

Geografiska förutsättningar för innovativ luftmobilitet

En kort vägledning om rumsliga, tekniska
och planeringsmässiga förutsättningar –
för regionala och lokala aktörer

Geografiska förutsättningar för innovativ luftmobilitet

Projektansvarig: Rocky Cueva Alban – Region Skåne

Författare och medverkande: Åke Sivertun, Hanna Müller, Rasmus Lundqvist – RISE Research Institutes of Sweden

Region Skåne, 2025

<https://utveckling.skane.se/publikationer>

Geografiska förutsättningar för innovativ luftmobilitet

Denna rapport är den tredje och avslutande delen i en serie framtagna av Region Skåne tillsammans med RISE Research Institutes of Sweden AB, inom ett större projekt som syftar till att stärka Sveriges förutsättningar att integrera innovativa luftfartstjänster (IAM) ur ett regionalt och kommunalt perspektiv.

Rapporten bygger vidare på de två tidigare delarna: **rapport 1 – Innovativ luftmobilitet i Skåne**, som introducerade de strategiska och regelmässiga grunderna, samt **rapport 2 – Organisatoriska förutsättningar för innovativ luftmobilitet**, som behandlade hur samhällsaktörer kan förbereda sina interna strukturer för att hantera innovativ luftmobilitet (IAM).

I denna tredje rapport fokuserar vi särskilt på de geografiska data och analysverktyg som är nödvändiga för att effektivt planera och genomföra operationer med obemannade flygfarkoster. Genom att belysa viktiga verktyg, såsom GIS och andra digitala stöd, besvarar vi frågor som: **Vilka geografiska data krävs? Hur kan de tillämpas inom olika användningsområden? Och hur kan dessa data bidra till en mer effektiv samordning och säker integration av IAM i samhället?**

Rapporten utgör ett konkret stöd för aktörer som arbetar med samhällsplanering, luftrumshantering och digital infrastruktur.

Nyckelord: Innovativ luftmobilitet, drönare, U-space, geografiska UAS-zoner, geografiska förutsättningar, GIS, samordning.

Begrepp och förkortningar

AAM	Advanced Air Mobility – Avancerad luftmobilitet
AIP	Aeronautical Information Publication
ATM	Air Traffic Management – Flygtrafikledning
GIS	Geographical Information System – Geografiskt informationssystem är ett system som hanterar, analyserar och visualiserar geografisk information
GNSS	Global Navigation Satellite System – ett samlingsnamn för satellitsystem som används för navigering, positionering och tidsbestämning
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers – Internationell organisation som bland annat tar fram standarder, publicerar forskningsartiklar och driver teknikutveckling.
LiDAR	Light Detection and Ranging – optiskt mätinstrument som mäter egenskaper hos reflekterat ljus för att finna avstånd eller andra egenskaper hos ett avlägset föremål
NAS	National Airspace System – en samlad struktur för informationsdelning om tillstånd och tillfälliga förändringar i luftrummet
NGP	Nationella Geodata Plattformen
NOTAM	Notice to Airmen – Meddelande om tillfälliga förändringar i luftrummet som kan påverka flygningar, t.ex. restriktioner, övningar eller UAV-operationer.
RTK	Real Time Kinematic – En metod för mycket noggrann GNSS-positionering i realtid. Kräver minst en fast referensstation och en rörlig mottagare (t.ex. på en UAV), där positionsdata korrigeras med hjälp av signaler från basstationen. Ger ofta centimeterprecision.
SORA	Specific Assessment Risk Assessment
SWEPOS	Ett nationellt nätverk av fasta referensstationer som tillhandahåller precisionsdata för GNSS-positionering
UAS	Unmanned Aerial System – Obemannade luftfartssystem
UAS-zon	En del av luftrummet som inrättats av den behöriga myndigheten för att underlätta, begränsa eller utesluta drift av UAS i syfte att ta itu med de risker för säkerhet, personlig integritet, skydd av personuppgifter, luftfartsskydd eller miljö som följer av drift av UAS
UAV	Unmanned Aerial Vehicle – Benämning på den luftburna delen av ett obemannat luftfartygssystem (UAS)
UTM	Unmanned Traffic Management – Obemannad trafikledning
VLL	Very Low Level Airspace. Luftrummet som sträcker upp till 120 meter över markytan

