009:88, kap. 3)

Ett flertal tillverkare, bland annat *Trimble*, *Leica* och *SmartPlanes* erbjuder kompletta system för UAS-fotogrammetri. Vissa respondenterna i studien använde sig av sådana lösningar medan andra har utvecklat egna system för UAS-fotogrammetri.

2.2.2 Den fotogrammetriska mjukvaran

Enligt en artikel av Mårtensson och Reshetyuk (2013) fungerar dessa mjukvaror likt svarta lådor i det avseende att användaren inte har någon insyn i hur programvarorna arbetar. I artikeln beskrivs dock hur följande moment sker inom mjukvaran:

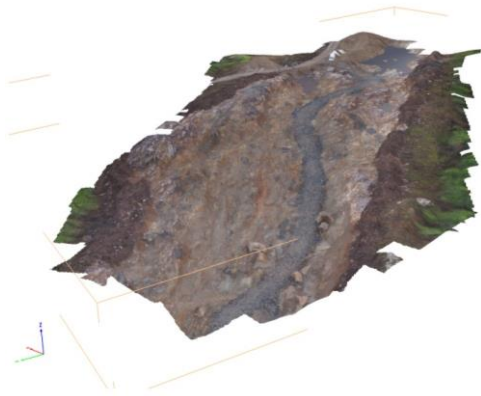
- Flygbilderna sorteras utefter den position de tagits på under flygningen.
- Objekt som är gemensamma mellan flera bilder (s.k. konnektionspunkter) identifieras.
- Konnektionspunkternas tredimensionella positioner kan sedan bestämmas med utgångspunkt ifrån kamerans position i varje bild.
- Konnektionspunkternas positioner används sedan för att skapa en tredimensionell modell.

2.2.3 UAS-fotogrammetrins slutprodukter

Slutprodukterna efter att bilderna från flygning behandlats i den fotogrammetriska mjukvaran är ett draperat punktmoln samt ett ortofoto som representerar det aktuella området.

I de flesta tillämpningarna är det draperade punktmolnet den intressanta slutprodukten (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

Draperade punktmoln benämns i vissa fall i rapporten enbart som punktmoln.



Figur 3. Draperat punktmoln (Lucchesi, 2014). Återgiven med tillstånd.



Figur 4. Ortofoto (Lucchesi, 2014). Återgiven med tillstånd.

2.2.4 UAS-fotogrammetrins utförande

Nedan följer en generaliserad beskrivning av arbetsgången. Informationen är inhämtad från respondenterna under genomförda intervjuer.

2.2.4.1 Programmering av flygrutt

Innan flygning programmeras UAS:en för aktuell flygrutt och flyghöjd. Detta kan ske grafiskt i en *Google Earth*-liknande miljö (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

2.2.4.2 Placering och inmätning av stödpunkter

Innan flygning utförs placeras ett antal stödpunkter ut inom området. Dessa mäts sedan in med terrester mätutrustning. Stödpunkterna används i senare steg av den fotogrammetriska programvaran för georeferering (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

Normalt sett behövs fem stycken stödpunkter: en i varje hörn samt en i mitten (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

2.2.4.3 Flygning (bildinsamling)

Under flygning tas bilder med övertäckning. Vanliga värden på övertäckning med UAS-fotogrammetri är 85 till 90 procent både i längdled och mellan flygstråken (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

2.2.4.4 Beräkning av punktmoln och ortofoto

Efter genomförd flygning överförs flygbilderna till den fotogrammetriska programvaran. Först identifieras stödpunkterna manuellt. Sedan beräknar programvaran punktmolnet och ortofotot (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

2.2.4.5 Efterbehandling av punktmolnet

För att konvertera punktmolnet till en höjdmodell kan det krävas att det exporteras till en annan programvara (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

Beroende på önskad slutprodukt krävs olika grader av efterbehandling. Träd, lyktstolpar och andra oönskade objekt kan behöva editeras bort samt åtgärder för att reducera datamängden kan behöva vidtas (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

2.2.4.6 Komplettering av UAS-data

På grund av att olika objekt, som exempelvis träd, skymmer sikten från ovan kan vissa områden behöva kompletteras med hjälp av terrester mätning för att skapa en heltäckande höjdmodell (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

Beroende på situation kan också terrester mätning behöva utföras på objekt som måste redovisas som linjer. Exempel på detta är asfaltskanter och kantsten (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

Det finns även möjlighet att komplettera modellen med fotogrammetrisk teknik under exempelvis broar och i tunnlar. Kameran placeras då på en stång och bilder av ytan tas från stånghöjd under tiden man rör sig genom området (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

2.3 Andra mätmetoder

Nedan följer beskrivning av ett antal mätmetoder som respondenterna i studien har angett att UAS-fotogrammetri kan vara ett komplement till eller i vissa fall ersätta. Dessutom beskrivs konventionell flygfotogrammetri.

2.3.1 Terrestra mätmetoder

Totalstation

En totalstation är ett mätinstrument för samtidig mätning av vinkel och längd. Totalstationen kan sägas vara uppbyggd av följande tre delar: en elektronisk vinkelmätare (elektronisk teodolit), en elektronisk längdmätare (EDM - Electronic Distance Meter) samt en enhet för beräkning och lagring av mätdata.

Vid mätning måste först totalstationens läge bestämmas genom så kallad stationsetablering som kan ske med olika metoder. Därefter kan detaljmätning (inmätning och utsättning) utföras mot en mätstång med prisma (Lantmäteriet m.fl. 2013).

GNSS-Rover

Detaljmätning kan även utföras med satellitteknik (GNSS - Global Navigation Satellite System). Det finns olika metoder för GNSS-mätning varav nätverks-RTK (Real Time Kinematic) är den vanligast förekommande. Där utnyttjas ett aktivt referensnät som minskar mätosäkerheten ned till centimeternivå.

Mätutrustningen kallas då för Rover och består av en mätstång med satellitmottagare, mottagare för referenssignal samt en fältdator för lagring och beräkning av mätdata (Lantmäteriet m.fl., 2013).

2.3.2 Flygburen laserskanning (FLS)

Vid flygburen laserskanning används bemannade flygplan eller helikoptrar. Dessa utrustas med laserskanner och system för att bestämma position på skanningsutrustningen under flygning.

När ett område skannas skickas korta ljuspulser ut mot markytan. Tiden det tar för ljuspulsen att reflekteras tillbaka till skanner registreras, och med hjälp av den kan avstånden till reflektionspunkten beräknas. I och med att skanningsutrustningens position är känd kan reflektionspunktens läge beräknas.

Om ljuspulsen träffar vegetation innan den når ned till ytan registrerar skannern först en eller flera reflektioner från vegetationen och slutligen ett från markytan.

Flygburen laserskanning används bland annat för att skapa höjdmodeller för användning bland annat i infrastrukturprojekt (Lantmäteriet m.fl., 2013).

2.3.3 Flygfotogrammetri

Vid konventionell flygfotogrammetri används bemannande flygplan. Vid flygfotogrammetrisk bildinsamling tas bilder på ett sådant sätt att alla områden av intresse fotograferas från olika kameralägen. Att samma område finns avbildat på fler än en bild betyder att bilderna har övertäckning. Två bilder med övertäckning kallas för ett bildpar och med hjälp av detta bildpar kan tredimensionella mätningar göras i det fotograferade området. Förutom övertäckning krävs även utplacering av stödpunkter innan flygning i området. Dessa skall sedan kunna avbildas tydligt i bilderna. Stödpunkternas koordinater mäts in och används sedan i bearbetningen av bilderna. (Wennström, 2015a).

Flygfotogrammetrin används för att ta fram underlag till kartframställning, ortofoton, samt för att skapa höjdmodeller (Lantmäteriet m.fl., 2013).

3 Nulägesbeskrivning av lagstiftning och tillståndsprocesser

Användandet av UAS-fotogrammetri innefattar moment såsom flygning med obemannade luftfarkoster, flygfotografering samt ofta spridning av dessa bilder och landskapsinformation. I följande kapitel följer en redogörelse för de den lagstiftning och de tillståndsprocesser som omger dessa moment.

3.1 UAS-flygning: Tillstånd och ansökan

Tillstånd krävs av Transportstyrelsen för all UAS-flygning som sker inom kommersiell verksamhet eller inom forsknings-, utprovning- och uppdragsverksamhet som ej är att betrakta som hobbyverksamhet. Dessutom krävs tillstånd av Transportstyrelsen för all UAS-flygning utanför pilotens synhåll oavsett syfte (Transportstyrelsen, u.å. a).

Tillstånd för UAS-flygning ges indelat i kategorierna 1A, 1B, 2 och 3. Tillståndet söks individuellt för varje UAS-pilot (Transportstyrelsen, u.å. a). De aktuella kategorierna för denna studie är kategori 1A och 1B. En maximal startvikt på 1,5 eller 7 kg är tillräckligt för att bära de digitala stillbildskameror som respondenternas UAS:er är utrustade med. De aktuella kategorierna definieras av Transportstyrelsen enligt följande:

”Kategori 1A

Obemannade luftfartyg med en maximal startvikt på mindre än eller lika med 1,5 kg som utvecklar en maximal kinetisk energi på högst 150 J samt flygs enbart inom synhåll för piloten.” (Transportstyrelsen, u.å. a)

”Kategori 1B

Obemannade luftfartyg med en maximal startvikt på mer än 1,5 kg men mindre än eller lika med 7 kg som utvecklar en maximal kinetisk energi på högst 1000 J samt som flygs enbart inom synhåll för piloten.” (Transportstyrelsen, u.å. a)

Kategori 2 och 3 avser luftfartyg med startvikt på mer 7 kg. Kategori 3 innefattar även flygning utom synhåll för piloten (TSFS 2009:88, kap. 1, 2 §).

