

UTM 50

Rapport 2018

Inlägga till styrelsen för Trafikverkets

FOI Portfölj 9 - Luftfart

Innehåll

1	Introduktion	4
2	Bakgrund	4
2.1	Behov och utmaningar för ledning av obemannad trafik i luftrummet	6
2.2	Problembeskrivning.....	7
2.3	Syfte och mål med förstudien	8
2.4	Termer	9
3	Metod	9
4	Tjänstekoncept.....	10
4.1	Urval av tjänstekoncept till workshops	11
4.2	Användning av tjänstekoncepten i workshops	12
5	Interaktiv visualisering och simulering.....	14
6	Hur kan luftrum för drönartrafik övervakas och ledas?.....	15
6.1	Grundstenar	15
6.1.1	Punktbaserad kontroll.....	15
6.1.2	Avgränsningsområden (Geo Fences och Geo Cages)	17
6.1.3	Lager	17
6.1.4	Linjer/rör	17
6.2	Sekundäreffekter.....	18
6.2.1	Geofence vs detect-and-avoid	18
6.2.2	Geofence vs trafik	18
6.2.3	Korsande trafik, genom trafiklager	19
6.3	Gränssnitt människa-automation.....	20
6.3.1	Dashboard och KPI:er	20
6.3.2	Verktyg: Geofences och enklare optimering.....	20
6.3.3	Verktyg: Heat maps	21
6.3.4	Verktyg: Trafiklager	22
7	Operativa koncept, för U3-U4.....	22
7.1	Centrala utmaningar för fortsatt forskning och utveckling för U3 och U4	27
8	Slutsatser från ett verksamhetsperspektiv	28
9	LEVERANSER	28
	Referenser och publika presentationer.....	29

1 Introduktion

Projekt UTM 50 har drivits gemensamt mellan LFV och LIU, med LFV som projektägare, under ledning av Linköpings Universitet. Projektet har drivits med brett engagemang med olika intressenter; operativ personal från LFV (trafikledningsorkshops); intressenter från drönarindustrin, och angående reglering/tillståndsgivning (Transportstyrelsen).

Rapporten presenterar centrala utmaningar samt grundläggande koncept för det sista steget i UTM-utvecklingen, intensiv drönartrafik i städer. Det demonstreras också i en interaktiv simulering och visualisering av framtida drönartrafik i staden Norrköping, som visar hur trafik kan hanteras tillsammans med andra transportslag (bifogas som film, som visar utdrag ur demonstrationen). Vi rapporterar också det vi funnit angående påverkan på dagens flygtrafikledning, särskilt vid flygplatser nära städer, och behov av reglering/tillståndsgivning.

Rapporten är endast en del av kunskapsspridningen i projektet. Redan under projektet har kunskap spridits till och mellan samhällsaktörer genom deltagande i workshops om reglering och trafikledning; genom generella referensgruppsworkshops för utbyte mellan svenska UTM-projekt; genom presentationer av projektresultat för akademi och intressenter i samhället. Projektet har uppmärksamats internationellt (nu senast i Norge, på UNC 2018, den 21 november, men också i publikationer från NASA). Öppna visningar vid Visualiseringscenter i Norrköping för att kommunicera projektets resultat till samhället har också bidragit till projektets framgång. Det har resulterat i ett nytt projekt med Transportstyrelsen angående tillståndsgivning för drönartrafik bortom synhåll (från drönarpiloten). (Se avsnittet resultatspridning för en detaljerad redogörelse).

2 Bakgrund

Obemannat flyg är redan idag en verklighet i svenskt luftrum (även över städer) för t.ex. flygfotografering. Det är ett snabbt växande område, med starka kommersiella intressen. En central fråga är hur mycket trafik drönar tjänster kan tänkas generera. Den beräkningsmodell som används av *project Altiscope* (Airbus), och som även används i vårt projekt, belyser utmaningen:

Plats		Paket			Drönartaxi		
Stad	Invånare	Paket / person och år	Paket / dag	Paket / 30 min (endast leverans dagtid, 12 timmar)	Andel som reser med flygtaxi en gång / år	Taxi per dag	Taxi / timme (endast dagtid 12 tim)
Paris	2 200 000	1	6 027	251	4%	241	20
Oslo	700 000	1	1 918	80	4%	77	6
Stockholm	1 000 000	1	2 740	114	4%	110	9
Norrköping	140 000	1	384	16	4%	15	1

Tabell, leveranser och taxi. Dagtid räknas som 12 timmar i modellen.

I modellen har vi använt paket per halvtimme (för att reflektera att drönarleveranser kan gå ganska snabbt, få leveranser pågår en hel timme), taxin är beräknad per timme. När man läser tabellen är det två saker

som ska noteras särskilt. För det första är leveranserna fördelade jämt på dagen. Sannolikt kommer drönartjänster (som mycket annat) ha sk. "peak hours". För det andra kommer de inte fördelas jämt över staden, utan vissa platser kommer att belastas särskilt hårt under vissa tider. Vi går in på detta längre fram i rapporten (avsnittet om trafik och tjänster), men dessa siffror är viktiga att lyfta redan här i introduktionen.



Det är också viktigt att poängtera att detta inte handlar om tjänster för en avlägsen framtid. Till vänster ser ni en bild på rutter för drönarleveranser av mat, i Reykjavik, som används, idag, av företaget AHA.is (bild från drönarkonferensen UNC 2018). Drönarna avviker från rutterna precis när de närmar sig slutmålet, som kan vara en dedikerad leveransplats, eller en villaträdgård. Den största risken som diskuterades var kollisioner med andra drönare, särskilt oregistrerade drönare. Med

avseende på integration med ATM så presenterades en demonstration före sommaren av ATM-UTM systemintegration i Spanien. Utvecklingen går snabbt framåt, ett sätt för Sverige att vara relevant, är att ligga långt fram i utvecklingen. I den kinesiska staden Shenzhen sker idag 2000 drönaruppdrag per dag

När det gäller risker med drönartrafik bör vi redan inledningsvis poängtera att det inte bara gäller risken som trafiken i sig medför. Riskerna bör i ett samhällsperspektiv ses i relation till risker med trafik som ersätts med drönarleveranser. Drönartrafik har potential att möjliggöra nya tjänster, men även mindre dramatiska växling av trafikslag i existerande tjänster (exempelvis en övergång från bil till drönarleverans). Miljöaspekterna med avseende på energiförbrukning (lätt drönare vs tung bil) har inte heller omfattats av projektet, men är värda att beakta. Det är också viktigt att beakta att även om drönarleveranser är personalintensivt (när en drönarpilot används för varje leverans) så är även dagens leveranser personalintensiva (t.ex. utkörning av mat i bil). När det gäller att kunna landa/leverera så vill vi också poängtera att även om detta medför en ny risk, så är även dagens trafik med tunga fordon också problematiskt – exempelvis är exempelvis bilburna leveranser av mat bil på gångbanor i bostadsområden (vilket förekommer) också riskabla.

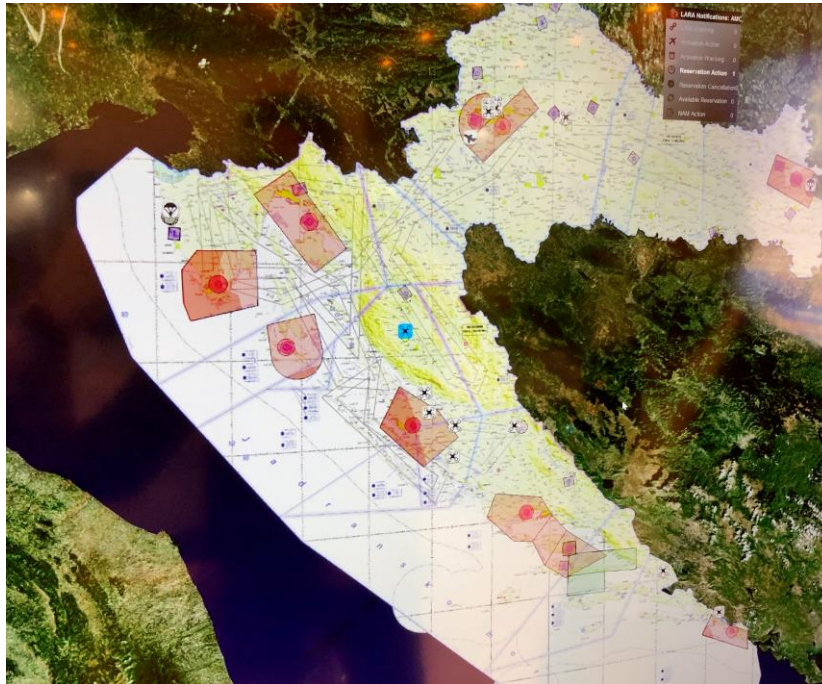


Bild ovan visar pågående drönaroperationer över del av Kroatien kl 1030 den 14e mars 2019.

2.1 Behov och utmaningar för ledning av obemannad trafik i luftrummet

För LFV, projektägare, är det högsta prioritet att se till att luftrummet nyttjas på bästa sätt då det är en begränsad resurs. Utmaningen är tydlig. Vi måste bereda den kraftigt ökande delen obemannat flyg tillgång till luftrummet på ett säkert och effektivt sätt. Utvecklingen går väldigt snabbt därför är ett nationellt samarbete (TrV, LFV, Transportstyrelsen, akademi och FM) en nödvändighet liksom att följa globala standards för att möta industrins och samhällets behov.

Vi identifierade följande behov vid projektstart 2016: Inom projektet bedrivs forskning, som tar ett första steg mot trafikledning av obemannat flyg (Unmanned Aerial System Traffic Management, UTM) för framtida tjänster som nyttjar obemannat flyg i städer med omgivande landsbygd.

Obemannat flyg ses internationellt som en sk. "disruptiv" teknologi det vill säga med potential att markant ändra förutsättningarna för verksamheter i samhället, vilket därmed kan medföra både risker och möjligheter. Det medför att vi behöver utforska tre aspekter av framtiden:

- 1)** Vi behöver utforska vilka tjänster som kan tänkas nyttja obemannat flyg. Det ger i tur en uppfattning om framtida trafik, angående startpunkter, slutpunkter, hur länge trafiken är i luften, omfattning av trafik.
- 2)** Dessa tjänstemöjligheter måste ställas mot aktuell och framtida reglering för att hantera risker/negativa effekter av obemannat flyg.
- 3)** Sammantaget ger det en bild av den trafik som behöver övervakas och ledas, en bakgrund för att ta fram trafikledningskoncept. Koncepten får i sin tur återverkningar på möjligheten att bedriva tjänster i linje med gällande reglering.