Innehåll

INLEDNING	6
Problemformulering	6
Mål och avgränsningar	6
GEOGRAFISKA FÖRUTSÄTTNINGAR OCH FAKTORER ATT TA HÄNSYN TILL	8
Kunskapsläge inom geoinformation och obemannat flyg	8
Hantering av geodata	10
Geodata och myndighetsstöd för UAV-planering	14
Osäkerhet med GNSS data	16
Planeringsverktyg för obemannat flyg	17
RAMVERK OCH PLANERING FÖR FRAMTIDENS LUFTMOBILITET I STAD OCH LANDSBYGD	22
CITYAM:s geospatiala verktyg för landningsplanering	22
Förutsättningar för ny infrastruktur i Stadsmiljö	23
Landsbygdsmiljö	24
Känsliga områden	25
Planerad och potentiell luftmobilitetsinfrastruktur	26
FRAMTIDENS DRÖNARTILLÄMPNINGAR I NÖDVÄNDIGA SAMHÄLLSTJÄNSTER	27
Transporter inom vården	27
Grundläggande pakettransport	28
Fullskalig UAV-användning för transport och blåljusverksamhet	29
HINDERANALYS OCH INFORMATIONSHANTERING	30
Kommunens och regionens roll vid hinderanalys	30
Rapportering till Transportstyrelsen	30
UAS-zoner som verktyg för luftrumsplanering	31
DIGITALA TJÄNSTER OCH TEKNISKA LÖSNINGAR	32
UTM för rapportering och information vid UAV operationer	32
SLUTSATSER	34
REFERENSER	36

Inledning

För att kunna planera och hantera frågor kring drönartrafik behöver kommuner och regioner förstå de geografiska förutsättningarna i det lägre luftrummet. Drönare flyger vanligtvis i det så kallade Very Low Level Airspace (VLL), vilket sträcker sig från marknivå upp till 120 meter. I denna del av luftrummet finns det betydligt fler hinder, sårbarheter och skyddsvärden än i den bemannade luftfarten på högre höjd. Här samsas drönartrafik med byggnader, master, skogar, skyddade naturområden och platser där människor vistas i vardagen.

Till skillnad från traditionell luftfart kräver därför drönartrafiken en mer detaljerad kartläggning och planering. Kommuner behöver tidigt kunna identifiera:

- områden där drönartrafik inte är lämplig, till exempel skolor, bostadsområden, naturreservat eller kulturmiljöer,
- hur framtida markanvändning kan påverkas av start- och landningsplatser,
- vilken geografisk information som krävs för att fatta välgrundade beslut i planering, samråd och bygglov.

Geografiska informationssystem (GIS) kan samla och visualisera data om infrastruktur, naturvärden, riksintressen, luftrumsrestriktioner och annan relevant information. På så vis skapas ett gemensamt beslutsunderlag som underlättar både strategiska vägval och det praktiska arbetet med remisser och tillståndsprövningar.

Förutsättningarna påverkas också av faktorer som mobilnät- och GNSS-täckning, risk för signalstörningar i tätorter eller kuperad terräng samt behovet av kontinuerligt uppdaterade kartdata, exempelvis vid nya byggprojekt eller master.

Syftet med att lyfta fram dessa aspekter är att visa varför geografiska förutsättningar är en grundförutsättning för kommuner och regioner i arbetet med att förstå och planera drönartrafik. Med rätt underlag blir det möjligt att ta fram tydliga riktlinjer och samtidigt dra nytta av de möjligheter som tekniken kan erbjuda.

Problemformulering

Hur kan befintlig geografisk data i kommuner och regioner bäst användas, kompletteras och organiseras för att stödja planering, beslutsfattande och hantering av frågor kopplade till flygningar med obemannade luftfarkoster inom olika användningsområden?

Mål och avgränsningar

Rapporten syftar till att ge vägledning för hur kommuner, regioner och andra lokala aktörer kan arbeta för att med att förstå och kartlägga de geografiska förutsättningarna för att kunna planera för etablering av geografiska UAS-zoner – särskilda luftrumsområden där flygning med obemannade luftfarkoster regleras genom villkor, restriktioner eller undantag för att kunna fatta välgrundade beslut vid förfrågningar om samråd om upprättande av sådana zoner. Att förstå dessa geografiska förutsättningar är även viktigt vid bygglovsförfrågningar och för placering av start- och landningsplatser, så att verksamheten kan integreras på ett säkert och ändamålsenligt sätt.

Dessutom ska rapporten belysa hur flygningar med obemannade luftfarkoster kan organiseras och hanteras både inom dessa zoner och i de områden som ligger utanför eller mellan dem.

Denna rapport är den tredje och avslutande delen i en rapportserie om innovativ luftmobilitet (IAM), framtagen av Region Skåne och RISE Research Institutes of Sweden AB. Den bygger vidare på den första rapporten, som behandlade regelverk och strategier, samt den andra som fokuserade på organisatoriska förutsättningar. I denna tredje del är fokus riktat mot geografiska och rumsliga faktorer som påverkar genomförandet av flygoperationer med obemannade luftfarkoster.

Geografiska förutsättningar och faktorer att ta hänsyn till

När man planerar och genomför operationer med obemannade flygfarkoster (UAV) är det av stor betydelse att förstå de geografiska förutsättningar som påverkar både säkerheten och möjligheterna för en lyckad flygning. Det lägre luftrummet är komplext och innehåller en rad sårbarheter, hinder och restriktionsområden som måste beaktas. Dessa faktorer omfattar allt från topografi och byggnadsstruktur till elektromagnetiska störningar och skyddszoner för känsliga objekt och områden.