För kategori 1A samt 1B krävs inte några prov, däremot skall det i samband med ansökan redovisas vad piloten har för någon slags erfarenhet av UAS. Kostnad för UAS-tillståndet är 3800 SEK och därefter 1000 SEK per år. Handläggningstiden av tillståndsansökan varierar i nuläget mellan ett par veckor upp till en månad (C. Wikström, personlig kommunikation, 12 maj 2015). Tillståndet utfärdas med en giltighetstid på två år, där en ansökan om förnyelse skall inkomma till Transportstyrelsen senast 30 dagar innan utgångsdatum för föregående tillstånd (TSFS 2009:88, kap. 2, 7 §).

För kategori 2 och uppåt ställs större krav på piloten, där både teoretiskt prov i luftrumsfrågor samt praktiskt prov ingår. Dessa prov handhas av Transportstyrelsen. (C. Wikström, personlig kommunikation, 12 maj 2015).

3.1.1 Försäkringskrav

För att bli beviljad UAS-tillstånd från Transportstyrelsen krävs försäkring som täcker skador på tredje man. Försäkringskravet regleras enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 785/2004 av den 21 april 2004 om försäkringskrav för lufttrafikföretag och luftfartygsoperatörer.

Försäkring erbjuds av bland annat bolaget *Inter-Hannover*, som är ett av få försäkringsbolag med en etablerad försäkring för UAS-användare i Skandinavien, andra försäkringsbolag i Sverige har tagit fram försäkringar för detta ändamål, då efter begäran och avsedda för enskilda användare.

3.2 Generella regler för UAS-flygning

Transportstyrelsen anger dessa generella regler för flygning med obemannade luftfartyg oavsett kategoritillhörighet och syfte:

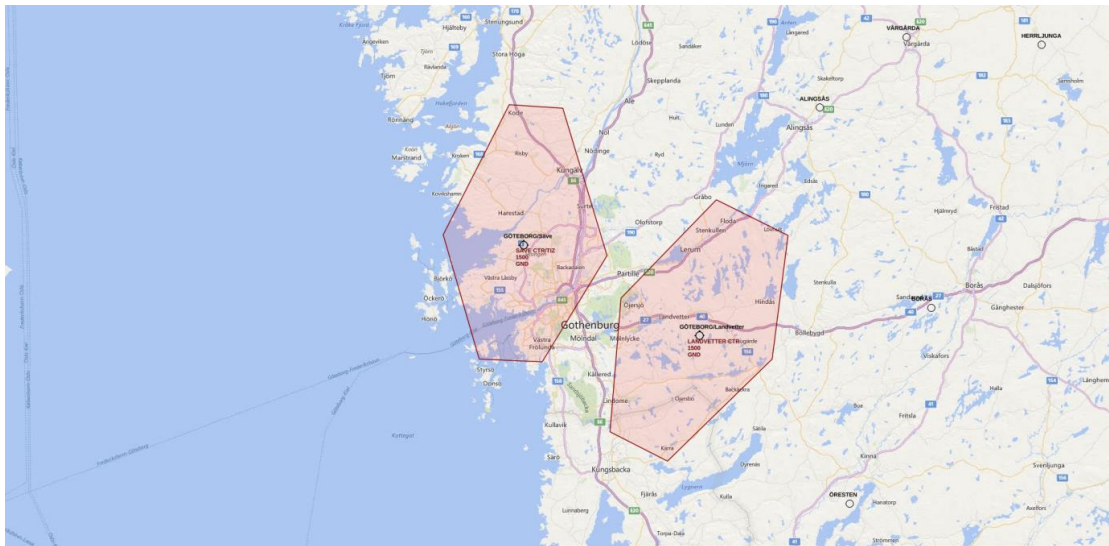
- ”Luftfartyget får inte manövreras på ett så vårdslöst eller hänsynslöst sätt att andras liv eller egendom utsätts för fara. Att till exempel flyga över folksamlingar kan vara att utsätta andras liv eller egendom för fara och ska därför undvikas.
- Luftfartyget måste alltid vara väl inom synhåll för föraren. Detta innebär att luftfartyget inte får vara längre bort eller högre upp än att dess position och färdriktning tydligt kan observeras av föraren själv, utan hjälp av kamera, kikare eller andra hjälpmedel. Den maximala avstånd rekommenderas inte överstiga 500 meter i sidled och är begränsad till 120 meter i höjddled om man inte har tillstånd från Transportstyrelsen. Det omgivande luftrummet ska övervakas visuellt för att föraren ska kunna avbryta en flygning i god tid om något annat luftfartyg närmar sig området.
- Flygning utom synhåll får tillsvidare endast ske efter tillstånd från Transportstyrelsen och inom avgränsat luftrum (restriktionsområde), som säkerställer separation till annan trafik. Detta gäller både i kontrollerat luftrum (kontrollzoner och terminalområden, samt luftrum över 2900 m) och i okontrollerat luftrum.
- Så kallad FPV-flygning, eller annan flygning där föraren endast ser det som filmas från luftfartyget [*sic*], är endast tillåten under förutsättning att flygning sker med dubbelkommando och att luftfartyget hålls inom synhåll med blotta ögat för föraren.
- Flygning inom synhåll i kontrollerat luftrum (exempelvis en kontrollzon vid en flygplats, när trafikledningen är öppen) kräver tillstånd från flygtrafikledningen.” (Transportstyrelsen, u.å. a)

(För mer om flygning i kontrollzon se kap. 3.3)

3.3 Flygning i kontrollzon

Många flygplatser i Sverige omges av s.k. C-luft bestående av kontrollzon (CTR) och terminalområde (TMA). Kontrollzonen sträcker sig från marknivå uppåt där sedan terminalområde tar över. För flygning i C-luft krävs tillstånd från flygtrafikledning (ATC) (Arbetsgruppen inom H50P-programmet, 2005; Luftfartsverket, 2011; Luftfartsverket 2014).

Då flygning av UAS inom studien oftast inte kommer upp i de höjder där terminalområde tar vid, så är det regleringen av flygning inom kontrollzon som oftast blir relevant. Begränsningarna av flygning av UAS inom kontrollzon innebär att det inte får finnas annan trafik i zonen, alternativt att en tillfällig (flygsport)sektor upprättas, separerad från annan trafik. Sektorns upprättande måste vara överenskommen och dokumenterad i förväg med utformning och villkor. Villkorat kan vara ” ... tider för användning och krav på telefonförbindelse för uppföljning eller åtgärder under pågående verksamhet. Trots upprättandet av en sektor så krävs flygtrafikledningens tillstånd för varje enskilt användande.” (Transportstyrelsen, u.å. b)



Figur 5. Luftfartsverkets karttjänst för att underlätta UAS-flygning (Luftfartsverket, 2015).

Figur 5 visar flygplatser och dess kontrollzoner (CTR och TIZ) runt Göteborg. Här framgår att det i stora områden krävs tillstånd från flygtrafikledning för flygning.

Observera att det kan förekomma andra begränsningar för luftfarten så som restriktionsområden, farliga områden och förbjudna områden. (Luftfartsverket, 2011)

3.4 Flygning i okontrollerat luftrum (G-luft)

Vid flygning i okontrollerat luftrum (G-luft) ligger ansvaret på samordning på befälhavaren, men för flygning i trafikinformationszon (TIZ) samt trafikinformationsområde (TIA) som omger vissa flygplatser som ligger i G-luft får bara flygning ske ” ... efter tillstånd av och på de villkor som lämnas från berörd flygtrafikledning för det aktuella luftrummet” (Transportstyrelsen, u.å. c).

3.5 Tillståndskrav för spridning av flygfoto

För spridning av landskapsinformation som flygfoto och liknande registreringar krävs tillstånd av Forsvarsmakten (SFS 1993:1742, 6 §; SFS 1993:1745, 9 §). Förhandstillstånd för själva flygfotograferingen krävs ej så länge inte höjd försvarsberedskap råder, eller om riksdagen beslutat om annat (SFS 1993:1742, 4 §).

Tillstånd för spridning av flygfoto prövas hos Försvarmakten efter att de granskat bilderna vid aktuell regional stab, detta måste då ske efter varje flygning. Tillstånd ges endast då spridning av sådan information ej kan antas leda till skada för Sveriges Totalförsvär (Försvarmakten, personlig kommunikation, 23 april 2015).

Detta innebär att bilder från flygning med UAS måste skickas för granskning till Försvarmakten om dessa avses spridas till tredje man, vilket då även gäller inom organisationen/företaget (Försvarmakten, personlig kommunikation, 23 april 2015).

Handläggningstiden för granskning av flygfoto hos Försvarmakten varierar mellan en dag till tre veckor beroende på bland annat arbetsbelastning. Framförallt under sommartid kan handläggningstiden gå mot den övre angivna tiden. (Försvarmakten, personlig kommunikation, 6 maj 2015).

All ansökan är kostnadsfri och görs hos de olika militärregionerna nord, mitt, väst och syd (Försvarmakten, personlig kommunikation, 23 april 2015).

3.5.1 Undantag från tillståndskrav

Ett undantag från kravet på tillstånd för spridning kan utfärdas enligt 11 § Förordningen (SFS 1993:1745) om skydd för landskapsinformation. I praktiken blir detta möjligt efter ett antal ansökningar av enskilda spridningstillstånd, då Försvarmakten har kunnat granska verksamhetens art och kunnat avgöra om risk för Sveriges Totalförsvär föreligger. (Försvarmakten, personlig kommunikation, 23 april 2015).

Detta undantag från tillståndskravet utfärdas på ett år i taget där avgränsning på geografiskt område och eventuella förbehåll avgörs genom en riskbedömning där även hänsyn tas till verksamhetens art (Försvarmakten, personlig kommunikation, 23 april 2015).