Dessa tre teman knyts samman i projektet genom en interaktiv visualisering av flygtrafik och trafikledningskoncept.

2.2 Problembeskrivning

Vi beskrev problemet/utmaningen på följande sätt 2016, och vi noterar att detta fortfarande är ett aktuellt problem – men med ännu högre relevans idag, då vi kommit flera steg närmre att få ett praktiskt behov av lösningar.

Ett problem, som t.ex. visar sig i redan idag i närheten av flygplatser, är att obemannat flyg inte övervakas systematiskt i okontrollerat luftrum, vilket därmed medför nya risker. Hur systemen för flygtrafikledning/övervakning (UTM) ska utformas om trafiken ökar ytterligare är en stor utmaning för forskning och utveckling, samhällsplanering och reglering.

Utmaningarna för UTM ställs på sin spets i städer med omgivande landsbygd, då det kopplar ihop den första utvecklingsnivån (obefolkat område) som NASA beskriver (se "övrigt") med den sista (tätbefolkat område). Det medför att studier av stad med omgivande landsbygd, är av stort generellt värde med avseende på

- trafikledning av obemannat flyg (UTM)
- reglering av obemannat flyg
- möjliga framtida tjänster som kan nyttja obemannat flyg

En avgörande skillnad mellan UTM och dagens flygtrafikledning (Air Traffic Management, ATM) är att flygtrafikledning av obemannade farkoster redan initialt kommer att kräva en hög nivå av automation. Dagens ATM har en förhållandevis låg automationsnivå, med manuell övervakning av enskilda flygplan, hantering av enskilda konflikter, klareringar till flygplan angående ändringar av t.ex. flygnivå. På grund av att UTM förväntas ha en avsevärt större trafikvolym än ATM behöver koncept för högre automationsgrad av övervakning och styrning av okontrollerat luftrum utforskas. (En flygledare kan i regel hantera cirka 10-15 flygplan samtidigt i en sektor, för UTM skulle en motsvarande begränsning medföra höga kostnader.) Systemet (människa och automation tillsammans) måste kunna övervaka trafiken och justera planerade rutter baserade på preliminära färdplaner. Det måste kunna justera flygrutter med realtidsanpassning till ändrade prioriteringar i planeringen (t.ex. buller vs kortast sträcka), och till ändrade omständigheter, exempelvis: trängsel, vind (trafiken kan behöva justeras genom ökade avstånd mellan farkoster, andra rutter kan vara önskvärda), flygvägar som öppnar/stänger, övervaka risknivåer i systemet (t.ex. om trafikvolymen börjar närma sig uppsatta gränser för säker trafik kan önskade/pågående trafik justeras).

Obemannade farkoster medför å ena sidan minskad risk för personskador när varken pilot eller passagerare transporteras, men å andra sidan även nya risker samt integritetsaspekter i de fall då de flyger över bebodda områden. Det medför att koncept för flygtrafik måste utforskas parallellt med sammankopplade frågor om tjänster och reglering, samt frågor om flygfarkosternas teknologi. Risker för kollisioner eller separationsunderskridanden förväntas exempelvis kunna hanteras ombord av (mer avancerade) inblandade farkoster (relaterad forskning pågår inom t.ex. SWEDEMO).

Detta innebär att existerande operativa koncept och tekniska systemstöd från ATM inte är direkt återanvändbara för UTM. Det innebär också att **trafikledningskonceptet för UTM** behöver tre delar:

- Gränssnitt mot trafikledare (interaktiv visualisering)
- Automation (optimering), automatisk justering av rutter baserat på realtidsdata.
- Operativt koncept baserat på reglering av trafiken

Genom projektet har vi nu förfinat dessa tre punkter till ett tydligare och mer fokuserat operativt koncept, samt presenterat tydliga och konkreta mål för nästa steg.

2.3 Syfte och mål med förstudien

Syftet med projektet har varit tillämpad forskning – genom en att bygga upp en interaktiv visualisering av framtida obemannad flygtrafik i städer och förutsättningar för ett säkert luftrum – för att bedriva studier av flygtrafikledning, reglering, och tjänster. Avsikten var att ge en bred genomlysning av området snarare än att gå på djupet i någon enskild punkt. Projektet ska betraktas som en större förstudie, för att kunna rikta in framtida större satsningar på relevanta utmaningar. Alla målområden behandlades. Nedan presenteras och kommenteras förstudiens ursprungliga frågeställningar/mål.

1. *Gränssnitt människa-maskin: mot automation/algoritmer, samt procedurer för övervakning och trafikledning av obemannat flyg inom ramarna för reglering, samt ett konkret exempel.*
Den här punkten är huvudfokus i projektet. Det rapporteras i avsnitt 6 samt i (Lundberg et al. in press).
2. *Identifiera möjliga tjänster/användningsområden av obemannat flyg.*
Tidigt i projektet (efter workshop 1, tjänster) identifierade vi olika typer av trafikmönster som uppstår vid olika tjänster, samt specifika informationsbehov för att bedriva tjänster. En bredd av tjänster utforskades under hela projektets workshopserie för att täcka in en variation av trafikmönster. Då uppstod ett nytt behov, att även utforska tjänster med avvikande trafikmönster, särskilt tjänster som påverkar övrig trafik. Det fick till konsekvens att vi inkluderade en ny workshop om blåljus-tjänster. Tjänster och trafikmönster rapporteras i avsnitt 4.
3. *Optimeringsalgoritmer för justering av flygtrafik i realtid, samt ett konkret exempel.*
Under projektet breddades denna punkt från optimeringsalgoritmer till luftrumsverktyg (för att optimera/styra luftrummet). Vi integrerade initialt en algoritm för detect-and-avoid i simuleringen, en enklare ruttplaneringsalgoritm, en enklare algoritm för drönbaserad leverans från fordon, samt kopplade den till två luftrumsverktyg (för justering av geofences och trafiklager) samt vår enkla dashboard (som visar KPI:er för luftrummet). Det visade sig under projektets gång (under workshop 4 och 6, trafikledning) att det är luftrumets utformning som ska styras primärt från ett trafikledningsperspektiv, vilket styr trafiken indirekt. Algoritmerna är visserligen viktiga (särskilt på sikt), men vår simulering visade snabbt sidoeffekter av att kombinera algoritmer (t ex. detect and avoid) och luftrumsobjekt (t ex. geofences). Att kartlägga sidoeffekter visade sig vara viktigare i detta översiktsprojekt (än att gå på djupet i en enstaka algoritm). Det fick konsekvensen att vi fokuserat mer på interaktionen mellan luftrumsdesign, styrning av luftrum, och algoritmer. Det rapporteras i avsnitt 6 samt i (Lundberg et al. in press, Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018)
4. *Värdera hur den plan för obemannat flyg (i fyra steg) som NASA baserar sitt arbete på skulle vara användbar i Sverige.*
Initialt hade vi bara NASAs modell att utgå från. Men under projektets gång utvecklade Europa en egen modell, U-Space. Vi har därför i första hand utgått från U-space i vår diskussion. Det rapporteras i avsnitt 7 samt i (Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018)
5. *Identifiera behov av justering av nuvarande reglering (exempelvis angående trafik nära flygplatser, över bebodda områden).*
Reglering visade sig vara ett stort område i sig, som utvecklas snabbt internationellt för att möta snabbt ökande behov av drönanvändning i samhället. Inledningsvis (under workshop 2, reglering) såg vi behovet av att bredda denna punkt till tillståndsgivning där reglering är en aspekt. Transportstyrelsen har följt upp det, genom att initiera ett eget projekt hösten 2018, med fokus på tillståndsgivning, som samverkat med UTM50. Därför tonas detta ner något i UTM50. Vi

presenterar slutsatser samt ett case i avsnitt 7. (Se även slutrapport från Transportstyrelsens projekt om tillståndsgivning, förväntas under 2019.)

6. *Identifiera centrala utmaningar för fortsatt forskning och utveckling.*

Se avsnitt 7 samt (Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018).

Förstudiens avgränsningar

- Projektet har fokuserat på U-space U3-U4. U1-U2 som nu implementeras nationellt och internationellt har inte ingått i projektet.
- Projektet har använt en stad (Norrköping), som fall för studien.
- Projektet har använt simulerad trafik snarare än testflygningar (som hade krävt tillstånd eller flygningar i testområde utanför städer, till en avsevärd kostnad).

2.4 Termer

Luftfartyg (Aircraft) – Anordning som kan erhålla bärkraft i atmosfären genom luftens reaktioner med undantag av dess reaktioner mot jordytan. (LFS 2002:156)

Not: I denna rapport använder vi termerna "farkost" eller "flygplan" som synonym till luftfartyg.

Kontrollerat luftrum (Controlled airspace) – Ett avgränsat luftrum där flygkontrolltjänst utövas för IFR-flygningar och för VFR-flygningar i enlighet med de regler som följer av hur ATS-luftrummet är klassificerat. (LFS 2002:156)

Drönare – Ett obemannat luftfartyg kan flyga av sig själv eller fjärrstyras av en förare på annan plats. Den vanligaste benämningen på obemannade luftfartyg idag är drönare. Andra benämningar för obemannade luftfartyg är t.ex. modellflyg, UAV, UAS och RPAS. <http://www.transportstyrelsen.se/dronare>

Not: I denna ansökning använder vi termerna "obemannad farkost" eller "obemannat flygplan" som synonym till drönare.

UTM – Unmanned Aerial System Traffic Management (Ref NASA)

ATM – Air Traffic Management

D&A – Detect and Avoid. Förmågan att upptäcka och undvika föremål. Det är viktigt att hålla isär två D&A förmågor – att kunna se och undvika stationära objekt VS objekt som (kanske oförutsägbart) rör sig.

U-space – Den plan för implementering av obemannat flyg som tagits fram för Europa, uppdelad i fyra steg: U1, U2, U3, och U4. Detta projekt berör U3-U4.

3 Metod

UTM50 har genomförts som en kvalitativ designstudie, där vi bedrivit forskning kring en interaktiv simulering och visualisering av obemannat flyg som vi samtidigt byggt upp (Se REF angående metodiken). Vi har valt denna metod då obemannat flyg i den omfattning som studien berör inte existerade under studiens genomförande, och då system för hantering av obemannat flyg i den omfattningen inte heller existerade.