Geoinformation definieras som geografiskt bunden information – det vill säga data som relaterar till en specifik plats på jordytan, såsom information om terräng, höjd, byggnader, vegetation, vägar och andra geografiska objekt. Sådan information samlas ofta in med hjälp av satelliter, flygfoton, laserskanning eller GNSS-baserade mätinstrument, och lagras i databaser som används för planering, navigering och analys. Inom UAV-verksamhet är geoinformation avgörande för att kunna planera flygrutter, identifiera risker i terrängen, undvika hinder och säkerställa att flygningar sker inom tillåtna områden.

För att hantera detta krävs en noggrann kartläggning och analys av både permanenta och tillfälliga geografiska data, vilket kan vara en utmaning då informationen ofta behöver uppdateras kontinuerligt. Denna rapport belyser därför centrala geografiska faktorer som påverkar UAV-operationer, och diskuterar såväl möjligheter som utmaningar vid insamling, hantering och praktisk användning av geodata.

Kunskapsläge inom geoinformation och obemannat flyg

För att minimera potentiella olyckor vid flygningar med obemannade luftfarkoster krävs noggranna förberedelser, riskanalyser och samverkan mellan operatörer och tillståndsgivande myndigheter. Samtidigt behöver skyddsvärda objekt, restriktionszoner och känsliga miljöer beaktas i planeringen för att säkerställa en trygg och hållbar utveckling av drönartrafiken.

Erfarenheter från tidigare genomförda projekt

Ett exempel är Trafikverkets projekt "Positionering – Navigation – Kommunikation för ett framtida Unmanned Traffic Management-system" (PNK4UTM), som genomfördes inom den 40 x 60 km stora UAS-zonen i Västervik mellan 2019 och 2023. Projektet undersökte i vilken mån det var möjligt att genomföra tillräckligt omfattande risk- och möjlighetskarteringar för att kunna få tillstånd från Transportstyrelsen och Luftfartsverket att flyga utom synhåll – en process som idag är lång och komplicerad. Projektet använde bland annat studien av Owemyr och Lundgren (2010), "Noggrannhetskontroll av laserdata för ny nationell höjdmodell", som grund för att utvärdera om den nya nationella laserskannade terrängdatabasen som skapades under projektperioden också var användbar för syftet.

Noggrannheten i det inmätta materialet visade sig variera, och därför genomfördes jämförande mätningar med traditionella lantmäteriinstrument samt med UAV:er utrustade med kameror och LiDAR, på flera platser inom UAS-zonen. Resultaten visade att datan överlag höll god kvalitet, men att variationer i höjdnoggrannhet förekom, särskilt i mer komplex terräng.

Studien visade att kommuner, regionala och nationella myndigheter redan förfogar över stora delar av det kartunderlag som krävs för att genomföra en sårbarhets- och riskbedömning enligt SORA (Specific Operations Risk Assessment), en standardiserad metod som används för att bedöma risker vid UAV-operationer. De topografiska kartor som Lantmäteriet uppdaterar och som nu täcker stora delar av Sverige har en planprecision på cirka $\pm 0,5$ meter, men höjdprecisionen är ofta betydligt lägre. Det finns inga bestämmelser kring vilken typ av höjdangivelse som är mest relevant – höjd över havet eller höjd över markytan – vilket även varierar mellan olika UAV-modeller. För att förbättra noggrannheten måste därför höjdmätare kalibreras vid start och landning, så att den aktuella höjden över marken kan användas vid flygningen.

Datakvalitet och höjdprecision

Vid flygningar i terräng med stora höjdskillnader, exempelvis i dalgångar eller mellan höga byggnader, uppdagades att lasermätningar från flygplan ibland gav felaktiga lägesdata. Detta är särskilt viktigt att ta hänsyn till om man vid flygningar nära byggnader eller i djupa raviner, där marginalerna är små. För att öka noggrannheten i sådana miljöer användes i projektet vägdata från Trafikverket och kommunala kartor, som ofta tagits fram med flera kompletterande inmätningsskikt. Detta gjorde det möjligt att minska osäkerheten i exempelvis byggnaders positioner, planfria korsningar och andra komplexa geografiska miljöer. I tätorter och kring infrastruktur visade sig fasta kontrollpunkter, som ofta redan finns på plats, vara mycket värdefulla för att förbättra precisionen.

Ytterligare osäkerheter uppstod vid flygningar i kustnära områden, där olika metoder använts för att fastställa strandlinjens läge. Eftersom detta läge kan förändras över tid krävs särskild försiktighet vid start och landning nära vatten, för att undvika att UAV:en oavsiktligt hamnar i vattnet. Skogar, kraftledningar och master kan också utgöra risker vid ruttplanering. Eftersom exakta positioner för master numera ofta är sekretessbelagda, måste operatörer hålla säkert avstånd från de ungefärliga positioner som går att få fram. Dessutom krävs noggrann koll på den totala höjden, alltså både marknivå och objektets höjd ovanför mark, för att undvika underskattning av riskerna. Erfarenheterna från projekten visar att det finns goda tekniska förutsättningar att genomföra avancerade UAV-operationer, även i komplexa och riskfyllda miljöer ur ett geografiskt perspektiv. Förutsättningen är att datakvaliteten är tillräckligt hög, att mätosäkerheter identifieras och hanteras, samt att riskbedömningar genomförs metodiskt. Samtidigt kvarstår ett behov av tydligare standarder för höjdangivelse, tillgång till tillförlitliga geodata samt förbättrade rutiner för uppdatering av information om temporära förändringar i miljön, såsom byggarbetsplatser, tillfälliga hinder eller nya restriktionszoner. För att säkerställa att UAV-operationer kan genomföras på ett säkert och effektivt sätt krävs därför ett nära samarbete mellan operatörer, myndigheter och dataleverantörer.