3.6 Tillståndskrav för spridning av landskapsinformation

Merparten av ansökningarna gällande spridning av data från UAS-fotogrammetri har endast behandlats hos försvarmakten. Men i och med att det skapas ett koordinatsatt punktmoln som dessutom draperas med ett flygfoto, hamnar detta i dagsläget juridiskt sett i lite av en gråzon då denna data innehåller både flygfoto samt annan landskapsinformation i form av punktmolnet.

I studien av lagstiftning samt intervju med Lantmäterier framkom att det utöver tillstånd för spridning av flygfoto från Försvarmakten, skulle kunna krävas tillstånd för spridning av landskapsinformation från Lantmäteriet. Det har uppkommit ett antal sådana här situationer vid ansökan uppger Lantmäteriet. Detta har lösts i samarbete med Försvarmakten på olika sätt beroende på det enskilda fallen (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 29 maj 2015).

Denna gråzon kan göra att sökanden har svårt att förstå vart denna ska vända sig med sin ansökan. Detta är enligt Lantmäteriet en konsekvens av en föråldrad lagstiftning

som ej tagit höjd för den teknikutveckling som skett efter att lagstiftningen antogs (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 29 maj 2015).

Tillståndet för spridning av en sammanställning av landskapsinformation söks hos Lantmäteriet, där ansökansblanketter finns att tillgå. Ansökan är kostnadsfri. Handläggningstid för spridningstillstånd tar enligt Lantmäteriet sällan mer än ca tre dagar, ofta behandlas de över dagen. Tidsåtgången för granskning av geografisk data är dock starkt beroende på hur väl en ansökan är formulerad och att rätt information är bifogad så att handläggare lätt kan urskilja det område ansökan avser och även att adress och kontaktuppgifter stämmer för eventuell komplettering och frågor från Lantmäteriet (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 22 april 2015; 30 april 2015; 29 maj 2015).

3.7 Tillståndskrav för inrättande av databas med landskapsinformation

Enligt nuvarande lag (SFS 1993:1742, 5 §) och förordning (SFS 1993:1745, 5 §) om skydd för landskapsinformation, krävs tillstånd för inrättande av databas med landskapsinformation.

Tillstånd för inrättande av databas söks hos Lantmäteriet och behandlas genom en riskbedömning avseende risken för Sveriges Totalförsvaret, där det i vissa fall rådgörs med Försvarsmakten. Tidsspannet samt det geografiska område för var tillståndet gäller beror på riskanalysens resultat och verksamhetens art. Det är en bedömningsfråga där varje fall behandlas individuellt. Då en ansökan gäller en datamängd som bedöms vara harmlös och att det därmed är osannolikt att denna skulle påverka eller utgöra ett hot mot Sveriges Totalförsvaret, kan ett tillstånd utfärdas med tillsvidare giltighet (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 30 april 2015).

Ansökningsblankett finns att tillgå, ansökan är kostnadsfri (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 30 april 2015).

Nytt lagförslag föreslår slopat krav på tillstånd (se kap. 3.8).

3.8 Lagförslag, skydd för geografisk information

Regeringen tillsatte 2012 en utredning med namnet *Utredning om skydd för geografisk information* (SOU 2013:51), detta för att se över lagen (SFS 1993:1742) och förordningen (SFS 1993:1745) om skydd för landskapsinformation. Utredningens avsikt är att ”... föreslå en modern och flexibel lagstiftning” (Försvarsdepartementet, 2013).

Utredningen föreslår en ersättning av den nuvarande regleringen i lagen och förordningen om skydd för landskapsinformation (Försvarsdepartementet, 2013). Utredningen tillsattes då bland annat teknikutvecklingen sprungit ifrån lagstiftningen och förväntas antas i årsskiftet 2015/2016 (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 22 april 2015).

Enligt utredningen kommer lagförslaget innebära en hel del förändringar där bland annat tillståndskravet för att inrätta databas med landskapsinformation slopas med

motiveringen att den tekniska utvecklingen i programvara, servrar, molntjänster etc. gjort att tillståndskravet för databas är näst intill omöjligt att kontrollera (SOU 2013:51).

Ansvar för spridningstillstånd av flygfoto (vid icke höjd beredskap) föreslås gå över från Försvarsmakten till Lantmäteriet. Spridning av flygfoto kommer då ingå tillsammans med spridning av landskapsinformation (data från terrester mätning etc.), under beteckningen spridning av *sammanställning av geografisk information*¹ (SOU 2013:51). Detta kommer, om lagförslaget antas, troligen att klargöra gråzonen relaterat till tillstånd för spridning av flygfoto/landskapsinformation (se kap. 3.6).

Lagförslaget är tänkt att fungera som ett paraply under vilket bland annat Lantmäteriet kan utfärda föreskrifter inom området, detta gör lagstiftningen flexiblere och kan därigenom följa teknikutvecklingen på området. Detta då en föreskrift tar förhållandevis kort tid att utfärda jämfört ett lagförslag (Lantmäteriet, personlig kommunikation, 30 april 2015).

3.9 Kameraövervakningslagen

Förvaltningsrätten i Malmö har avlagt en dom den 13e april, 2015, i ett mål (nr 1323-15) i frågan om krav på tillstånd från länsstyrelsen, då ett företag, med UAS vill fotografera och filma trädgårdsanläggningar i kommersiellt syfte. Förvaltningsrätten dömde att detta inte står under kameraövervakningslagen då kameran inte kan anses som varaktigt uppsatt, då den endast kan användas under en kort tid med hänsyn till batterikapacitet (Förvaltningsrätten i Malmö, 2015).

Domen kommer troligtvis att överklagas till kammarrätten och sedan till högsta förvaltningsdomstol i och med att det är en principiellt viktig fråga, detta för att få en prejudicerande dom säger Peter Blomsterberg på Länsstyrelsens rättsenhet till Värnamo Nyheter (2015).

¹ ”... en sammanställning av geografisk information: geografisk information i form av avbildning, beskrivning eller mätning.” (SOU 2013:51 s.27)

4 Nulägesbeskrivning baserad på kvalitativa intervjuer med UAS-användare

Sex stycken respondenter har intervjuats. Fem av respondenterna är anställda vid NCC, PEAB och Skanska. Tre av dem är mätchefer, en är mättekniker och en är entreprenadingenjör. Dessutom har en mätkonsult med egen firma som bland annat utför UAS-inmätningar intervjuats. Samtliga har erfarenhet av anläggningsbranschen.

Under de kvalitativa intervjuerna har följande områden inom rapportens avgränsning undersökts och sammanställts:

- Teknikens användningsområden.
- Teknikens styrkor och svagheter jämfört med andra mätmetoder.
- Kvalitetssäkring och mätosäkerhet.
- Begränsningar, hinder och problematik i användandet.

Från och med kapitel 4.4.4 har uppgifterna från respondenterna sammanställts och redovisats anonymt.

4.1 Respondenters UAS-teknik

De olika typerna av UAS som används av respondenterna inom studien har följande fördelning:

- 1 st. respondent: Flygplan (Transportstyrelsen kategori 1A och 1B)
- 3 st. respondent: Flygplan (Transportstyrelsen kategori 1A)
- 2 st. respondenter: Multikopter (Transportstyrelsen kategori 1B)

4.2 Teknikens användningsområden

Sammanfattningsvis har följande användningsområden för UAS-fotogrammetrin identifierats under intervjuerna:

- Kontroll och inmätning: av befintlig mark, deponier samt grus- och bergtäkter
- Projekteringsinmätning
- Produktionsuppföljning
- Inventering och inspektioner
- Framtagande av högupplösta ortofoton

Nedan följer en mer grundlig redogörelse av olika användningsområden för UAS-fotogrammetrin inom anläggningsbranschen. I vissa fall ges även exempel på vilken eller vilka mät- eller dokumentationsmetoder som UAS-fotogrammetrin ersätter eller kompletterar.

4.2.1 Höjdmodell för anbuds- och projekteringskedde

Vid totalentreprenad med Trafikverket som beställare så erhåller projektören en terrängmodell över området som skapats med hjälp av flygburen laserskanning (FLS).

En sådan skanning kan kosta beställaren ett antal hundratusen SEK. UAS-fotogrammetrin kan vara ett mindre kostsamt alternativ vid utförande av motsvarande mätarbete (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

Även vid arbete mot andra beställare än Trafikverket så kan man använda sig av UAS för att generera en höjdmodell som kan användas för anbuds-kalkylering (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

Istället för att enbart använda sig av en ritning så får man i och med bildinformationen även en bra visuell överblick över området, vilket gör det lätt att identifiera exempelvis tillfartsvägar, hinder och lämpliga platser för etablering. Detta kan leda till en säkrare kalkylering och möjligheten att lämna ett billigare anbud jämfört med om endast ritningsunderlag skulle använts. Med UAS-fotogrammetrin får man i och med bildinformationen också möjligheten att i efterhand kontrollera förekomsten av exempelvis stubbar och träd (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.2.2 Inledande dokumentation av arbetsplats

Innan arbetet startas kan UAS-flygningar av arbetsområdet genomföras för att dokumentera hur detta såg ut innan byggstart. Traditionellt sett dokumenteras detta genom att man åker genom arbetsområdet med bil och samtidigt videofilmar (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.2.3 Dokumentation av utfört arbete

Med hjälp av UAS-fotogrammetri kan man dokumentera utfört arbete på ett helt nytt sätt. Exempelvis om både schakt och färdig yta mäts in med UAS-fotogrammetri kan alla bilder för varje enskilt moment från hela arbetsområdet läggas samman vilket skapar dokumentation utöver det vanliga. Dock har man på beställarsidan inte kommit så långt att man accepterar att data presenteras på ett sådant sätt. Detta eftersom att tekniken är såpass ny (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