För att konkretisera den design som inkrementellt byggdes upp implementerades den stegvis i en interaktiv simulering och visualisering. Den kan visas upp på ett interaktivt bord som lämpar sig för diskussioner i



AIR NAVIGATION SERVICES
OF SWEDEN

Dokumenttyp
RAPPORT 2018

Datum
2019-03-21

Ver.rev
10 (29)

Dokumentnummer

Sida

Sekretess
INTERNT

Enhet
SoU

Avdelning
Fol

Upprätta av
Jonas Lundberg / Billy Josefsson

Godkänd av

Billy Josefsson

Referens

mindre grupper (samt sparas som film eller visas på projektor). Implementeringen följde behoven i workshopserien, som bestod av

1. Tjänster (för att hitta trafikmönster, grunden för trafikledning)
2. Reglering (avgränsningar för trafik, som behöver övervakas)
3. Drönarteknik (tekniska avgränsningar som beror på drönarens tekniska förutsättningar, ex batteritid)
4. Trafikledning (iteration 1) (hur luftrummet ska övervakas och anpassas)
5. Blåljus (drönartjänster av räddningstjänst och polis)
6. Trafikledning (iteration 2)
7. Reglering (iteration 2)
8. Operativt koncept för obemannat flyg

4 Tjänstekoncept

Följande avsnitt adresserar projektmål två: *Identifiera möjliga tjänster/användningsområden av obemannat flyg.*

Tidigt i projektet genomfördes en generativ workshop med fokus på möjliga framtida tjänster understödda av drönare. För att möjliggöra tillräcklig bredd på lösningar, genererades tjänster inom fyra domäner, *underhållning, transport, smarta staden* och *delningsekonomi*. Totalt togs 147 olika ideer fram, varav 12 valdes ut att göras tjänstekoncept av.

Domän	Ideer	Koncept
Underhållning	47	4
Transport	34	4
Smarta staden	43	2
Delningsekonomi	23	2

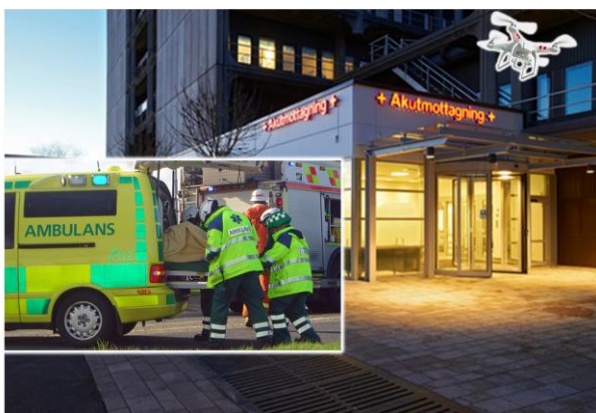


Ett tjänstekoncept utarbetas

4.1 Urval av tjänstekoncept till workshops

Som ett inslag i workshops i projektet användes lösningsidéer som triggers för dialoger kring temat för workshopen. Tjänstekoncept valdes ut med tanke på att skapa möjlighet att ha dialoger kring effekter av faktisk drömartrafik på ledning och styrning av trafiken. Det innebär att koncepten i sig inte nödvändigtvis behövde vara tekniskt eller affärsmässigt rimliga, utan beskriva en viss typ av möjlig trafik som skulle kunna behöva planeras, ledas, styras och regleras.

De koncept som initialt valdes ut som underlag var organleverans, bevattning av växtvägg, publikproducerat innehåll, mindfulness, rain of petals, och demonstrationståg.



Organtransport och vattning av växtvägg



Publikproducerat innehåll och mindfulness



Regn av rosenblad och demonstrationståg

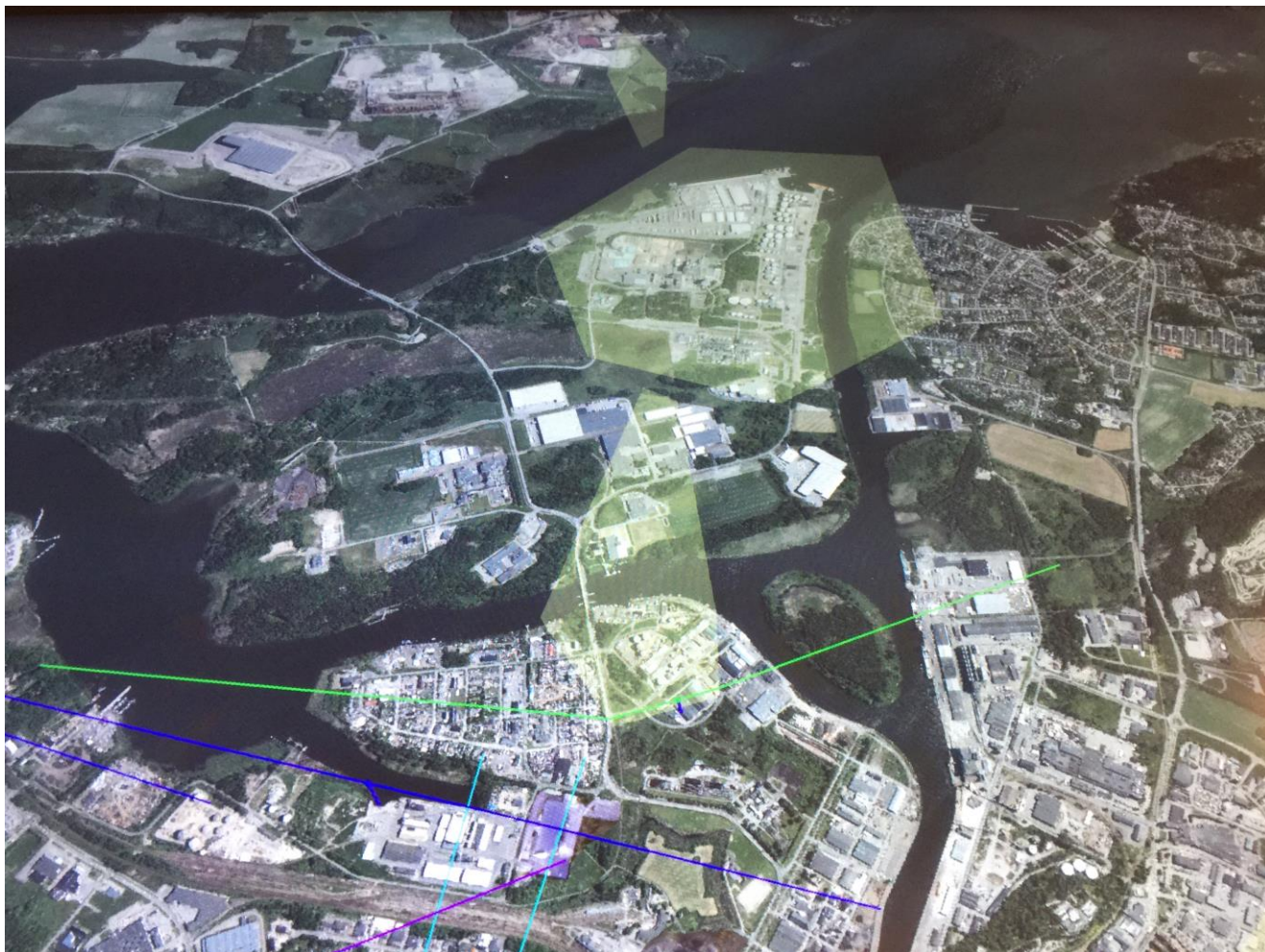


Varje tjänstekoncept presenterades med hjälp av ovanstående kollage, samt en kort förklaring till tjänstekonceptet, för att inspirera och driva på en dialog om olika sorters lösningar och utmaningar.

4.2 Användning av tjänstekoncepten i workshops

I var och en av de tematiska workshoparna diskuterades tjänstekoncepten utifrån workshopens tema. Eftersom tjänstekoncepten var valda för att öppna upp för dialoger om utmaningar kring styrning och ledning för verklig drönartrafik, vilket också ledde till nya förslag på lösningar, och nya utmaningar för ledning och styrning av trafiken. Ett väldigt konkret resultat var att en av workshoparna identifierade olika scenarier för att använda drönare vid räddningstjänst eller polisinsatser, vilket ger konsekvenser för reglering såväl som ledning av trafik. Denna workshop arrangerades tillsammans med projektet "Svärmar av drönare". Olika typer av begränsningsområden identifierades. Exempelvis ett tvådelat område som både avgränsar själva skadeområdet (Norrköpings hamn, läcka), samt ett område som används som bas för drönaroperationerna. En annan typ av område var placerat mitt i staden (avspärrning vid bombhot), ytterligare en områdestyp gällde avspärrning vid trafikplatser. Dessa tre typer kan ge olika effekter på

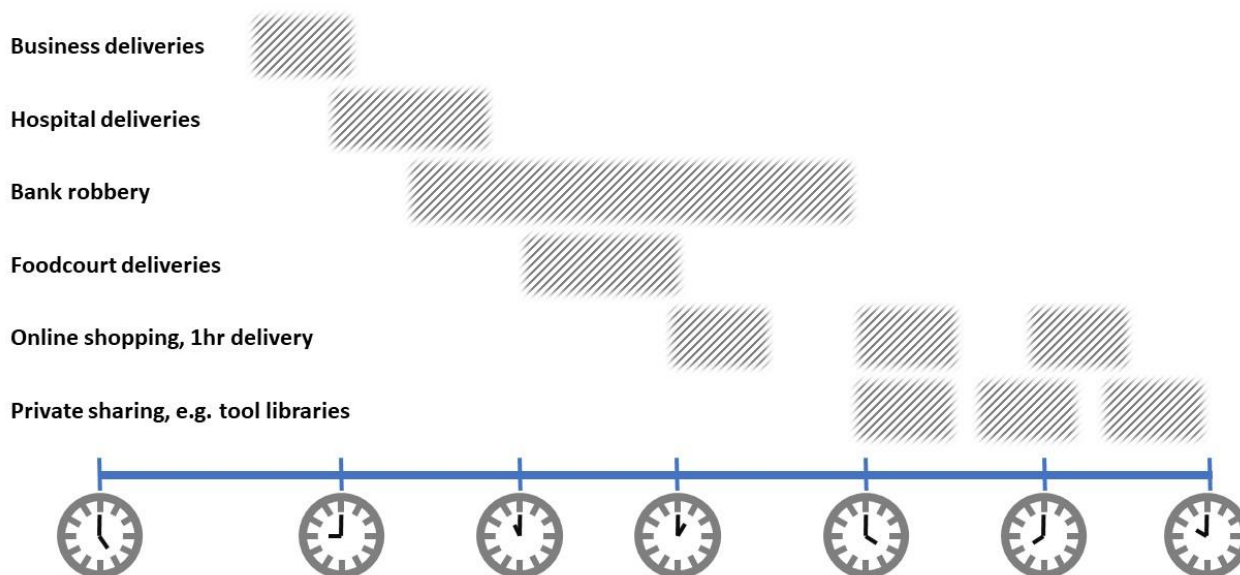
trafiken, med geofences som kan förväntas vara aktiva under olika lång tid, med olika mönster av blåljustrafik till/från aktiva avgränsningsrområden, och är därmed också användbara för att sätta upp trafikscenarier.