UTM och U-space

Unmanned Traffic Management (UTM) kan ses som det nationella eller lokala systemet för hanteringen av drönartrafik, medan U-space är den europeiska standarden som harmoniserar dessa system och säkerställer interoperabilitet över gränser.

Utanför geografiska UAS-zoner kan det behövas kompletterande verktyg och lokala planeringslösningar för att säkerställa säker, hållbar och koordinerad drönartrafik

I denna rapport används ofta begrepp som UTM, geografiska UAS-zoner och vertiports. Det är viktigt att notera att tjänsterna som tillhandahålls inom U-space främst gäller inom dessa geografiska UAS-zoner.

Standardisering och interoperabilitet

Ett annat centralt utvecklingsområde är standardiseringen av datakvalitet och interoperabilitet mellan olika system, vilket blir allt viktigare i takt med att drönartrafik och autonoma operationer ökar. För att möjliggöra automatiserad ruttplanering och realtidsanpassning av flygningar krävs en gemensam struktur för hur geografisk information lagras, delas och tolkas. Initiativ på europeisk nivå, såsom EASA:s riktlinjer

för U-space och digitalisering av luftrummet, spelar här en avgörande roll. Samtidigt behöver nationella myndigheter anpassa sina system och riktlinjer för att harmonisera med dessa standarder.

Framtida utveckling bör även fokusera på att integrera UAV-system med andra trafikslag och infrastrukturer, exempelvis genom digitala tvillingar av stadsmiljöer eller realtidsdata från trafikledningssystem. Sådan integration skulle inte bara öka säkerheten utan även skapa nya möjligheter för samhällsnyttiga tillämpningar – exempelvis inom räddningstjänst, miljöövervakning, logistik och samhällsplanering.

Sammanfattningsvis visar erfarenheterna från genomförda projekt att geoinformation spelar en central roll för att möjliggöra säkra, effektiva och skalbara UAV-operationer. Utmaningarna ligger främst i datakvalitet, höjdosäkerhet och tillgång till aktuell information, men tekniska lösningar och strukturer för samverkan finns redan på plats eller är under utveckling. Med rätt prioriteringar och samordning kan geodata bli en av de mest kraftfulla resurserna i övergången till ett framtida obemannat luftrum

Hantering av geodata

De svenska myndigheterna, regionerna, kommunerna och andra offentliga aktörer har organiserat *Geodatasamverkan*¹, en tjänst för utbyte och tillgång till geodata och relaterade tjänster för offentlig användning. De olika kart och attributdatabaser som Geodatasamverkan kan erbjuda innehåller geodata och tjänster från Lantmäteriet, Sjöfartsverket och Sveriges geologiska undersökning (SGU).

De regionala geodatasamordnarna på Lantmäteriet fungerar som en viktig resurs för information och rådgivning på lokal och regional nivå. Tillsammans med myndigheter, kommuner och andra organisationer verkar de för att främja samarbete och säkerställa att insamlade geodata används på ett effektivt sätt till samhällets bästa. Geografiska data samlas idag in för många olika ändamål på kommunal, regional och nationell nivå. Det kan handla om objekt i punktform, linjer eller ytor, samt om information om höjd och temporala förändringar som är viktiga för analyser, till exempel vid planering av drönarflygningar.

Exempel på data är fastighetsgränser med geografiska koordinater, uppgifter om ägare och markanvändning, byggnader och flerbostadshus med koppling till folkbokföringsregister, samt information om djurbesättningar eller verksamheter som kan påverkas av UAV-operationer. Adressregister och vägnät gör det möjligt att navigera till rätt landningsplats, men för att säkerställa korrekt flygning krävs att koordinaterna stämmer med verklig markplanering. För att dessa data ska kunna användas effektivt krävs standardiserade informationsmodeller som gör det möjligt att relatera platser och objekt till varandra, oavsett varifrån informationen kommer.

Det är också viktigt att data kan anpassas till olika användningsområden och att informationsutbytet sker enligt modeller som gör det möjligt att dela data mellan olika aktörer utan att kvalitet eller säkerhet äventyras. Informationsägare måste ofta se till att data håller en sådan noggrannhet och kvalitet att de kan användas för flera ändamål. Ofta utses en databasvärd som ansvarar för insamling, distribution och uppdatering av data, vilket underlättar kostnadseffektiv insamling, kontinuerlig kvalitetssäkring och möjlighet att upptäcka förändringar över tid.