4.2.4 Masshantering

Ytmodeller som skapats med UAS-fotogrammetri kan användas för volymberäkning av materialhögar. Dessa höjdmodeller har tidigare skapats med terrester mätning (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

4.2.5 Berginmätning

Vid inmätning av berg är det vanligt att det kan vara svårt att få tillfälle att utföra terrester mätning på grund av sprängningsrelaterade arbeten. Terrängen på berget kan också vara besvärlig och innebära arbetsmiljörisker för mätteknikerna. Med UAS-fotogrammetri kan detta arbete utföras både säkrare och snabbare (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.2.6 Volymberäkning av grustäkter, bergtäkter och deponier

Med UAS-fotogrammetri kan en höjdmodell skapas som representerar täktens eller deponins ytor. Vid terrester mätning mäts exempelvis ett tusental punkter in. Dessa

används sedan används att skapa en höjdmodell som används för volymeräkning. UAS-data från motsvarande område kan innehålla mellan 1-5 miljoner punkter. Varje enskild punkt blir på grund av tekniken mindre noggrann än med terrestra mätmetoder, men detta vägs upp av den högre upplösningen och ger totalt sett ett noggrannare värde, sett till hela täkten (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

Dessutom slipper man med UAS-inmätning arbetsmiljörisker kopplade till att arbeta på materialhögar med rasrisk (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

4.2.7 Kartering

Ortofoton som skapas med UAS-fotogrammetri kan användas för att utföra kartering (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

4.2.8 Visualisering av framdriften på ett projekt

UAS-inmätningar med jämna intervall på en arbetsplats kan användas för att visa framdriften i ett projekt. I ortofotot kan linjer som visar exempelvis färdig vägs sträckning läggas in, och genom att jämföra ortofoton från olika tillfällen kan man se hur arbetet löpt framåt. Dessa regelbundna inmätningar skulle även kunna användas som bevismaterial i det fall meningsskiljaktigheter uppkommer med beställaren då dessa ortofoton innehåller mycket mer information än traditionella bilder tagna med kamera från marknivå (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.2.9 Ortofoto av arbetsplatsen

Ett ortofoto över arbetsplatsen har många användningsområden. Entreprenören kan använda den för egen del för att orientera och förklara för personal var de ska vara, hur det ser ut och vad de ska göra (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.2.10 Ortofoto som komplement till ritningsunderlag

Ortofotot kan läggas in som bakgrund till ritning. Detta kan vara mycket användbart vid grävarbeten då bildinformationen gör det enkelt att lokalisera vart grävning skall ske (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

4.2.11 Tillgång till aktuella ortofoton

Ofta används ortofoton eller satellitbilder från exempelvis *Google Earth* som arbetsunderlag i olika sammanhang. Dessa bilder uppdateras dock relativt sällan och kan ofta vara flera år gamla. UAS-tekniken erbjuder möjlighet att själv skapa helt uppdaterat underlag (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.3 Teknikens fördelar

Med teknikens fördelar avses UAS-fotogrammetris fördelar och styrkor jämfört med andra mätmetoder som används i anläggningsbranschen. Nedan följer en sammanställning av dessa.

4.3.1 Arbetsmiljövinster

När det gäller de mjuka parametrarna är säkerhetsvinster för personalen en mycket viktig aspekt (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015).

Nedan följer två exempel på situationer där respondenterna uppger att användandet av UAS-fotogrammetri istället för terrester mätning skapar en säkrare arbetsmiljö för mätteknikerna. I fallet med farliga trafiksituationer ges även i vissa fall en direkt kostnadsbesparing i form av att man slipper använda sig av TMA-bilar (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015).

4.3.1.1 Svår/farlig terräng

Berg kan vara livsfarligt att mäta in med hjälp av terrester mätning (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015). Med hjälp av UAS kan områden med besvärlig och farlig terräng, exempelvis berginmätning och eller inmätning i områden med rasrisk kan göras utan att man utsätter mättekniker för fara (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015; U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

4.3.1.2 Farliga trafiksituationer

En av de farligaste arbetsmiljöerna uppkommer vid terrester mätning i befintlig trafik (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015). Med UAS-flygningar kan tungt trafikerade vägar och trafikplatser mätas in säkert. Dessutom utan behov av TMA-bilar eller andra avspärningar (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015; U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

4.3.2 Tidsvinster

Generellt menar en av respondenterna att när man ska skapa en ytmodell så kan en UAS på en minut samla in motsvarande data som det kan ta en mättekniker en timme eller en dag att mäta in med terrester mätning. Vidare menar samma respondent att de cirka 200 000 SEK som investeringen i ett UAS-system innebär är lätta att tjäna igen på en arbetsplats av lite större storlek eftersom tidsvinsten kan vara stor i många fall. Är arbetsplatsen istället lite mindre föreslår han att man delar UAS med en annan mindre arbetsplats (A. Busck, personlig kommunikation, 18 mars 2015).

4.3.2.1 Exempel på tidsvinst eller tidsåtgång i olika situationer

Huvudsyftet med denna studie har inte varit att kartlägga specifika tidsvinster. I samband med intervjuerna har det ändå framkommit en del intressanta exempel på situationer där användningen av UAS-fotogrammetri givit upphov till tidsvinster jämfört med terrester mätning. Dessa finns beskrivna nedan. Det sista exemplet innehåller dock ingen jämförelse, men ger ändå en bra bild av hur lång tid det tar att mäta in en längre vägsträcka med en UAS.

Exempel 1: Inmätning av deponi

På en deponi användes en UAS av flygplanstyp för inmätning. Föregående inmätning med terrestra mätmetoder hade tagit fyra arbetsveckor i anspråk. Motsvarande tid för bildinsamling med UAS var 45 minuter. Dock tillkom tid för inmätning av

stödpunkter samt tid för efterbearbetning (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

Exempel 2: Berginmätning

En av respondenterna har genomfört en jämförelse vid inmätning av ca 50 000 m² berg. Vid inmätning med GNSS-Rover tog arbetet tre hela arbetsdagar i anspråk för en ensam mättekniker. Med UAS av mulikoptertyp tog samma område totalt en halv dag att mäta in. Denna tid inkluderar alla tillkommande arbetsmoment såsom programmering av flygrutt, lastning och transport av UAS och material, utplacering och inmätning av stödpunkter samt efterarbete i datorn (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

Exempel 3: Inmätning av motorvägssträcka

Med UAS av flygplanstyp kan en 1,5 km lång motorvägssträcka mätas in på 20 minuter (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015).

4.3.3 Bildinformation

U. Nilsson (personlig kommunikation, 2 mars 2015) menar att UAS-fotogrammetrin jämfört med traditionella mätmetoder tillför mätdata nya egenskaper, nämligen att varje mätpunkt är kopplad till en bildpixel. Man får en tredimensionell modell som är draperad med ett foto. Detta gör modellen lätt att förstå och orientera sig i eftersom modellen i och med bildinformationen blir väldigt realistiskt.

Även B. Sandén (personlig kommunikation, 18 maj 2015) menar att foto av området som man får på köpet är väldigt bra att ha som information.

Vidare menar A. Busck (personlig kommunikation, 18 mars 2015) att UAS-data (i och med bildinformationen) erbjuder en högre standard i vad man kan leverera uppföljningsmässigt och visuellt. UAS-genererade modeller är något helt annat än traditionella ritningar, relationshandlingar och modellfiler och visar på ett mer direkt sätt hur området ser ut.

4.4 Teknikens nackdelar

Med teknikens nackdelar avses UAS-fotogrammetrins nackdelar och svagheter jämfört med andra mätmetoder som används i anläggningsbranschen. Nedan följer en sammanställning av dessa.

4.4.1 Avsaknad av namngivning av mätpunkter

Vid terrester mätning namnger man vanligtvis sina mätpunkter och linjer för att man ska kunna strukturera mätdata. Vid UAS-inmätning sker detta inte. Punkter av intresse får istället identifieras grafiskt i punktmolnet eller höjdmodellen (R. Lucchesi, personlig kommunikation, 4 februari 2015).

4.4.2 Avsaknad av linjer i mätdata

I många fall är det intressant att redovisa vissa typer av data som linjer. Exempel på detta kan vara asfaltskanter och kantsten. Ingen redovisning av linjer sker vid

användandet av UAS-fotogrammetri. Behöver man detta i sin ytmodell får kompletterande terrestra mätningar utföras (U. Nilsson, personlig kommunikation, 2 mars 2015).

4.4.3 Svårigheter att mäta marknivå

Vid terrester mätning är det markytans höjd som man mäter in när man skapar en höjdmodell över ett område. Även tekniken med flygburen laserskanning ger större möjlighet att mäta höjd på markytan under vegetationen. Eftersom UAS-fotogrammetrin utnyttjar insamlade bilder för att skapa punktmolnet så finns ingen möjlighet för programvaran att kunna återskapa höjd och position så sådant som inte syns, exempelvis markytan under vegetationen. Detta medför att det man ser på fotot är det man får som punktmoln (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

För att återskapa markytans höjd kan man, om till exempel marken är täckt av gräs eller snö, göra mätningar i fält av tjockleken hos det täckande skikten. Därefter kan höjdmodellen sänkas utefter mätresultaten (C. Voelkerling, personlig kommunikation, 13 mars 2015).

En av respondenterna uppger att hans programvara automatiskt kategoriserar olika ytor som till exempel gräs. Därefter kan höjden räknas ned på dessa ytor för att skapa en markmodell (B. Sandén, personlig kommunikation, 18 maj 2015).