Geofences för blåljusinsatser vid hamnen i Norrköping. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

Ett annat tjänstekoncept som vi började använda var "1 hour delivery", som ställer höga krav på planering i ett flerpартssamarbete, samt ger möjligheter till affärsutveckling i samband med ledning och styrning av luftrum.

Ett sammantaget resultat av workshoparna blev att vi identifierade behovet av att resonera i dygnsbaserade trafikmönster, eftersom flera av tjänsterna har olika sorters regelbundenhet och olika former av förutsägbarhet. Från förutsägbara återkommande, som leveranser till butiker, över oförutsägbara planerade som organleveranser, till oförutsägbara som räddningstjänst- eller polisinsatser.



Trafikmönster över en dag

5 Interaktiv visualisering och simulering

De tjänster som identifierats reducerades till motsvarande trafikmönster. Exempelvis ger "one hour delivery" trafik från en punkt till många punkter; leveranstjänster från fordon ger lokal intensiv trafik på låg höjd i ett avgränsat område; "private sharing" ger (mer slumpvis placerad) trafik punkt-till-punkt. Blåljus-tjänster (smart city, "bank robbery") ger trafikmönster exempelvis för övervakning som placeras i ett geofence. Dessa tjänster placerades ut på en karta över Norrköping. Flygplatsen i Norrköping omges också av ett geofence som utformades under workshop ett med flygtrafikledare.

För att kunna studera trafiken (Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018) utformades (Lundberg et al. 2018) en trafiksimulering samt trafikvisualisering och luftrumsverktyg för trafikledning av trafik i Norrköping (se avsnitt 6).

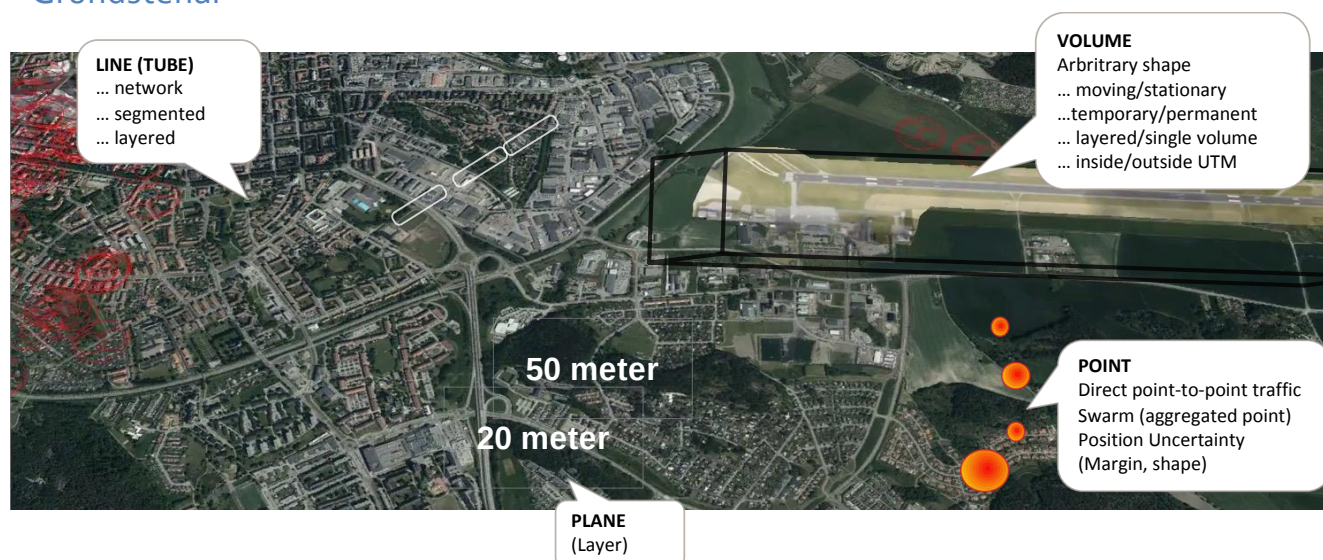
6 Hur kan luftrum för drönartrafik övervakas och ledas?

Följande avsnitt adresserar:

- *Projekt mål 1: Gränssnitt människa-maskin: mot automation/algoritmer, samt procedurer för övervakning och trafikledning av obemannat flyg inom ramarna för reglering, samt ett konkret exempel. (avsnitt 6.1 och 6.3).*
- *Projekt mål 3: Optimeringsalgoritmer för justering av flygtrafik i realtid, samt ett konkret exempel. (avsnitt 6.2, breddat till luftrumsverktyg, se avsnitt 2.3 för motivering).*

I avsnittet presenteras först luftrumsobjekt som primärt används för att leda trafik (6.1). Sedan presenteras sekundäreffekter (oönskade effekter på trafik och luftrumets kvalitet, 6.2). Slutligen presenteras interaktiva luftrumsverktyg (6.3).

6.1 Grundstenar



Luftrumsobjekt. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

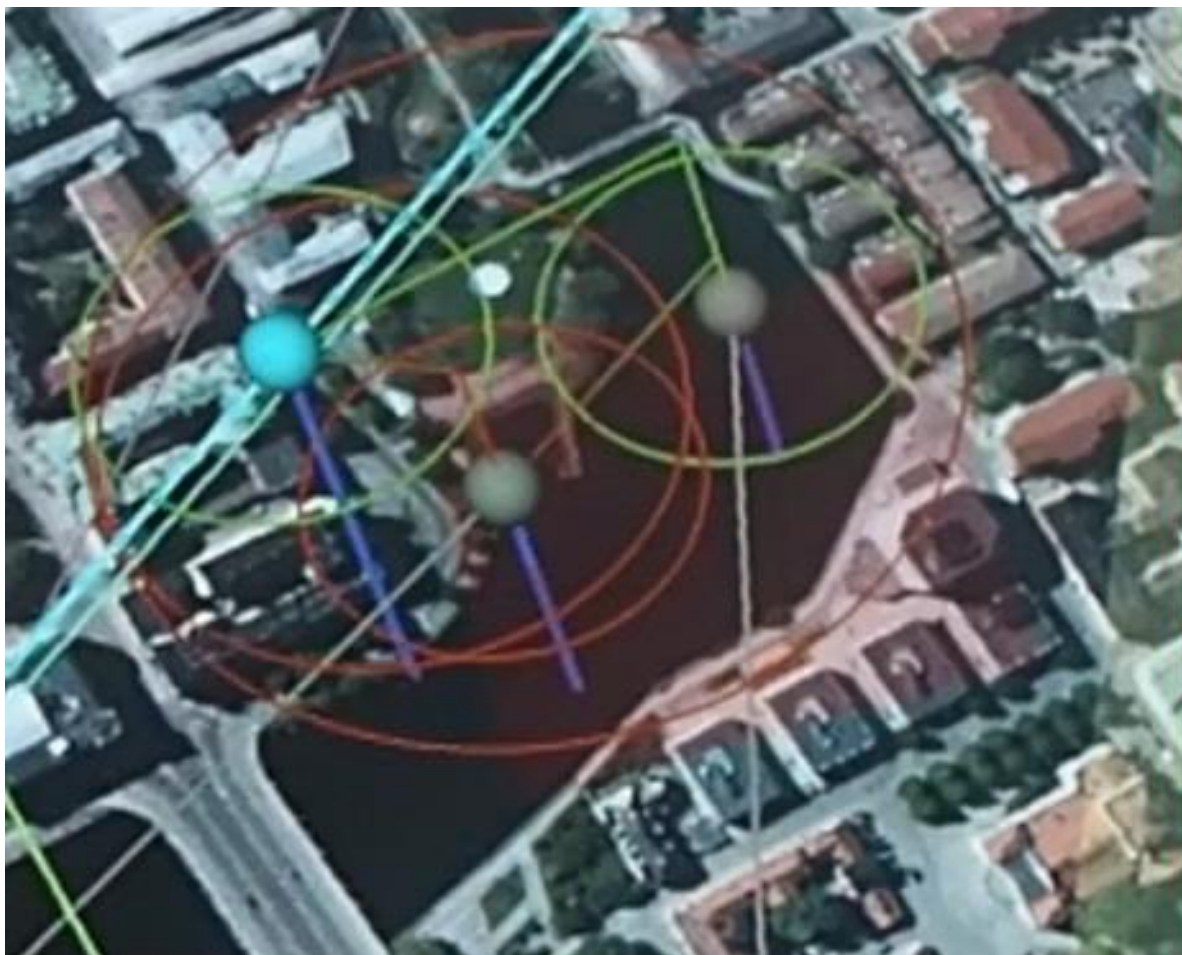
I projektet identifierades fyra grundstenar för luftrumsdesign, som kan användas för att leda trafik indirekt, genom att sätta upp avgränsningar.

6.1.1 Punktbaserad kontroll

Inledningsvis ville vi se om det överhuvudtaget behövs någon struktur. Drönare färdas då direkt från Punkt A till Punkt B, och sköter separationen autonomt. Som kontrast har vi dagens system för ATM där punkt-baserad kontroll används. Då övervakas varje drönare som en punkt av trafikledningen, för att säkerställa separationen. I vårt koncept övervakas drönarna centralt, men inte direkt av operatören. Istället används ett centralt system för detect-and-avoid, för registrerade drönare, som separerar dem. Sannolikt kommer ett sådant system aldrig att vara heltäckande, det kräver ändå att drönaren/piloten har uppsikt över oregistrerade objekt (manuellt eller automatiserat). Däremot bör det centrala systemet underlätta, då många konflikter blir lösta automatiskt. Trafikledarens uppgift blir då istället att övervaka trängsel (se

automationskoncept / HMI längre fram) som kan göra att det blir för svårt för algoritmer eller piloter att sköta separationen på ett säkert sätt.

När det gäller drönare diskuteras också svärmar, som kan omslutas i så kallade *geo cages*, som också kan hanteras som sammanhängande punkter (områden) under förflyttning. Då vi inte hade något nyckelscenario där svärmar flyttades samlat från A till B, undersöktes detta alternativ inte vidare.