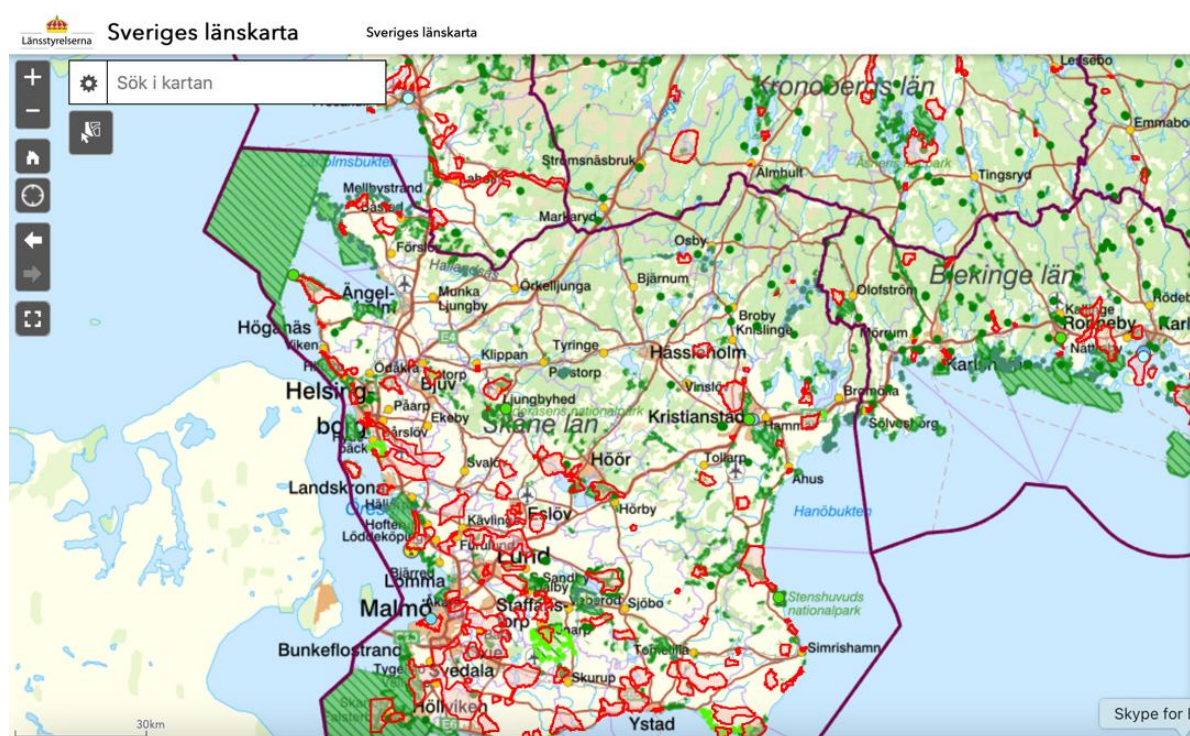
Lantmäteriet och andra myndigheter har ett ansvar att göra geodata tillgängliga i standardiserade format med referenser, till exempel fastighetsbeteckning eller koordinater, vilket gör det möjligt att koppla metadata som beskriver objektens egenskaper och användning. Genom Geodatasamverkan och den Nationella geodataplattformen (NGP) kan behöriga användare ta del av uppdaterad information oavsett vilken myndighet som producerat den. Till fastighetsbeteckningar och byggnader kan även kopplas information om potentiellt farlig verksamhet, såsom gasförvaring eller starka elektromagnetiska fält, och dessa databaser underhålls av kommuner, Länsstyrelsen och andra myndigheter som hanterar tillsyn och tillstånd. Trafikverket ansvarar för data om vägar, järnvägar, flygfält och hamnar, medan andra myndigheter tillhandahåller data om kraftproduktion, distribution och

¹ <https://www.lantmateriet.se/sv/om-lantmateriet/Samverkan-med-andra/Geodatasamverkan/>

miljöförhållanden. För att använda dessa data på ett korrekt sätt krävs kunskap om var de finns, hur de kan nås och vilken säkerhetsklassning som gäller.