4.4.4 Tidsåtgång för efterbehandling

Nästan all användning av UAS-fotogrammetri kräver någon form av efterbehandling av punktmolnet för att det ska kunna få praktisk användning (Anonym, 2015).

Jämfört med terrester mätning kräver UAS-fotogrammetrin att mer tid läggs på efterbehandling av data. Arbetsmängden kan likas vid den vid efterbehandling av skannad data. Det är dock helt beroende på situation hur mycket tid som krävs (Anonym, 2015).

På grund av den efterbehandling som krävs är det därför inte alltid motiverat att använda sig av UAS-fotogrammetri istället för terrester mätning. Detta gäller då särskilt då mindre områden skall mätas in. Förhoppningar finns att framtida mjukvaror ska innehålla nya funktioner som minskar tiden för efterbehandling (Anonym, 2015).

4.5 Kvalitetssäkring, mätosäkerhet och felkällor

Under följande rubrik behandlas områdena kvalitetssäkring, mätosäkerhet samt felkällor.

4.5.1 Kvalitetssäkring

Många av respondenterna anser att det är mycket viktigt att kunna lämna ett värde på mätosäkerheten på UAS-data. Detta eftersom det enligt en av respondenterna är mätosäkerheten som styr vad mätdata kan användas till (Anonym, 2015).

Samma respondent anser att den enda möjligheten till kvalitetskontroll vid UAS-inmätning är att verifiera UAS-data med hjälp av terrester mätning (Anonym, 2015).

En annan respondent menar att det vid traditionell mätning finns en rad parametrar som man är van att följa upp. Till exempel så loggas ett värde på mätosäkerheten tillsammans med varje punkt som mäts in med GNSS-utrustning. Liknande system finns inte för UAS-mätning. Detta gör en traditionell mätning betydligt säkrare ur ett kvalitetssäkringsperspektiv, men med andra kontroller kan man få en liknande produkt från UAS-inmätning. Dessa kontroller kan utgöras av kontrollpunkter samt manuell inmätning av olika sektioner i området för flygningen som kan jämföras mot ytmodellen (Anonym, 2015).

4.5.2 Mätosäkerhet

Två av respondenterna menar att mätosäkerheten hos de punktmoln som skapas med UAS-fotogrammetrin motsvarar den hos RTK-GNSS mätningar. Bland övriga respondenter finns de som arbetar för att uppnå stabila värden på mätosäkerheten samt de som i dagsläget inte kan uttala sig om mätosäkerheten eftersom de ännu inte har kommit så långt i arbetet med tekniken.

Vid bedömning av mätosäkerheten menar två av respondenterna att man inte kan titta på mätosäkerheten i enskilda punkter (Anonym, 2015; Anonym, 2015). En av dessa säger att det är vanlig är att mindre ytor kan avvika 10-15 cm i höjd. Vid volymbereäkningar har detta dock liten betydelse eftersom avvikelserna uppträder positivt såväl som negativt. Således tar de ut varandra volymmässigt sett över ett större område. Sammanfattningsvis blir därför inte alltid varje enskild punkt noggrann, även om ytmodellen som helhet kan vara det (Anonym, 2015).

Den andre respondenten har kontrollmätt ytor som mätts in med UAS-fotogrammetri med GNSS-teknik. I likhet med föregående respondent kunde han då se stora avvikelser i enskilda punkter, men totalt sett var medelfelet under 1 cm.

En annan användare har gjort liknande observationer och menar att man vid kontroll av mätosäkerheten kan få helt skilda värden med bara några meters avstånd mellan kontrollpunkterna (Anonym, 2015).

4.5.3 Felkällor

Nedan följer exempel på områden där vissa respondenter uppger att UAS-fotogrammetrin kan ha problem att generera korrekta mätvärden.

4.5.3.1 Ytor med låg kontrast

Mätning på ytor som har låg kontrast såsom nylagd eller blöt asfalt resulterar ofta i felaktiga mätvärden (Anonym, 2015; Anonym, 2015)

4.5.3.2 Reflektioner i vattenytor

Reflektioner i vattenytor skapar svårigheter för den fotogrammetriska programvaran att tolka bildinformationen. Detta resulterar i att vattenytan kan få felaktig höjd i punktmolnet (Anonym, 2015).

4.5.3.3 Snabba förändringar i terrängens höjd

Om terrängens höjd ändras kraftigt på en kort sträcka kan den fotogrammetriska programvaran få svårigheter att tolka bildinformationen korrekt. Dessa fel kan inträffa exempelvis där en vägbro går över en djupare dal eller där ett hus sticker upp ur ett annars slätt fält. Problemen kan dock hanteras med ökad flygsignalering eller övertäckning beroende på förutsättningarna (Anonym, 2015).

4.5.4 Flertalet faktorer påverkar slutresultatet

En av respondenterna berättar att för att uppnå ett bra slutresultat i användandet av UAS-fotogrammetri krävs att flygning sker på lämplig höjd, med väl vald övertäckning samt korrekt utförd flygsignalering. Detta kräver erfarenhetsmässiga anpassningar av utförandet i områden där den fotogrammetriska mjukvaran kan ha svårt att skapa korrekta punktmoln (Anonym, 2015).

En annan respondent menar att såväl kvalitén på flygsignaleringen och fotografierna samt hur bildbehandlingen sker påverkar resultatet. I nuläget kan han dock inte svara på hur UAS-fotogrammetrin skall utföras för bästa resultat (Anonym, 2015).

En tredje respondent menar att inte ens de som tillverkar UAS:erna eller programvaran kan svara på hur utförandet skall göras på bästa sätt och man därför inte kan säga något generellt om vad som är optimalt utförande. På grund av att bildinformation används som indata till mätningarna påverkas resultatets kvalitet av såväl väderförutsättningar, aktuella ljusförhållanden som flyghöjd och hastighet. I vissa fall kan 200 m vara en bra flyghöjd och i andra fall kan 100m vara bättre (Anonym, 2015).

Det finns även respondenter som efterlyser någon slags guide eller riktlinjer, både för hur inställningarna för flygning och bildinsamling skall göras såväl som för hur efterbehandlingsparametrar i den fotogrammetriska programvaran skall ställas in för att ge bra mätresultat i olika situationer (Anonym, 2015).

4.6 Hinder och begränsningar i användandet

Med hinder och begränsningar avses områden som användarna menar hindrar eller begränsar möjligheterna att använda UAS-fotogrammetrin inom anläggningsprojekt.

4.6.1 Flygning med UAS

Respondenter uppger att lagstiftningen relaterad till det praktiska användandet av UAS-fotogrammetri är otydlig och svåröversiktlig. En respondent uppger att det saknas en sammanställning av lagar och byråkrati, vilket bidrar till att få i branschen riktigt vet vad som gäller (Anonym, 2015).

4.6.1.1 Samordning av flygning i okontrollerat luftrum

Det upplevs som ett problem av användare att det under flygning i okontrollerat luftrum plötsligt kan dyka upp till exempel en bemannad helikopter som inspekterar ledningsnät och därmed flyger ca 5 m över ledningarna. Det är mycket svårt att upptäcka dessa i god tid på grund av den låga flyghöjden (Anonym, 2015; Anonym, 2015).

Vidare finns det ingen lätt tillgänglig samordning av flygning i okontrollerat luftrum, utan samordning hänger på befälhavaren själv. Önsknings finns från flera respondenter att det skulle finnas någon applikation eller portal där redovisning för vart och när planerade flygningar i okontrollerat luftrum kommer ske (Anonym, 2015; Anonym, 2015).

4.6.1.2 Tillståndsgivning för flygning inom kontrollzon

Vad gäller flygning i kontrollzoner som omgärdar flygplatser framkommer det i intervju att detta är ett mycket stort hinder för användning av UAS då tillstånd till flygning ofta är tidsdröjande att bli beviljad. Då stora delar av Sveriges större städer är täckta i någon mån av kontrollzoner så innebär detta ett stort hinder för utnyttjandet av tekniken då en hel del arbeten ligger inom dessa zoner (Anonym, 2015).

En respondent har fått uppfattningen att tillstånd att flyga inom kontrollzon ges godtyckligt. Svar på frågan om flygning har dröjt upp till tre veckor och det har därefter meddelats att flygning kan ske med endast några timmars varsel. Detta gör det mycket svårt om inte omöjligt att planera för vissa mätningar med UAS (Anonym, 2015).

Respondenten tycker att tekniken sprungit om lagar och tillståndsprocesser i utveckling. Ett ytterligare problem är tiden som beviljas i kontrollzoner, en respondent uppger att det kan handla om ett tillstånd på fem minuter, medan flygningen ofta kräver 45 minuter (Anonym, 2015).

Dessutom uppger en respondent uppger att denna bevittnat ett betydande antal UAS-användningar inom kontrollzon där denna ställer sig tveksam till att tillstånd finnes. Denna respondent har reagerat på att det finns en lagstiftning som inte verkar följas (Anonym, 2015).

4.6.1.3 Ökat UAS-användande i samhället

Respondenter förväntar en mycket hög tillväxt av UAS-användning, både kommersiellt och hobbyverksamhet. Flera av respondenterna uttrycker en viss oro att ökningen ska orsaka problem för deras verksamhet med UAS, de framhäver olycksrisker och personlig integritet, men lyfter även fall som i Bromma då UAS-användare vid ett antal tillfällen orsakat stop i flygtrafiken (Anonym, 2015; Anonym, 2015).

4.6.2 Spridningstillstånd och insamlande av flygfoto och landskapsinformation.

Kring tillståndsgivningen för spridning av flygfoto upplevs svårigheter relaterade till handläggningstiden. Dessutom uttrycker respondenter viss oro inför hur kommande

lagändringar och prejudicerande domslut kan komma att påverka deras verksamhet i framtiden.