Detect and Avoid. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

Bilden illustrerar hur D&A kan fungera (och hur det fungerar i vår simulering). Säkerhetsavstånd mäts (automatiskt) horisontellt och vertikalt, och visas horisontellt med en cirkel. Där en konflikt (röda cirklar) uppstår innesluts konflikten i en större cirkel (säkerhetsavstånd till konflikten), för att undvika att den förvärras av närliggande drönare. Drönare undviker i detta koncept varandra (automatiskt) genom att avvika från sin planerade rutt och passera runt kanterna på respektive omslutande cirkel. Efter D&A kan drönare antingen fortsätta direkt till sitt mål (med en något justerad rutt), eller först återgå till sin initialt planerade rutt (medför en mindre omväg).

6.1.2 Avgränsningsområden (Geo Fences och Geo Cages)

För att avgränsa trafik krävs också möjligheten att lägga in avgränsningsområden som håller trafik ute (geofences) eller innesluter den (geocages). Ett kärn exempel från workshop 1 är flygplatsen, som skyddas av ett geofence under starter och landningar. I workshop 5 användes det också, för att avgränsa områden för blåljusaktiviteter. Dessa innesluter också drönaraktiviteter (för blåljus) och är därmed också geocages.

6.1.3 Lager

Att dela in luftrummet i lager är en välkänd ansats, som också utforskades i workshop 4 (trafikledning). Exempelvis kan blåljus använda ett lager, paketleveranser ett annat, och drönartaxi ett tredje. En utmaning är att hantera trafik mellan och genom lager.

6.1.4 Linjer/rör

Linjer/rör som innesluter trafik från A till B är ytterligare en välkänd ansats. Den kan antingen användas för att boka enskilda flygningar, eller användas som ett vägnät där drönare kan färdas. När det används för enskilda flygningar så är det deras färdplan (trajectory line) som skyddas, antingen som helhet, eller i segment (genom att inneslutas i ett geofence). När det används för enskilda flygningar skapas då en spagetti av rör/linjer.

Ruttnlinjer kan också visas för operatörer (utan att skyddas av geofences), för att ge en bild av trafikmönster och komplexitet i luftrummet.

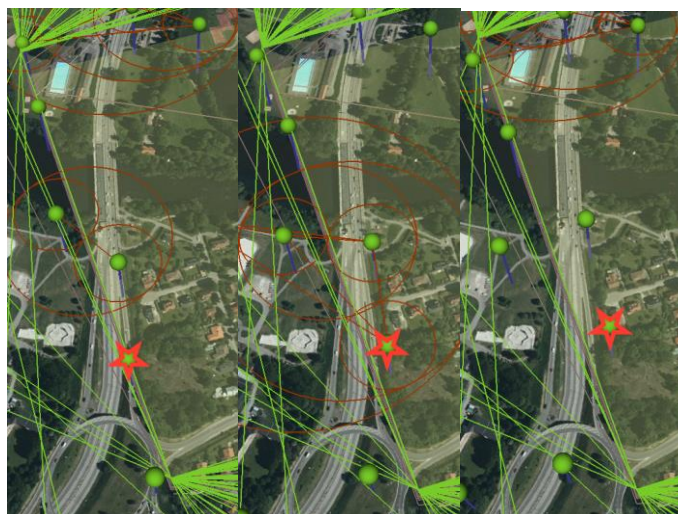


Ruttnlinjer främst i två riktningar, visar ett tydligt trafikmönster. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

6.2 Sekundäreffekter

Sekundäreffekter är sidoeffekter av att kombinera luftrumsverktyg med varandra, eller av att använda dem med olika trafikmönster. Se (Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018) för en genomgång av sekundäreffekter. I den här rapporten belyser vi detta med tre exempel.

6.2.1 Geofence vs detect-and-avoid

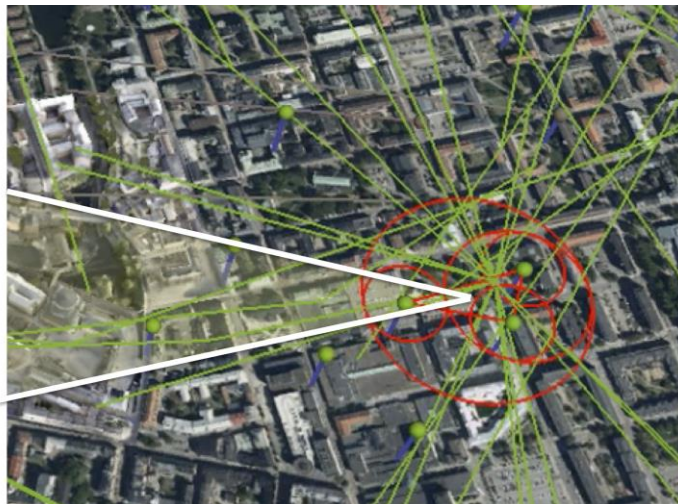


Bildsekvens, drönare går in i geofence under detect-and-avoid. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

I den första bilden har vi en drönare på kanten till flygplatsens geofence som sträcker sig ut åt höger i bilden. I den andra bilden kan vi se hur drönaren pressas in flygplatsens geofence, när algoritmen för D&A aktiveras. Vi ser i bild 3 att drönaren befinner sig inom flygplatsens geofence. Det visar att i detta fall så behöver D&A eller vårt geofence anpassas så att denna situation kan undvikas. Notera att vårt geofence fungerar bra om D&A inte är aktiverat och vice versa.

6.2.2 Geofence vs trafik

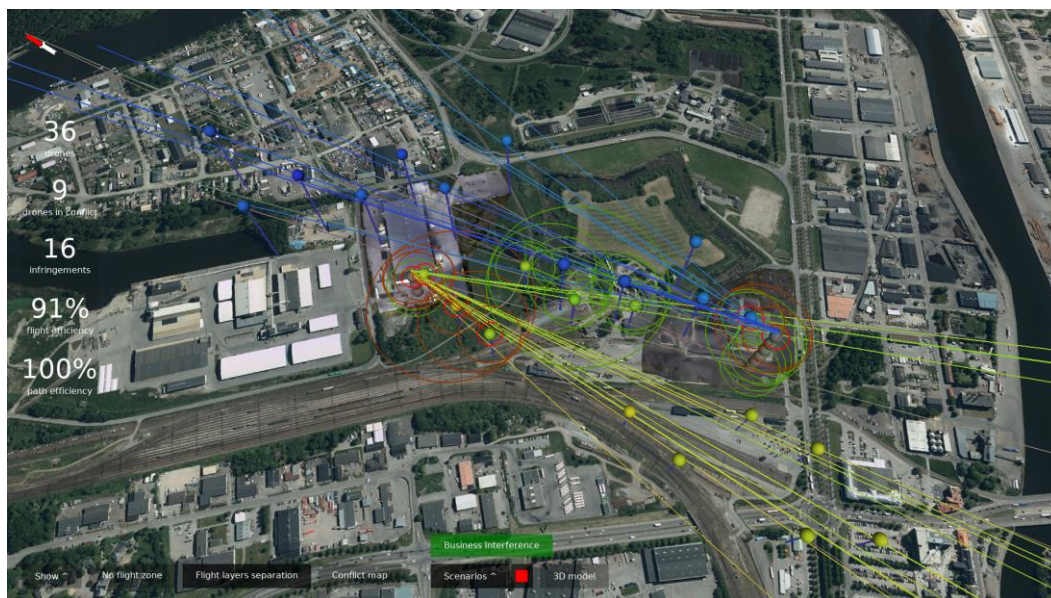
Bilden visar ett geofence som sträcker sig in från bildens vänstra kant. I hörnet till höger ser vi en knutpunkt, samt konflikter som uppstår i hörnet. Detta är en vanlig sidoeffekt av att kombinera geofences med trafik. I dessa hotspots får vi också ökat buller samt ökad risk (eftersom vi har ökad trafik just där). Verktyg krävs för att hantera dessa hotspots för att lösa upp dem eller se till att de inte hamnar på oönskade platser.



Trängsel utanför geofences. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

6.2.3 Korsande trafik, genom trafiklager

Bilden visar ett sannolikt trafikscenario vid två lager som båda har drömlarleveranser. Dessa två lager är placerade nära järnvägen för att kunna hämta upp godstrafik. I scenariet har det "blå" lagret leveranser att genomföra som ger kortaste rutter över det "gula" lagret. Det "gula" lagrets leveranser får kortaste rutter över det "blå" lagret. Detta skapar potentiella konflikter, särskilt vid start och landning. I det här läget behöver trafikregler kunna införas lokalt, för att hantera konflikterna. Visserligen kanske de två aktörerna själva kan komma överens om trafikregler, men ett robust system måste också kunna hantera att en tredje aktör kommer in i bilden, eller att de inte kommer överens.



Korsande trafik över lager/leveransbyggnader vid övergång från tågtrafik. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

6.3 Gränssnitt människa-automation

I föregående avsnitt presenterade vi grundkoncept för styrning av luftrummet. I följande avsnitt presenterar vi exempel på gränssnitt människa-automation till verktyg för övervakning och styrning.

6.3.1 Dashboard och KPI:er



I vårt koncept övervakas luftrummet genom KPI:er. Initialt presenteras fyra exempel. Den översta siffran visar antalet drönare i luftrummet, de resterande fyra är KPI:er. De är indelade i KPI:er för säkerhet och KPI:er för luftrumseffektivitet.

De två KPI:erna för säkerhet visar först konflikter (antalet drönare som är engagerade i D&A), sedan en siffra för antalet drönare som inte fullt ut klarar att separera (separationsunderskridanden). Detta är en indikator på trängsel.

De två KPI:erna för effektivitet är relaterade till två luftrumsverktyg. Det första är ett effektivitetsmått som är kopplat till D&A, och som visar andelen drönare som inte (i ögonblicket) flyger enligt sin färdplan (dvs i detta fall så är de engagerade i D&A). Den är därmed snarlik det första säkerhetsmålet. En låg siffra betyder att en stor del av trafiken spenderar tid och energi på att undvika varandra (ineffektivitet). Den andra siffran visar rutteffektivitet. 100% motsvarar att all trafik har direkta rutter. Siffran minskar då geofences läggs in, då dessa medför längre rutter. Siffran indikerar hur mycket längre rutterna blir, totalt sett, för all trafik i luftrummet. (Ett stort geofence behöver inte ge stor påverkan om få rutter passerar rakt över).

6.3.2 Verktyg: Geofences och enklare optimering.

Geofences exemplifierar ett grundläggande verktyg. I nuvarande version är det möjligt att lägga in geofences i 2D (det ljusa markerade området i bilden). När geofences är inlagda räknas rutterna automatiskt om, så att trafiken går runt (kortaste vägen). Det exemplifierar enklare optimering.