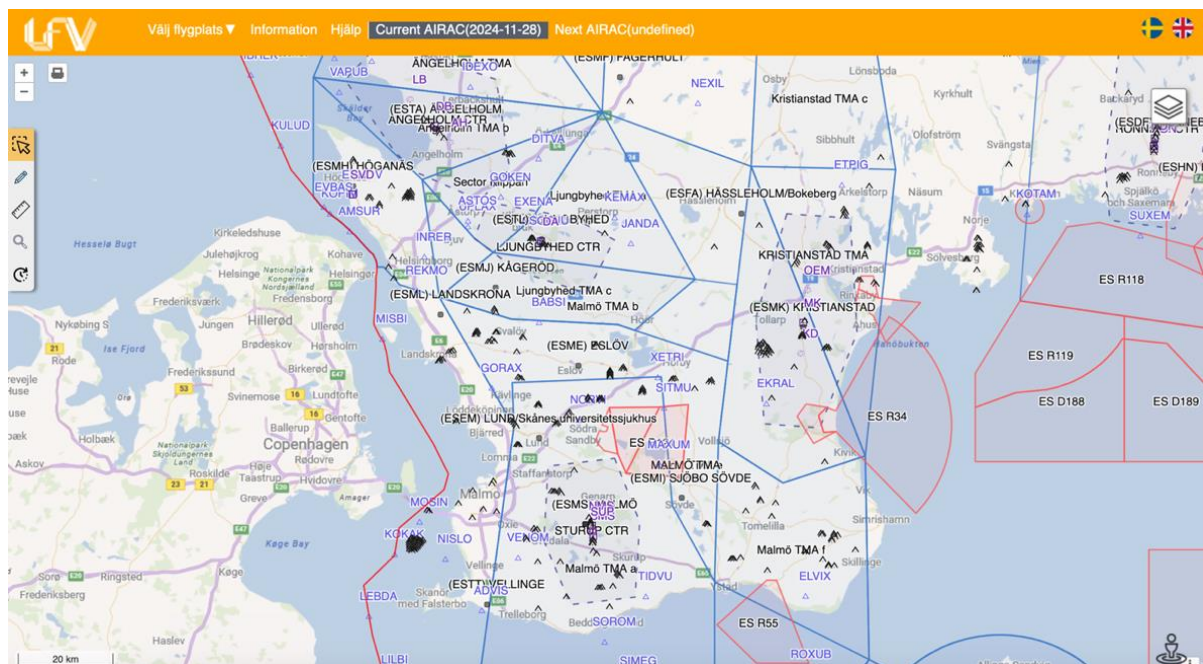
Möjligheter och förutsättningar

Myndigheterna samverkar redan och delar data genom Geodatasamverkan med hjälp av den Nationella geodatatplattformen (NGP) där Lantmäteriet ger tillgång till strukturerade, standardiserade och aktuella datamängder (se Figur 1), vilket möjliggör delning av nationella geografiska data mellan olika aktörer. Här finns det möjligheter att få tillgång till data för de specifika behov som finns för planering av säker, laglig och ändamålsenlig trafik med obemannade farkoster, till exempel genom Luftfartsverkets drönarkarta², se Figur 2. Dessutom måste man se till att dels få tillgång till nödvändiga och tillräckligt detaljerade och uppdaterade databaser från kommunerna och regionerna, dels skapa system som kan hantera dessa och presentera lämpliga områden för flygning. Det gäller även att analysera vilka som ska ha tillgång till dessa data, som i vissa fall kan vara sekretessbelagda.



Figur 1: Exempel på presentation av data i Länsstyrelsens Geodata Portal.

² <https://dronechart.lfv.se/>



Figur 2: Luftfartsverkets drönarkarta³

Vanligtvis låter man olika databasvärdar svara för sina respektive kartager. De ser till att informationen i de tematiska kartskikten sammanställs, uppdateras och kvalitetsgranskas uppdateras och kvalitetsgranskas utifrån sitt specifika ansvarsområde. I många fall gäller det även skydd enligt Plan- och bygglagen (PBL) och sekretesslagstiftning vilket gör det nödvändigt att aggregera eller förenkla vad som kan delas till andra myndigheter eller till allmänheten. Ofta är den geografiska utbredningen av olika objekt och objektklasser ordnad i en geodatabas. Till objekten är sedan attributdata kopplade med mer detaljerade uppgifter om innehållet i ett objekt, som en byggnad eller i ett område till exempel en fastighet. På så sätt behåller skattemyndigheten, som är registerhållare för befolkningsregistret, all administrativ information om alla i Sverige mantalsskrivna medborgare men delar uppgifter till kommunerna som kopplar varje person med ålder och kön till bostaden. Kommunerna i sin tur hämtar adresser och vägdata som är anpassade för analys av avstånd till skola eller äldreomsorg och renhållning mm - vilket är kommunens ansvar.

För att kunna jämföra de olika kartskikten och de data som finns i dessa måste de koordinatsystem man använder och metoderna för att kartera vara sådana att olika mätningar av samma objekt ger samma placering och utbredning på kartan. Olika tillstånd varierar, som till exempel att sjöar ibland svämmer över och ibland har lägre vattenstånd och därmed mindre omkrets. Sådana förhållanden måste man lägga in i kartdatabaserna - särskilt om det är något som händer relativt frekvent. Många fågelskyddsområden är bara aktiverade när fåglarna häckar så både tid och rum bör anges i geografiska databaser.