4.6.2.1 Handläggningstider för spridningstillstånd

Granskningen av flygfoton som krävs för spridning till tredje man och som genomförs av Försvarmakten, kan ha en handläggningstid på upp till två veckor uppger en respondent. Detta bekräftas av handläggare på Försvarmakten (personlig kommunikation, 23 april 2015), som uppger att ambitionen är att behandla ärenden under dagen men då arbetsbörda etc. ibland kan orsaka upp till tre veckors handläggningstid. Respondenten i fråga uppger dock att Försvarmakten går att resonera med och nämner möjligheten till undantag från granskningskravet som kan beviljas från Försvarmakten som något positivt (Anonym, 2015).

4.6.2.2 Kommande lagändringar skapar oro

I samband med det lagförslag som förväntas antas i årsskiftet (se kap. 3.8), vilket överför ansvaret för granskning av flygfoto till Lantmäteriet, finns det en viss oro från en respondent. Detta då det finns en osäkerhet i om Lantmäteriet kommer vara mer restriktiva angående spridning av flygfoto, hur föreskrifter inom området kommer utformas samt hur det undantag från tillståndskravet för spridning av flygfoto som i nuläget kan utfärdas av Försvarmakten kommer behandlas i Lantmäteriets regi (Anonym, 2015).

4.6.2.3 Tillämpning av kameraövervakningslagen

Flera av respondenterna uppger att de följer det fall där ett företag har överklagat Länsstyrelsens beslut angående att kameraövervakningstillstånd krävs då detta företag skall utföra filmning med UAS i kommersiellt syfte (se kap. 3.9) (Anonym, 2015; Anonym, 2015). En respondent uppger att då detta förväntas bidra till en prejudicerande dom, finns det en viss oro för hur detta kan komma att påverka deras verksamhet med UAS (Anonym, 2015).

4.6.3 Väderlek

Eftersom UAS-fotogrammetrin utnyttjar bilder krävs att dessa blir bra för att den fotogrammetriska mjukvaran ska kunna generera ett bra slutresultat. Därför begränsas användandet av rådande väderlek.

Speciellt på den kallare delen av året begränsas användandet eftersom väderleken då generellt sett bjuder på större mängder nederbörd och vind som kan göra det omöjligt att genomföra en flygning (Anonym, 2015).

En av respondenterna uppger att en mer tillförlitlig vädertjänst hade kunna ge bättre möjligheter att planera UAS-flygningar (Anonym, 2015).

4.6.3.1 Nederbörd

En av respondenterna som använder sig av UAS av flygplanstyp menar att den största begränsningen vid användandet är att man inte kan flyga i all väderlek. För att få bra och användbara bilder krävs god sikt. Därför kan pågående regn- och snöfall medföra

att bilder blir av för dålig kvalitet för att de ska kunna användas. Ett visst mått av nederbörd kan dock fungera utan att resultatet påverkas. Andra typer av väderlek som kan påverka siktförhållandena negativt är dimma. Optimalt resultat uppnår man vid klar sikt och uppehåll (Anonym, 2015). En annan respondent stödjer detta påstående och uppger samtidigt att mulet väder inte är en nackdel eftersom detta ger mindre skuggor. (Anonym, 2015)

4.6.3.2 Vindförhållanden

Förutom nederbörd och dimma är vindförhållandena avgörande för om man ska kunna använda UAS av flygplanstyp med framgång. Gränsen för när det börjar bli omöjligt att flyga är när det blåser runt 10-15 m/s. Eftersom man vill undvika sidovind flyger man alltid i vindriktningen. Vid kraftig vind medför det att UAS:en i det närmaste står still vid flygning i motvind och när den sedan vänder och flyger i medvind går det istället väldigt snabbt. Därmed blir det ingen balans i fotograferingen och resultatet blir inte bra (Anonym, 2015).

4.6.3.3 Kyla

Vid extremt kall väderlek påverkas batterikapaciteten negativt vilket medför kortare flygtid (Anonym, 2015).

4.6.3.4 Snötäckt markyta

Eftersom UAS-fotogrammetrin utnyttjar insamlade bilder för att skapa punktmolnet medför det att det man ser på fotot är det man får som punktmoln (Anonym, 2015). Är området snötäckt får man därför höjden på snön återgivet i punktmolnet. Beroende på vad man ska ha insamlad data till så finns det metoder att hantera detta (Anonym, 2015).

Två av respondenterna menar att man precis som med grästäckta ytor kan mäta tjockleken på snötäcket och sedan sänka de snötäckta partierna med motsvarande höjd för att få höjden på marknivå (Anonym, 2015; Anonym, 2015)

4.6.4 Hantering och bearbetning av UAS-data

Efter flygning måste som regel insamlad data bearbetas samt hanteras både inom organisationen såväl som i kontakt med externa beställare/kunder.

4.6.4.1 Hantering och lagring av UAS-data

Samtliga respondenter uppger att en av svårigheterna med UAS-fotogrammetrin är att hantera den stora mängd data som genereras.

Först genereras ursprungsdata i form av bilderna från flygning. Från dessa genereras sedan punktmoln och ortofoto. Sedan förädlas punktmolnet till andra typer av modeller och i och med varje ny modell ökar därför storleken på det totala datasetet. Den totala mängden data efter varje flygning blir därför väldigt stor, 3-5 gigabyte om det är en större flygning (Anonym, 2015).

Att använda sig av mail för att dela vidare punktmoln och ortofoto är omöjligt på grund av filstorleken (Anonym, 2015). Ett typiskt obearbetat punktmoln tar ett antal gigabyte lagringsutrymme i anspråk (Anonym, 2015). En av respondenterna kan skicka filer på 2-3 gigabyte inom organisationen med hjälp av interna serverlösningar (Anonym, 2015). Vid större filer än så eller om materialet skall överlämnas till extern beställare måste detta ofta ske via fysiskt lagringsmedia (exempelvis hårddisk eller USB-sticka) eller via molnlagringstjänster (Anonym, 2015; Anonym, 2015).

En utav respondenterna som har så kallad självgranskningsrätt² från Försvarsmakten uppger att detta medför extra krav på stort lagringsutrymme eftersom allt data från flygningarna måste registerhållas. Därmed kan inte bilder/data kastas efter en viss tid utan allt måste lagras i och med självgranskningsrätten, vilket kräver stort lagringsutrymme (Anonym, 2015).

4.6.4.2 Krav på datorhårdvara

En av respondenterna uppger att det på grund av filstorlekar på flera gigabyte och på grund av att dessa filer innehåller miljontals mätpunkter krävs kraftfulla datorer för att kunna arbeta med filerna. De datorer som i allmänhet finns ute på arbetsplatserna klarar inte detta på ett tillfredställande sätt, vilket skapar stora problem om man ska dela obearbetad mätdata vidare till andra inom organisationen eller till extern beställare som inte har tillgång till kraftfull datorhårdvara (Anonym, 2015).

4.6.4.3 Svårigheter att använda befintliga mjukvaror

Några av respondenterna uppger att det märks tydligt att befintliga mjukvaror inte är anpassade för att hantera den data som skapas med hjälp av UAS-fotogrammetri (Anonym, 2015; Anonym, 2015). En av dessa anger detta som en av de för tillfället största begränsningarna i användandet av tekniken (Anonym, 2015).

I programvaran *SBG Geo* går det att granska punktmolnet med hjälp av punktmolnsmodulen. Men ska punktmolnet bearbetas måste det konverteras till Geo-format vilket i detta fall innebär att man måste gå från ett draperat och väl detaljerat punktmoln till en enkel ytmodell. Alltså går mycket av informationen som man vinner med UAS-fotogrammetrin förlorad om bearbetning krävs i *SBG Geo* (Anonym, 2015).

Även i *Autodesk AutoCad* märks det av att programvaran inte är anpassad att hantera den stora datamängden. Trots kraftfull hårdvara går det tungt att arbeta med filerna (Anonym, 2015).

Samma respondent uppger dock att de programvaror som följt med deras UAS inte uppvisar liknande problem med att hantera de stora datafilerna (Anonym, 2015).

² Avser det undantag från kravet på tillstånd för spridning som i detta fall försvaret kan utfärda.

5 Slutsatser

I följande kapitel presenteras författarnas slutsatser från studien. Slutsatserna är kopplade till de olika ämnesområden som undersökts inom studien.

5.1 Teknikens användningsområden

Genom intervjuer med användare har många tillämpningar för UAS-fotogrammetrin inom anläggningsbranschen identifierats. Intressant är att UAS-fotogrammetrin beroende på arbetsuppgift kan användas istället för eller som ett komplement till en tämligen lång rad olika mät- och dokumentationsmetoder samt karttjänster. De exempel som nämns är mätning med GNSS-Rover, totalstation och flygburen laserskanning (FLS), dokumentation med stillbilds- och videokamera samt material från exempelvis *Google Earth*. Detta visar på en stor mångsidighet hos UAS-fotogrammetrin som beror på att mätdata från UAS både består av en tredimensionell modell såväl som av bildinformation av området.

5.2 Teknikens fördelar

Med teknikens fördelar avses UAS-fotogrammetrins fördelar jämfört med andra mätmetoder som används i anläggningsbranschen.

5.2.1 Arbetsmiljövinster

Den fördel som respondenterna främst trycker på är de arbetsmiljövinster för personalen som användandet av UAS-fotogrammetri kan medföra. Inom anläggningsbranschen finns en del arbetsuppgifter som kan vara potentiellt livsfarliga för mättekniker. Inmätning i befintlig trafik samt inmätning i farlig terräng såsom på berg eller i områden med rasrisk är exempel på situationer som kan innebära fara för personalen vid användandet av terrestra mätmetoder. Kan istället UAS-fotogrammetrin användas i sådana situationer kan inmätningen ske utan att personalen exponeras för fara. Därmed kan UAS-fotogrammetrin förutom att vara ett mätverktyg även vara ett hjälpmedel för att skapa en säkrare och tryggare arbetsmiljö för mättekniker.