I ett UTM-system är det inte självklart att omplaneringen sker på systemnivå. Det kan istället vara så att drönaroperatörer eller operatörer av drönarflottor genomför omplaneringen.

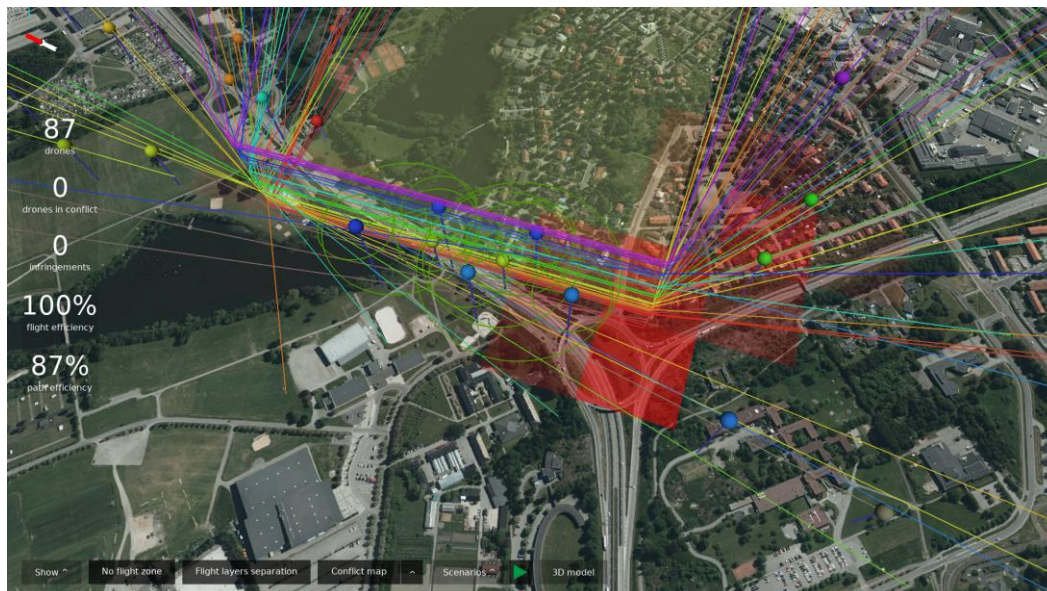
En utmaning för UTM-systemet är övervaka geofences, och upptäcka (eventuellt även förutsäga) överskridanden (illustreras av den streckade pilen på bilden).



Geofence. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

6.3.3 Verktyg: Heat maps

Den illustration av hur d&a fungerar som vi visat tidigare är inte lämplig för trafikledning. Den visar bara pågående konflikter. Vad trafikledaren istället behöver se är återkommande konflikter (hotspots). I nedre visas det med röda fyrkanter, som får en mörkare nyans när flera konflikter uppträder nära i tid. Denna sk. Heat map visar hotspots för konflikter, som trafikledaren kan behöva hantera.



Trafiklager. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

6.3.4 Verktyg: Trafiklager

Den övre bilden visar en situation där alla drönare hanteras som ett enda lager, dvs alla drönare samsas om en flyghöjd. Det kan vi se då varje flyghöjd representeras av en färg.

Vår dashboard visar att vi har X drönare, men även en riskabel situation med X underskridanden (från X konflikter). Vi har också bara X flight efficiency, vilket beror på mängden konflikter. Vi ser också att detta stora geofence (som omfattar flygplatsen i Norrköping samt inflygningsområdet) minskar rutteffektiviteten till X i vårt trafikscenario.

Den nedre bilden visar motsvarande situation med trafiklager aktiverat. Vi har 360 olika flyghöjder (en per grad). Varje flyghöjd visas med en färgnyans. I konceptet kan då mötande trafik alltid passera över/under varandra. Drönarsymbolen (samt ruttlinjer i sin helhet) visar nuvarande höjd med sin färg. När trafiklager aktiveras ser vi genast effekten i vår dashboard Autonom trafik (ledning)?

En återkommande fråga i workshop två med trafikledare – som återkom för i princip varje trafiksituation var – kan inte datorn sköta det också? Sammantaget ställer det frågan om trafikledningen kan vara helt autonom (full automation) på sin spets.

Vårt koncept baseras på minimal intervention – att systemet ska vara autonomt så långt som det är möjligt. Efterhand som nya komponenter läggs till, eller trafikmängd eller trafikmönster ändras, ser vi dock sidoeffekter, som gör att systemets kapacitet överstigs. Det ger osäkra och/eller ineffektiva situationer. I princip kan varje sådan situation hanteras med ny automation. Utmaningen är att ha en heltäckande automation från dag ett, som klarar alla situationer autonomt. Om vi utgår från att automation införs som vanligt, så kommer detta inte att inträffa. Traditionellt inför man automation för att klara det som är enkelt att automatisera, eller som är värdefullt att automatisera. Sedan lämnar man övrigt till operatören. Det skulle ge en situation där nya verktyg införs efterhand för att hantera uppkomna situationer. Det medför också att vi behöver ge operatören verktyg för att hantera övriga situationer, under den tid som automationen byggs upp. Vi vet ännu inte på vilken automationsnivå systemet som helhet kommer att stabiliseras. Det är grunden för vår diskussion i nästa avsnitt, om operativa koncept.

7 Operativa koncept, för U₃-U₄

I följande avsnitt beskrivs grundläggande koncept för människa-maskin-gränssnitt för UTM och grundläggande koncept för optimering, med fokus på realtidsjustering av planerad trafik.

Följande avsnitt adresserar projektmål 4-6:

- *Projektmål 4: Värdera hur den plan för obemannat flyg (i fyra steg) som NASA baserar sitt arbete på skulle vara användbar i Sverige. (ändrat till U-space, se avsnitt 2.4 för motivering)*
- *Projektmål 5: Identifiera behov av justering av nuvarande reglering (exempelvis angående trafik nära flygplatser, över bebodda områden). (nedtonat i projektet, se avsnitt 2.3 för motivering)*
- *Projektmål 6: Identifiera centrala utmaningar för fortsatt forskning och utveckling*

Utgångspunkten i vår studie UTM50 var en hög grad av automation (jämfört med vanlig flygtrafikledning) för att kunna hantera intensiv drönartrafik (men även en låg trafiknivå). Därför har vi utforskat koncept där operatören agerar luftrumsledare snarare än trafikledare. Drönarna flyger autonomt, med automatiserad separation (eller med separation som sköts helt eller delvis av drönaroperatörerna). Luftrumsledaren hanterar istället avgränsningar i luftrummet, exempelvis områden som är avstängda för trafik (geofences), samt kapacitet för trafik (t.ex. med avseende på risk eller buller).

Principen har varit att utforma luftrummet med så få avgränsningar som möjligt, givet förutsättningar, exempelvis behov av geofences, och trafikmängd.

I det koncept som vi arbetat med i UTM50 övervakas luftrummet med hjälp av dashboards. I UTM50 har vi en enklare sifferbaserad dashboard som visar ett par grundläggande KPI:er för hela luftrummet. Vi har även visualisering integrerat i en kartvy, som exempelvis kan visa trängsel i luften över tid med en så kallad heat map (samt enskilda rutter och drönarpositioner).

Vi ser också framför oss att luftrummet anpassas först med grundläggande byggstenar, med ökande stöd av automation, men med verktyg för manuell anpassning (vid behov). Vi ser detta som tre förmågor: U4a, U4b, och U4c.

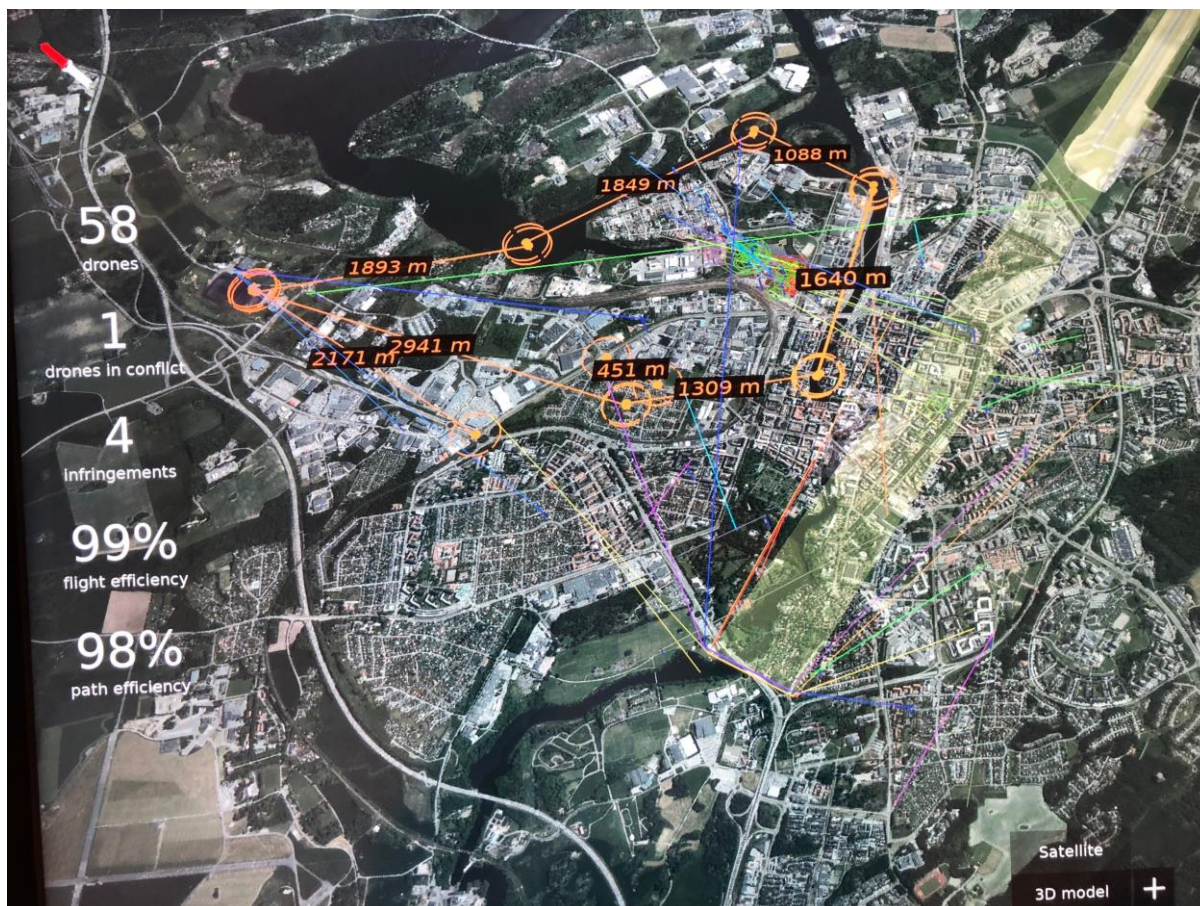
Avancerad UTM kräver att systemet kontinuerligt publicerar nuvarande luftrum och regler för drönnarrörelser. Dessutom kräver det att systemet kan hålla reda på drönnares förmåga att följa de luftrumsregler som sätts upp. Det är viktigt av följande anledning. Anta att luftrumsdesignen följer principen att inte använda mer struktur än nödvändigt, vilket i det enklaste fallet innebär free flight, att man får åka fritt från A till B. Anta sedan att problem uppstår i luftrummet (t.ex. mer trafik än man förutsett), och en ny luftrumsdesign ska införas (luftrumslager). Systemet måste då hålla reda på om den trafik som är inne i systemet klarar en direkt övergång till lager (annars måste man vänta tills den trafiken passerat). Systemet måste också hålla reda på om planerad trafik klarar reglerna (annars måste man avstå från förändringen i luftrummet eller ta tillbaka tillstånd för drönnaren att genomföra sin rörelse.)