Data samlas in över olika typer av objekt och företeelser, exempelvis som punktdata för brunnar, master och andra objekt med liten geografisk utbredning. Informationen kan också samlas in som linjer (polylinjer) – exempelvis för att beskriva vägar och gränser – genom att koordinatpunkter länkas samman. Om linjerna slutar till ytor kan man beräkna area och skapa topologier, vilket innebär att databasen innehåller information om hur ytor förhåller sig till varandra, exempelvis om de angränsar till varandra, ligger i ett visst väderstreck eller befinner sig inom ett gemensamt avrinningsområde, ljudutbredningsområde eller liknande. Man kan då söka inte bara på punkt-, linje- eller ytgeometrier utan även på de attributdata som är kopplade till dessa. Ofta räcker det att ha koordinaterna –

³ <https://dronechart.lfv.se/>

ibland som geometrisk mittpunkt, ändpunkter eller en enskild referenspunkt – för att kunna slå upp kompletterande information i andra databaser. Det kan till exempel vara områdets ägare, fastighetsbeteckning, adress eller geografisk tillhörighet till andra indelningar.

Strukturen på datamodellen måste möjliggöra integrering och sammankoppling av befintlig information med nya insamlade data. Den ska dessutom stödja effektiva sökningar i databasen, exempelvis för att identifiera fastigheter där barn är registrerade för att börja förskolan. Genom att koppla denna information till en vägdatas kan kommunen sedan planera och optimera skolskjutsar på ett geografiskt och datadrivet sätt. Genom att vägarna har topologi (den struktur som gör att man vet vilka vägar som hänger ihop, korsas eller har planfria korsningar) kan man optimera rutter så att barnen får åka så kort tid som möjligt till skolan. Man kan även lägga in en planerad flygrutt och analysera hur många människor som bor under den tilltänkta vägen. Använder man den dygnsbefolkningsdatabas som Statistiska Centralbyrån (SCB) tagit fram kan man även få en generaliserad karta över dag- och nattbefolkningar så att man kan välja en tid eller planera flygningen så att så få som möjligt störs. Allt detta kan man göra genom att ha tillgång till relevanta kartsikt i ett Geografisk Informationssystem (GIS).

Geografiskt underlag för planering av drönaroperationer och markanvändning

För att kunna genomföra avancerade flygningar med obemannade luftfarkoster (UAV) på ett säkert och reglerat sätt krävs detaljerad kunskap om både luftrummet och marken nedanför. Denna information är avgörande för att ansöka om tillstånd för flygningar, särskilt vid operationer utom synhåll (BVLOS) eller i komplexa miljöer med höga risker. Samtidigt kan geodata användas för planering av mark- och vattenområden, till exempel för att identifiera lämpliga start- och landningsplatser, analysera säkerhetsbuffertar och ta hänsyn till skyddade områden eller infrastrukturer.

Vidare blir denna information allt viktigare i samhällsplaneringen, där kommuner och byggherrar kan behöva säkerställa att framtida bygglov för drönarrelaterade anläggningar, som landningsplatser eller vertiports, placeras på lämpliga platser utan konflikter med annan markanvändning. Genom att kombinera topografiska, infrastrukturrella och socio-demografiska data skapas ett underlag som stödjer både säker UAV-drift och hållbar markanvändning.

Geografiska data samlas i dag in för många ändamål på kommunal, regional och nationell nivå. Det gäller objekt i punktform, linjer eller ytor, samt information om höjd och temporala förändringar. Exempel på sådana data är fastighetsgränser, ägarinformation, byggnader och flerbostadshus med koppling till folkbokföringsregister, djurbesättningar eller verksamheter som kan påverkas av UAV-operationer, samt adressregister och vägnät för navigering till landningsplatser. För att dessa data ska kunna användas effektivt krävs standardiserade informationsmodeller som gör det möjligt att relatera platser till varandra oavsett datakälla, samtidigt som kvaliteten och noggrannheten säkerställs. Ofta utses en databasvärd för att samla in och dela data, vilket underlättar uppdateringar, kvalitetssäkring och kostnadseffektiv insamling.

Lantmäteriet och andra myndigheter ansvarar för att göra geografiska data tillgängliga i standardiserade format med referenser, exempelvis fastighetsbeteckning eller koordinater, vilket möjliggör koppling till metadata som beskriver objektens egenskaper, användning och innehåll. Genom Geodatasamverkan och Nationella geodataplattformen (NGP) kan behöriga användare få tillgång till uppdaterad geoinformation, oavsett vilken myndighet som producerat den. Till fastighetsbeteckningar, byggnader och tomter kan även kopplas information om potentiellt farliga verksamheter, såsom gasflaskor, elektromagnetiska anläggningar eller annan riskkänslig verksamhet, som underhålls av kommuner, Länsstyrelsen och andra myndigheter. Trafikverket ansvarar för data om vägar, järnvägar, flygfält och hamnar, medan andra myndigheter tillhandahåller data om kraftproduktion, distribution och miljöförhållanden.

Myndigheter samverkar redan och delar data genom Geodatasamverkan med stöd av NGP, vilket möjliggör nationellt utbyte av geografiska data mellan olika aktörer. Detta kan användas för planering av säker, laglig och ändamålsenlig UAV-trafik, exempelvis via Luftfartsverkets drönarkarta, samt för att identifiera lämpliga start- och

landningsplatser, buffertzoner, skyddade områden och kritisk infrastruktur. Databashanteringen sköts av olika databasvärdar som sammanställer, uppdaterar och kvalitetssäkrar informationen, samtidigt som sekretesslagstiftning och Plan- och bygglagen (PBL) begränsar vad som kan delas och hur det presenteras.