5.2.2 Tidsvinst

Förutom arbetsmiljövinsterna anges tidsvinsterna som en av de främsta fördelarna med UAS-fotogrammetrin jämfört med terrestra mätmetoder. Själva tidsvinsten ligger då i inmätningsskedet. Baserat på de exempel som ges i resultatdelen framgår det att tidsvinsten på större bergsområden eller deponier kan vara betydande. Hänsyn måste dock tas till den tid för efterbehandling som krävs av data från flygningarna för att den skall få praktisk användbarhet (se kap. 5.3.2). Då tidsåtgången för efterbehandling enligt vissa respondenter gör att det inte alltid är motiverat att använda sig av UAS istället för terrestra mätmetoder.

5.2.3 Bildinformation

En annan aspekt under fördelar som framkommit under studien är den bildinformation som per automatik erhålles vid all UAS-fotogrammetrisk mätning. Användarna menar att de punktmoln och modeller som skapas blir väldigt realistiska och lätta att orientera sig i. Under användningsområden framhålls bildinformationen ge bättre möjligheter för dokumentationen, överblick och information. Användarna menar att denna egenskap ger ett mervärde.

5.3 Teknikens nackdelar

Med teknikens nackdelar avses UAS-fotogrammetris nackdelar jämfört med andra mätmetoder som används i anläggningsbranschen.

5.3.1 Avsaknad av vissa egenskaper

Under rubriken nackdelar nämner några av respondenterna en del egenskaper som de saknar hos UAS-fotogrammetrin jämfört med traditionella mätmetoder. Utöver svårigheter att komma ned till marknivå med mätningarna nämns även avsaknad av namngivning av mätpunkter samt att mätdata inte redovisas i linjeform. I samtliga fall nämns dock sätt att hantera dessa egenskaper, dock erfordras då ytterligare arbetsinsatser. Detta kan innebära att UAS-fotogrammetri inte är en lämplig mätmetod i de fall dessa egenskaper är viktiga.

5.3.2 Tidsåtgång för efterbehandling

Beroende på vad punktmolnet skall användas till krävs olika grader av efterbehandling av detta. Jämfört med terrester mätning kräver UAS-fotogrammetrin att mer tid läggs på efterbehandling av data. I de fall som tekniken tänkts användas för inmätning av mindre områden kan därför tiden för efterbehandling bli större än tidsvinsten vid inmätning. Med stöd i intervjuer kan slutsatsen dras att ju större ett område är, desto mer motiverat är det att använda sig av UAS-fotogrammetri. En av respondenterna hoppas dessutom att framtida mjukvaror ska innehålla funktioner som minskar tiden för efterbehandling.

5.4 Kvalitetssäkring, mätosäkerhet och felkällor

När det gäller kvalitetssäkring av UAS-data framgår det från tre av respondenterna att detta får göras genom kontrollmätning med hjälp av terrestra mätmetoder. Exempelvis kan detta ske med hjälp av kontrollpunkter samt genom inmätning av kontrollsektioner.

Vid bedömning av mätosäkerheten menar ett antal av respondenterna att man då inte ska titta på mätosäker hos enskilda punkter. Detta eftersom dessa kan uppvisa både negativa och positiva avvikelser i höjd. Avvikelse på 10-15 cm är vanliga. Respondenterna menar dock att punktmolnet sett till helhet är noggrant eftersom de negativa och positiva höjdavvikelserna då tar ut varandra. Vid kontrollmätning uppger en av respondenterna ett medelfel på under 1 cm.

I volymeräkningssammanhang är dessa avvikelser av mindre betydelse. Dock bör denna egenskap vara mer problematiskt i de fall då mätdata avses att användas för att bestämma höjd och position i enskilda punkter med hög noggrannhet.

Två av respondenterna menar att mätosäkerheten hos de punktmoln som skapas med UAS-fotogrammetri motsvarar den hos RTK-GNSS mätningar. Bland övriga respondenter finns de som arbetar för att nå stabila värden på mätosäkerheten samt de som i dagsläget inte kan uttala sig om mätosäkerheten.

Vidare framgår under samma rubrik att en mängd olika faktorer påverkar slutresultatet och att det kan vara svårt att veta hur utförandet skall göras på bästa sätt i varje enskilt fall.

Från intervjuerna slutsatsen dras att det tycks krävas erfarenhet och anpassning av utförandet beroende på situation för att uppnå ett så bra slutresultat som möjligt.

Dessutom anges en del felkällor i form av områden där UAS-fotogrammetrin har svårt att generera korrekta resultat. Den mest problematiska felkällan i anläggningssammanhang torde vara svårigheten för UAS-tekniken att generera korrekta mätvärden på blöt eller nylagd asfalt.

5.5 Hinder och begränsningar i användandet

Denna del tar upp de hinder och begränsningar som respondenterna uppgett att de upplever i det praktiska arbetet med UAS-fotogrammetrin.

5.5.1 Väderlek

Som det framgått av intervjuerna kräver UAS-fotogrammetrin god väderlek för att kunna användas. Såväl nederbörd som vind-, siktförhållanden och temperatur påverkar möjligheterna att genomföra en framgångsrik flygning. En av respondenterna anger vädret som en av de största begränsningarna i användandet av UAS-fotogrammetri. Det enda sättet att hantera denna svårighet är vänta på bättre väderlek. I de fall där det inte är möjligt att vänta bör tid ha avsatts och planering för alternativa mätmetoder genomförts.

5.5.2 Delning av UAS-data

Samtliga respondenter uppger att det kan innebära problem att hantera de oerhört stora datamängderna som UAS fotogrammetrin genererar. Problem uppkommer när data delas inom organisationen, men framförallt uppkommer svårigheter när data skall delas med externa parter. Ofta får då UAS-data överlämnas på fysisk lagringsmedia eller via molnlagringstjänster. Med bättre lösningar (som också ger hög överföringskapacitet) för överföring av stora datafiler eller genom möjlighet att reducera storleken på dessa skulle denna svårighet kunna minskas.

5.5.3 Befintliga CAD-mjukvaror

Några av respondenterna uppger att det märks tydligt att befintliga CAD-mjukvaror inte är anpassade för UAS-genererad mätdata. En respondent uppger att detta innebär

en av de största begränsningarna för tillfället. En annan respondent upplever dock inte samma problematik i de mjukvaror som levererats tillsammans med ett komplett UAS-system. Att befintliga programvaror hanterar UAS-data sämre än de som levererats tillsammans med UAS-systemet tyder på att det krävs vidareutveckling av befintliga programvaror för att lösa problematiken.

5.5.4 Tillstånd för flygning i kontrollerat luftrum

I studien har det framkommit att användare upplever hinder när tillstånd ansöks hos flygtrafikledning för flygning i kontrollzon (terminalområde oftast ointressant pga. dess höga nedre höjdgräns) runt flygplatser.

Hindret består av inte bara av långa väntetider för att få tillstånd att flyga, utan även långa väntetider för svar på om och när flygning kan ske. En studie på hur förfrågningar om flygning med UAS inom kontrollerat luftrum behandlas, samt den relaterade lagstiftningen, skulle kunna leda fram till förslag på åtgärder som hade underlättat både för flygledningens beslutsfattande och även för utnyttjande av UAS-tekniken.

5.5.5 Samordning av planerade flygningar i okontrollerat luftrum (G-luft)

Vid flygning i okontrollerad luft, så kallad G-luft (dock utanför TIA/TIZ), saknar UAS-användarna någon slags samordning, portal eller liknande där planerade flygningar på låga höjder kan åskådliggöras. Detta för att ytterligare minska kollisionsrisken för lågt flygande flygfarkoster.

5.5.6 Tillstånd för insamling samt spridning av flygfoto och annan landskapsinformation

Granskningen för spridning av flygfoto som utförs av Försvarmakten fungerar tillfredställande ur användarens perspektiv med avseende på de undantag av kravet på tillstånd för spridning som kan utfärdas. Dock kan tillståndsansökan för enstaka spridningar av flygfoto ibland kan ha en handläggningstid som begränsar UAS-fotogrammetrins möjliga användning.

De två separata tillstånden för spridning av *flygfoto* som i dagsläget utfärdas av Försvarmakten och *landskapsinformation* som utfärdas av Lantmäteriet, har visat sig vara en gråzon där teknikutvecklingen inom området har sprungit ifrån lagstiftningen enligt Lantmäteriet. Detta har skapat en juridisk gråzon, där det skulle kunna krävas tillstånd från vardera myndighet för tillstånd att sprida ett ortofotodraperat punktmoln.

Det nya lagförslaget som förväntas antas i årsskiftet 2015/2016 (se kap. 3.8) undanröjer antagligen denna gråzon, då de två tillståndskraven på spridning sammanförs till tillstånd för spridning av *geografisk information* där ansvar för granskning osv. föreslås gå över på Lantmäteriet som också får ge ut föreskrifter inom området.

Lagförslaget innebär även ett slopat krav på tillstånd för inrättande av databas med landskapsinformation.

Det har framkommit att det finns en viss oro från UAS-användare inför detta lagförslag. Oron baseras på hur lagen kommer tolkas och föreskrifter kommer utformas från Lantmäteriet. Detta bland annat då flera veckors tid för granskning skulle påverka möjligheten att utnyttja tekniken negativt.