Konsekvenser för reglering och tillståndsgivning

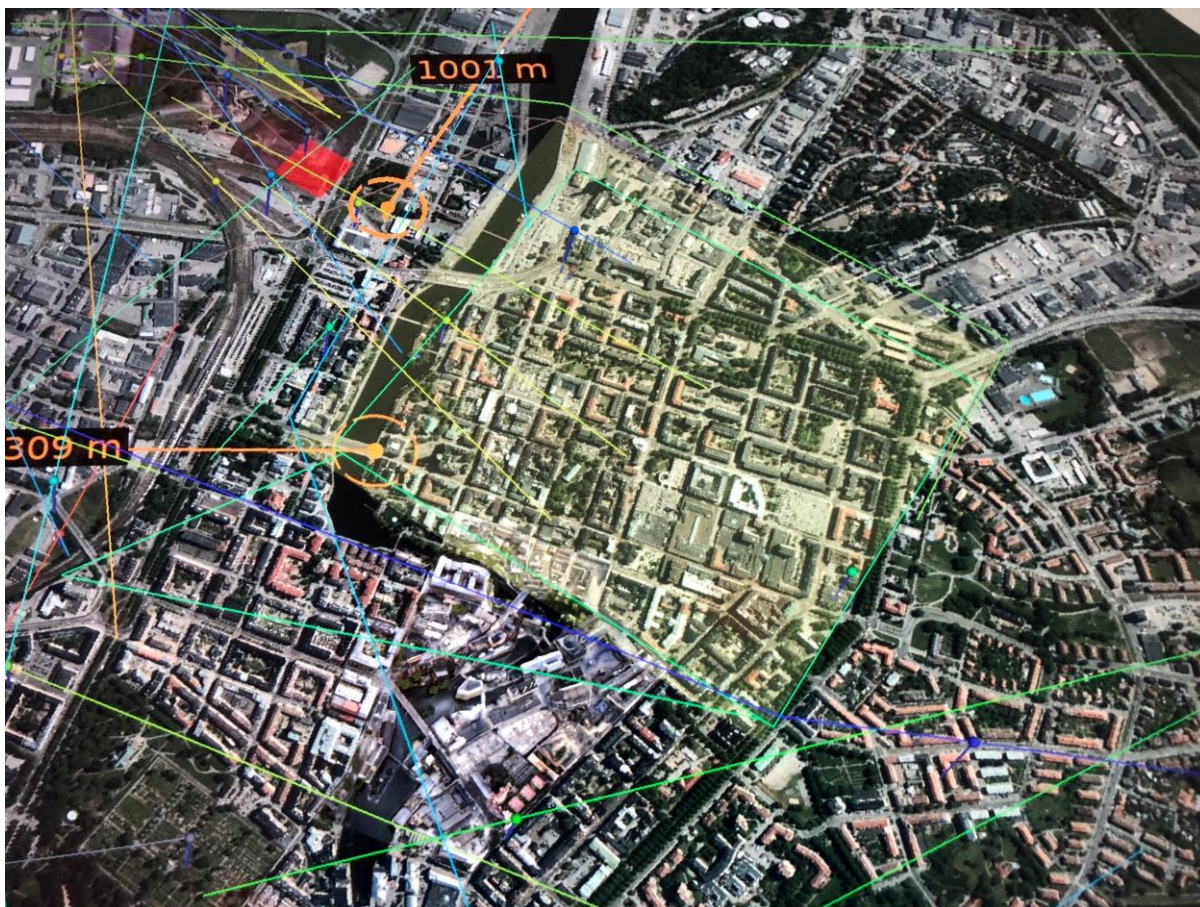
Representanter från Transportstyrelsen har varit mycket engagerade i frågan om reglering. Under projektets gång har internationella regler utvecklats, och har rapporterats till projektet av TS representanter. En annan aspekt, tillståndsgivning för drönnaroperationer utom synhåll, har samtidigt vuxit i betydelse. I projektet har därför vi valt att utöka vårt fokus till att gälla tillståndsgivning, där reglering är en aspekt. Den aspekten har tagits vidare under hösten 2018 i ett projekt som leds av Transportstyrelsen.

- Det kanske viktigaste gäller reglering/tillståndsgivning av flyg nära flygplatser. Där behöver regleringen följa UTM-systemets förmåga att hantera obemannat flyg, genom att exempelvis lägga ett mindre avgränsningsområde (geofence) kring flygplatsen, i samband med trafik. Detta behöver då ersätta generella regler för avstånd till flygplats, för vissa typer av drönnaroperationer.
- Reglering / tillståndsgivning behöver också hantera följande frågor. Företräde vid akuttransporter. Avvägningar, så som buller (kan "gömmas" om drönnare åker där det redan finns biltrafik) vs säkerhet (farligt om drönnare faller ner bland biltrafik, mindre farligt om de landar på ett hustak). Reliabilitet i drönnaren mot tekniska fel. Detect-and-avoid, även för fjärrstyrt flyg, samt regler för företräde.

Exempelfall "One-hour delivery"



Rutter för one-hour delivery. Background generated from GSD-Ortofot25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.



Interaktion mellan leveranstjänster och geofence för blåljus. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

Den metodik som utvecklats i projektet med Transportsyrrelsen (TSARA) användes i en workshop för tillståndsgivning för stadstrafik, som delades mellan de två projekteten. Ett fall (one-hour delivery) användes. I stora drag kräver UAV-konceptet för operationer för stadsoperationer större teknisk beskrivning av UAV-plattformen och fokus på interaktionen mellan UAV-operationer. Tredjepartsrisker skiljer sig. Fallet var en timmes leveranser (one hour delivery) av lätta produkter från ett lager i utkanten av Norrköping, till hela staden. Den övre bilden illustrerar tre rutter som beaktas (med mätningar av rutternas längd, i orange); en flygplats geofence i ljusgul (som föreslagits i en ATM-workshop i UTM50); och andra färgade linjer (drönarrörelser från olika simulerade tjänster och fritidsaktiviteter). Den andra bilden illustrerar effekterna av ett oplanerat geofence som polisen satt upp (ljusgul). Bilden visar att den överlappar med landningsplatser för flera planerade leveranser, liksom några av de potentiella vägarna för drönare. Med avseende på oplanerat geofence fastställda t.ex. av polisen behöver tillstånd/reglering omfatta hur detta kan hanteras. Vidare krävs nya system så att polisen (eller andra akutmottagningstjänster) snabbt (i realtid) kan ansöka om nya geofences hos TS, som TS snabbt kan reagera på.

UAV-plattformskraven är särskilt en faktor när man beaktar markrisker (dvs risker för objekt på marken), vilket är avgörande i det urbana fallet. Markrisker berör exempelvis personer eller fordon. I workshopen föreslogs att krav ställs på exempelvis flygtimmar i förhållanden som liknar rutterna i staden. Graden av likhet som krävs och antalet timmar som krävs är en öppen fråga för reglering. För att hantera markrisker kan befolkningstäthetskartor behövs, som också måste spegla förändringar över dagen (t ex arbetsplatser jämfört med fritid och vila).

För att hantera markrisker är ett alternativ att ta mindre direkta vägar, över mindre befolkade områden (t.ex. över vatten eller "gröna" områden) eller över byggnader. Detta medför dock risker på grund av längre tid i luften, och inducerar också risker för trängsel om lämpliga områden är få/små. Detta gäller sålunda luftrisker. En annan fråga gäller vad drönaren gör vid plötsligt behov av att avbryta flygningen.

Luftrisker gäller luftkollisioner, med andra drönare eller andra flygplan. När det gäller andra flygplan sågs situationen som mer hanterbar. Om en lokal geofence runt flygplatser (som föreslagits i UTM50) kan användas för tider med luftrumsanvändning, begränsad till det specifika område som används för luftrörelsen) skulle det vara relativt lätt att hantera flygplatsrelaterade risker. Detta skulle emellertid kräva (som föreslagits i UTM50) att drönare/operatörer kan få geofenceuppdateringar i realtid.

Hantering av risker som beror på trängsel var en punkt som togs upp men som inte lösts från tillståndsgivningsperspektivet. Om inte operatörerna kan samarbeta vid trängsel, och om trafikledningsåtgärder är otillräckliga, krävs medel/reglering för att prioritera trafik.

Se även rapport från Transportstyrelsens projekt om metodiken TSARA angående tillståndsgivning.

Konsekvenser för optimering av rutter (hos drönaroperatörer och drönarpiloter)

En mycket viktig aspekt av dessa systemkrav för avancerad UTM är att drönarpiloter samt algoritmer för optimering av exempelvis rutter måste kunna ta hänsyn till de regler som sätts upp (om man i något område måste åka mellan 40-50 meter när man åker i öst-västlig riktning, måste optimeringsalgoritmen och piloten kunna hantera denna begränsning). Algoritmerna/piloten måste också kunna hantera detta i realtid. I vissa fall kommer piloten vara en operatör på marken, i andra fall automation (autonomi) antingen ombord eller på distans. I båda dessa fall, måste piloten/automationen både ha en aktiv informationskanal, förmåga att ta in informationen, och förmågan att flyga enligt den.

Redan initialt måste drönaroperatörer kunna hantera att nya grundläggande begränsningar av luftrummet sätts upp.

Dessa begränsningar sätts upp genom UTM-systemet, där en operatör övervakar och justerar luftrummet (enligt vårt koncept). Exempelvis, skyddade områden (geofences) som sätts upp oplanerat för att hantera oväntade händelser, eller skyddade rutter som sätts upp oplanerat för att hantera utryckningsdrönare (exempelvis en snabb vinge som snabbt ska göra en inspektion av en skadeplats, och som ska ha företräde i luftrummet, genom en skyddad direktrutt). I ett nästa steg, när bieffekter uppstår (exempelvis trängsel i hörn och kanter av geofences) krävs nya verktyg. Verktyg för manuell justering krävs för nya, ovanliga eller oväntade situationer. Viktiga återkommande justeringsbehov kan istället stödjas genom ny automation som även kan ge optimerade lösningar (som först måste utvecklas och integreras i UTM-systemet).

7.1 Centrala utmaningar för fortsatt forskning och utveckling för U₃ och U₄

U4a, Grundläggande luftrumsverktyg: Övervaka kapacitet och styr genom begränsningar

Verktyg. I ett första steg kan operatören införa grundläggande luftrumsstrukturer, så som geofences, geocages, protected trajectories (i4D), luftrumslager. Detect-and-avoid för individuella drönare sköts autonomt eller av drönarpiloter.

Andra-ordningens effekter. Systemet kan i det här steget inte hantera att lokala problemområden uppstår som en bieffekt av de luftrumsstrukturer som sätts upp.

Dashboard. En rudimentär dashboard visar hur systemet presterar vs begränsningar, genom att visa KPI:er för luftrumsoperatören. Denne kan då införa begränsningar för trafikmängden (eller lägga in grundläggande luftrumsstrukturer) i hela/delar av luftrummet.

U4b, Manuell justering: Anpassa luftrummet manuellt, för att lösa lokal/situationsbaserade problem i luftrummet

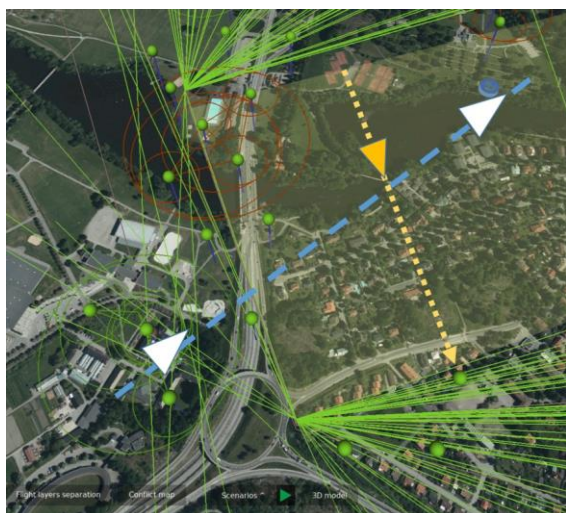
Verktyg för andra ordningens effekter. Verktyg utformas för att kunna modifiera luftrummet manuellt, så att lokala problem kan hanteras utan att begränsa trafikmängden. Exempelvis genom att lägga in lokala regler om flyghöjder, prioritet mellan olika drönarkategorier.

Dashboard. En mer avancerad dashboard visar och predicerar effekt av KPI:er på luftrummet, av att genomföra planerade justeringar.

U4c, Optimeringsverktyg: Anpassa luftrummet automatiskt (optimerat), med mänsklig övervakning (justera parametrar för optimeringen).

Verktyg för andra ordningens effekter. Optimeringsverktyg (automation) införs för att hitta optimala lösningar på viktiga eller vanliga luftrumsproblem. Operatören justerar parametrar och vid behov även de lösningar som optimeras tillsammans med systemet.

Bilden illustrerar ett sådant exempel. Vi har tagit en stillbild av vår simulering, i ett läge där vi har intensiv drönartrafik kring flygplatsens geofence. Vi har ritat in vita pilar som illustrerar flygplan som går in för landning. Ett automatiseringsverktyg skulle exempelvis kunna ge stöd för att genomföra drönarflygningar mellan landningarna, vilket illustreras av den gula pilen och streckade linjen.



Koncept för delning av luftrum över flygplats mellan landningar. Background generated from GSD-Ortofoto25 and GSD-Höjddata, grid 2+ ©Lantmäteriet.

8 Slutsatser från ett verksamhetsperspektiv

Projekt UTM 50 nytta bedöms som signifikant för att informera ansvariga myndigheter och beslutsfattare till en nivå där beslut kan fattas som gagnar respektive verksamhet, samhällsutveckling med tonvikt på att möjliggöra ett effektivare nyttjande av luftrummet.

Drönanoperationer förväntas i närtid öka kraftigt i okontrollerad luft och i stadsnära områden på låg höjd. LFV är ansvarig för de tjänster som utövas här men saknar i stor omfattning infrastruktur för övervakning och kommunikation samt system för att tillhandahålla tjänster i detta luftrum. Mindre anpassningar av det kontrollerade luftrummet kan krävas och en förbättrad förmåga vad gäller informationshantering och att hantera förfrågningar om tillträde för drönare till kontrollerat luftrum och restriktionsområden.

- UTM 50 projektet visar på en lättfattlig och effektiv metodik för att demonstrera samhälls påverkan av autonom drönartrafik i första hand.
- UTM 50 projektet visar hur gränssnittet mot samhällsfunktioner skulle kunna utformas
- UTM 50 projektet visar hur ett framtida gränssnitt och integrering med traditionell flygtrafik skulle kunna utformas

De tjänster som behövs för drönare kan introduceras i fyra definierade steg. För de två första stegen U1 och U2 i perioden 2019-2022. Idag finns ett antal tekniska leverantörer som kompletterar dagens flygtrafik och flyginformationstjänst med den funktionalitet som behövs för att hantera autonom och pilotstyrd drönartrafik.

Största värdet och nyttan av UTM 50 projektet tillskrivs till tre lika viktiga delar;

- LFVs nödvändiga anpassning och utökning av tjänsteutbud för att göra luftrummet tillgängligt,
- Konkretisera utmaningar för en ökande drönartrafik vad gäller regelbildning och stadsplanering,
- Kommunikation till samhällsmedborgare och samhällsfunktioner

LFV och LiU fortsätter utvecklingen inom projekt UTM CITY som omfattar autonom drönartrafik i, över och emellan städerna Linköping och Norrköping där mer avancerade tjänster (U3/U4) utforskas ex. drönartaxi, jordbruk, miljö och övervakning.

9 LEVERANSER

1. Demonstration: En grundläggande **interaktiv visualisering** av obemannad flygtrafik under 50 meter och förutsättningar för ett säkert luftrum. (Se bifogad film och avsnitt 6 som förklarar innehållet i filmen)
2. Demonstration: Grundläggande visualisering av UTM och optimering av flygrutter i simulerad flygtrafik inom okontrollerat luftrum över stad med omgivande landsbygd. (Visades upp under projektets slutpresentation samt i workshops under projektet.)
3. Grundläggande koncept för människa-maskin-gränssnitt för UTM i form av dokument (se artikel (Lundberg et al. in press), och avsnitt 6).
4. Grundläggande koncept för optimering (ändrat till luftrumsverktyg), med fokus på realtidsjustering av planerad trafik i form av dokument (se artikel (Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018), och avsnitt 6).
5. Tjänstekoncept med ett mindre antal tillhörande exempel (se avsnitt 4).



AIR NAVIGATION SERVICES
OF SWEDEN

Dokumenttyp
RAPPORT 2018

Datum
2019-03-21

Ver.rev
29 (29)

Dokumentnummer

Sida

Sekretess
INTERNT

Enhet
SoU

Avdelning
Fol

Upprätta av

Jonas Lundberg / Billy Josefsson

Godkänd av

Billy Josefsson

Referens

6. Workshops med intressenter (se avsnitt 3)
7. Sammanfattande slutrapport (denna rapport) och öppen presentation (genomförd).
8. Underlag för presentationer på ATM/UTM konferenser (samt tillhörande artiklar/posters) (se referenser och publika presentationer i nästa avsnitt).
9. <https://vimeo.com/292928889> lösen: LfV2018

Referenser och publika presentationer

Projektet har presenterats för akademi i en journalartikel (Lundberg et al. in press) samt på Digital Avionics Systems Conference och på European Conference on Cognitive Ergonomics med tillhörande konferensartiklar (Lundberg et al. 2018, Lundberg, Josefsson, and Lundin-Palmerius 2018).

Projektet har även presenterats på branschkonferensen Sesar Innovation Days som poster. I Sverige har projektet presenterats för allmänheten på projektets öppna slutpresentation 2018, samt på Kulturnatten 2018 i Norrköping. Vi har även varit inbjudna talare på konferensen UNC 2018 (unmanned nordic conference) i Oslo arrangerad av UAS Norway; samt på UAS forum 2018. Projektet har också presenterats för Vinnova och trafikverkets konferenser, flygledarföreningen. I projektet har vi även genomfört branschworkshops under 2016 och 2017, i vår referensgrupp. Projektet har också presenterats på Transportforum i Linköping under 2018 och efter projektets slut i januari 2019 (den senaste presentationen uppmärksammades också i media). UTM 50 har presenterats för ca 1500 personer.

När det gäller direkt engagemang med projektets mottagare så var detta fokus för slutpresentationen, samt branschworkshops. Slutpresentationen hölls i Visualiseringscenter vid Linköpings Universitet där ett 60 tal inbjudna berörda aktörer och myndigheter närvarade. Utöver det så har vi genomfört workshops med deltagare från LFV samt Transportstyrelsen, vid utveckling och värdering av koncept.

Lundberg, J., M. Arvola, C. Westin, S Holmlid, M. Nordvall, and B. Josefsson. in press. "Cognitive work analysis in the conceptual design of first-of-a-kind systems – designing urban air traffic management." *Behaviour & Information Technology*. doi: 10.1080/0144929X.2018.1505951.

Lundberg, J., B Josefsson, and Karljohan Lundin-Palmerius. 2018. "Urban Air Traffic Management (UTM) Implementation In Cities – Sampled Side-Effects." 37th Digital Avionics Systems Conference, London, UK, 23 - 27 September 2018.

Lundberg, Jonas, Carl Westin, Mattias Arvola, Stefan Holmlid, and Billy Josefsson. 2018. "Cognitive Work Analysis and Conceptual Designing for Unmanned Air Traffic Management in Cities." Proceedings of the 36th European Conference on Cognitive Ergonomics, Utrecht, Netherlands.