I kontakt med Lantmäteriet framgår det att det finns en intention att utveckla föreskrifter i samarbete med UAS-branschen, vilket ger förutsättningar att beakta dess åsikter i framtida föreskrifter, samtidigt som avsikten (enligt lagstiftning) att ej åsamka skada på Sveriges totalförsvar bevaras.

5.6 Förslag på vidare studier

- Vidareutveckling av befintliga CAD-mjukvaror så att dessa är bättre anpassade att hantera de stora punktmoln som UAS-fotogrammetrin genererar.
- Bättre lösning för delning av UAS-data med avseende på de stora filstorlekarna.
- Finna lösningar på de områden där tekniken har svårt att generera korrekta mätvärden.
- Utveckling av lufttrafiksamordningstjänst/portal för planerade flygningar utanför kontrollerat luftrum.
- Studie för att undersöka möjligheterna att underlätta flygning inom kontrollerat luftrum.
- Framtagande av riktlinjer för UAS-fotogrammetrins utförande anpassat till olika situationer och tillämpningar.
- Studie för att undersöka hur tillgång till UAS-fotogrammetri på arbetsplatsen påverkar olycks- och tillbudsstatistiken.
- Uppföljande studie för att se hur de nya lagarna (om dessa antas, se kap. 3.8) fungerar/upplevs av branschen såväl som av Lantmäteriet.

6 Litteraturförteckning

Arbetsgruppen inom H50P-programmet (2005). *Flygning i kontrollerat luftrum kräver klarering: Ett flygsäkerhetsprogram för allmänflyget*. LFV Tryck. Från https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/tillbud_och_olyckor/h50p_kontroll_luft.pdf

Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 785/2004 av den 21 april 2004 om försäkringskrav för lufttrafikföretag och luftfartygsoperatörer. Strasbourg: European Parliament, Council of the European Union.

Försvarsdepartementet (2013) *Skydd för geografisk information: Sammanfattning*. Hämtad 4 Maj, 2015, från Regeringskansliet, <http://www.regeringen.se/sb/d/108/a/220466/>

Försvarsmakten (u.å.) *Flygfotografering och tillstånd för bildspridning*. Hämtad 10 maj, 2015, från Försvarsmakten, <http://www.forsvarsmakten.se/sv/om-myndigheten/tillstand/flygfotografering/>

Förvaltningsrätten i Malmö (2015) *Pressmeddelande: Fotografering med drönare är inte kameraövervakning*. Hämtad 4 Maj, 2015, från Förvaltningsrätten i Malmö, <http://www.forvaltningsrattenimalmo.domstol.se/Om-forvaltningsratten/Nyheter-och-pressmeddelanden/Fotografering-med-dronare-ar-inte-kameraovervakning>

Gunnarsson, T., Persson, P. (2013). *Stödpunkters inverkan på osäkerheten vid georeferering av bilder tagna med UAS* (Examensarbete, Högskolan i Gävle, Akedemin för Teknik och Miljö). Hämtat från <http://hig.diva-portal.org/smash/get/diva2:628351/FULLTEXT01.pdf>

Höglund, G. (2015, 18 april). *Dom i Skåne öppnar för filmning med drönare*. Värnamo Nyheter, del 1, s. 10.

Kvale, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.

Lantmäteriet m.fl. (2013). *Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik*. Hämtad från <http://www.lantmateriet.se>

Lantmäteriet. (2014a). *HMK: Bilddata*. Hämtad från <http://www.lantmateriet.se>

Lantmäteriet. (2014b). *HMK: Ordlista och förkortningar*. Hämtad från <http://www.lantmateriet.se>

Lantmäteriet. (2014c). *HMK: Introduktion*. Hämtad från <http://www.lantmateriet.se>

Larsson J., Jidling J. (2014) *Outsourcing av UAS-data*. (Examensarbete, Uppsala universitet, Institutionen för teknikvetenskaper. Tillämpad mekanik, Byggt teknik) Hämtat från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:730396/FULLTEXT01.pdf>

Luftfartsverket (2014). *Drönare i kontrollzon kräver LFVs tillstånd*. Hämtad 11 juni, 2015, från Luftfartsverket, <http://www.lfv.se/sv/Nyheter/2014/Dronare-i-kontrollzon-kraver-LFVs-tillstand/>

Luftfartsverket (2011). *Luftrum: klassning, CTR och TMA*. Hämtad 12 juni, 2015, från Luftfartsverket, <http://www.lfv.se/sv/Tjanster/Flyghinderanalys---en-unik-kompetens-hos-LFV/Luftrum-Klassning-CTR-och-TMA-/>

Mårtensson, S-G., Reshetyuk, Y. (2013). Fotogrammetriskt uppsving med obemannade flygplan (UAV). *Sinus*, 2013(3), 14-16. Hämtad från http://oldsite.skmf.nu/attachments/322_Sinus_13_03_Fotogrammetriskt_uppsving.pdf

Mårtensson, S-G., Reshetyuk, Y. (2014). *Noggrann och kostnadseffektiv uppdatering av DTM med UAS för BIM*. (Trafikverket publikationsnummer 2015:030) Trafikverket. Hämtat från <http://online4.ineko.se/online/download.aspx?id=46381>

Riegl. (2015). *Info Sheet RIEGL, RiCOPTER* [Produktblad] Horn: RIEGL Laser Measurement Systems GmbH. Hämtat från http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/RiCOPTER_at_a_glance_2015-03-31.pdf

Seibert, S., Teizer, J. (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*, 41(5), 1-14. doi: 10.1016/j.autcon.2014.01.004

SFS 1993:1742. *Lag om skydd för landskapsinformation*. Stockholm: Försvarsdepartementet

SFS 1993:1745. *Förordning om skydd för landskapsinformation*. Stockholm: Försvarsdepartementet

SOU 2013:51. *Skydd för geografisk information: Betänkande av Utredningen om skydd för geografisk information*. Stockholm: Försvarsdepartementet.

Statens Lantmäteriverk. (1994). *HMK Fotogrammetri*. Gävle: Lantmäteriets kontorstryckeri

Sveriges Kommuner och Landsting. (2014). *Handbok – Arbete på väg*. Hämtad från <http://webbutik.skl.se/>

Tadowski, T. (2014). *Accurate Mapping using Drones (UAV's)*. *GeoInformatics* 17(8), 18-21. Hämtat från <http://www.lib.chalmers.se/>

Transportstyrelsen (u.å. a) *Obemannadeluftfartyg*. Hämtad 23 mars, 2015, från Transportstyrelsen, <http://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/Obemannade-luftfartyg-UAS/>

Transportstyrelsen (u.å. b) *Mer om flygning med UAS i närheten av flygplats*. Hämtad 23 mars, 2015, från Transportstyrelsen, <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/Obemannade-luftfartyg-UAS/Mer-om-flygning-med-UAS-i-narheten-av-flygplat/>

Transportstyrelsen (u.å. c) *Verksamhet med UAS - kategori 1*. Hämtad 12 juni, 2015, från Transportstyrelsen, <http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/luftfartyg/verksamhet-med-uas.pdf>

Trost, J. (2005). *Kvalitativa Intervjuer*. Lund: Studentlitteratur.

TSFS 2009:11. *Transportstyrelsens författningssamling: Transportstyrelsens föreskrifter om utformning och användning av luftrummet*. Norrköping: Transportstyrelsen.

TSFS 2009:88. *Transportstyrelsens författningssamling: Transportstyrelsens föreskrifter om verksamhet med obemannade luftfartyg (UAS)*. Norrköping: Transportstyrelsen.

Wennström, H-S. (2015a). Fotogrammetri. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 27 mars, 2015, från Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se>

Wennström, H-S. (2015b). Ortofoto. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 25 april, 2015, från Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se>

Xu, G. (2013). *Science of Geodesy – II: Innovations and Future Developments*. Hämtat från <http://www.lib.chalmers.se/>

7 Figurförteckning

Alaquin (2014). *GatewingX100*. Hämtat från:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GatewingX100.jpg#/media/File:GatewingX100.jpg> Licensierad under: CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Lucchesi, R. (2014) *ingen titel*. Opublicerad

Luftfartsverket (2015) *UAV-karta*. Hämtat 29 april, 2015, från Luftfartsverket,
<http://daim.lfv.se/echarts/dronechart/>

Lynch, R. *Ingen titel*. Hämtat från:
https://pixabay.com/get/6423445804e11d4e4830/1434486815/drone-784310_1280.jpg?direct/ Licensierad under: CC0
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

8 Personlig kommunikation

Wikström, Christer (flygteknisk inspektör, Sjö och Luftfartsavdelningen, Transportstyrelsen) (12 maj, 2015) Telefonintervju.

Voelkerling, Christian (Mättekniker, ägare, Tecting AB), (13 mars, 2015) Muntlig intervju.

Busck, Anders (Entreprenadingenjör, PEAB), (18 mars, 2015) Muntlig intervju.

Hammarstrand, Hugo (Mättekniker, PEAB), (18 mars, 2015) Muntlig intervju.

Nilsson, Urban (Mätchef, NCC), (2 mars, 2015) Telefonintervju

Lucchesi, Roberto (Mätchef, NCC), (4 feb, 2015) Muntlig intervju

Fransman, Andreas (Mätchef, NCC), (11 feb, 2015) Telefonkontakt

8.1 Icke vid person namngiven personlig kommunikation

Lantmäteriet, 2015 (22 april, 2015) Email konversation.

Lantmäteriet, 2015 (30 april, 2015) Kompletterande telefonkontakt.

Lantmäteriet, 2015 (25 maj, 2015) Kompletterande email konversation.

Försvarmakten, 2015, handläggare flygfoto (23 april, 2015) Telefonintervju.

Försvarmakten, 2015, handläggare flygfoto (6 maj, 2015) Kompletterande telefonkontakt.