Geodatabaser struktureras ofta med punkt-, linje- och ytskikt som kopplas till attributdata, och topologiska relationer mellan objekt gör det möjligt att analysera hur områden, vägar eller andra objekt förhåller sig till varandra. Detta möjliggör bland annat att optimera rutter, analysera befolkningspåverkan, planera UAV-flygningar med hänsyn till dag- och nattbefolkning, samt integrera olika datakällor för att skapa en helhetsbild av risker, möjligheter och markanvändning.

Kommuner, Länsstyrelsen och andra aktörer spelar en central roll i att säkerställa korrekt användning av geodata för UAV-planering. De kan bistå med bedömning av restriktionsområden, lämpliga flygzonen och medling mellan olika aktörers behov för att säkerställa att skyddade områden respekteras. En regional geodatasamverkan, där lokala och regionala myndigheter, befintliga luftrums- och markanvändare samt representanter för allmänheten deltar, är troligen den mest effektiva modellen. Digitala kart- och datahanteringssystem kan särskilja vilka data som får vara öppna, vilka som är sekretessbelagda och vilka som endast visas i aggregerad form för att identifiera lämpliga områden, samt hantera åtkomst på individnivå.

På detta sätt kan samlad geoinformation stödja både säker UAV-drift, tillståndsansökningar, markplanering och framtida bygglov, samtidigt som känslig information skyddas och olika aktörers behov beaktas.

Geodata och myndighetsstöd för UAV-planering

För att kommuner, regioner och andra samhällsaktörer ska kunna delta aktivt i utvecklingen och implementeringen av IAM behöver de bygga upp både kunskap och organisatorisk kapacitet inom UAV-planering. Detta innebär att skapa förståelse för det fysiska rummet, luftfartsregler, operativa behov samt förmåga att använda geodata som planeringsverktyg.

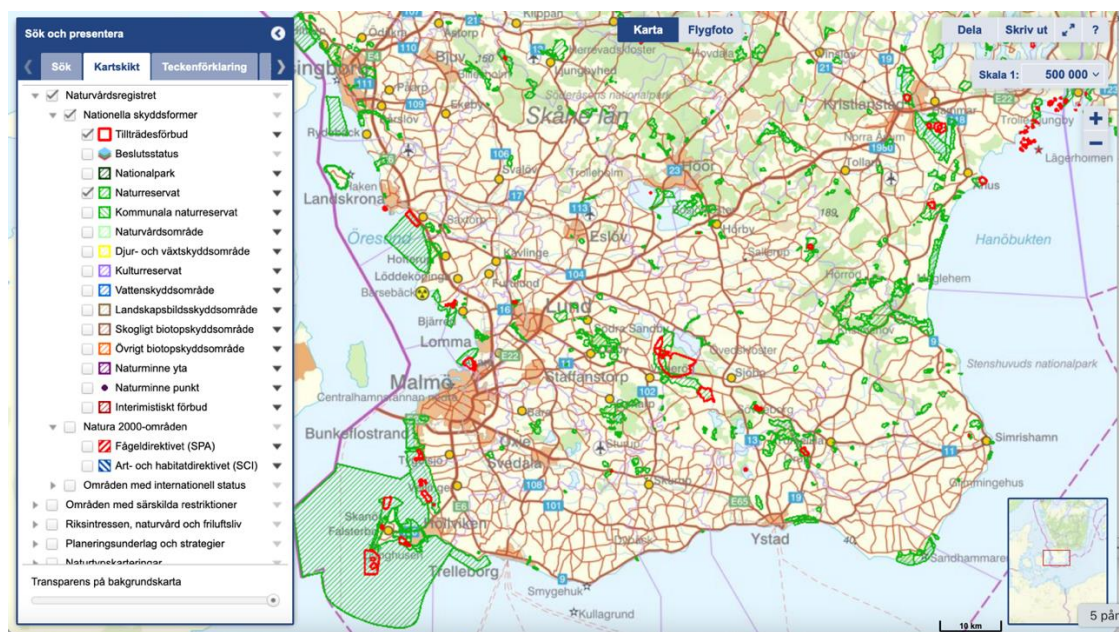
En viktig del i detta är att etablera intern kompetens hos planeringsansvariga, GIS-samordnare och beredskapsfunktioner, samt att utveckla rutiner för samverkan med aktörer som Länsstyrelsen, Transportstyrelsen och Lantmäteriet. Kommuner och regioner behöver exempelvis kunna:

- använda geodata för att identifiera lämpliga flygområden och riskzoner,
- förstå tillståndprocesser och vilka data som krävs,
- analysera hur UAV-trafik påverkar annan infrastruktur och samhällsfunktioner,
- samordna planeringen med räddningstjänst och andra aktörer.

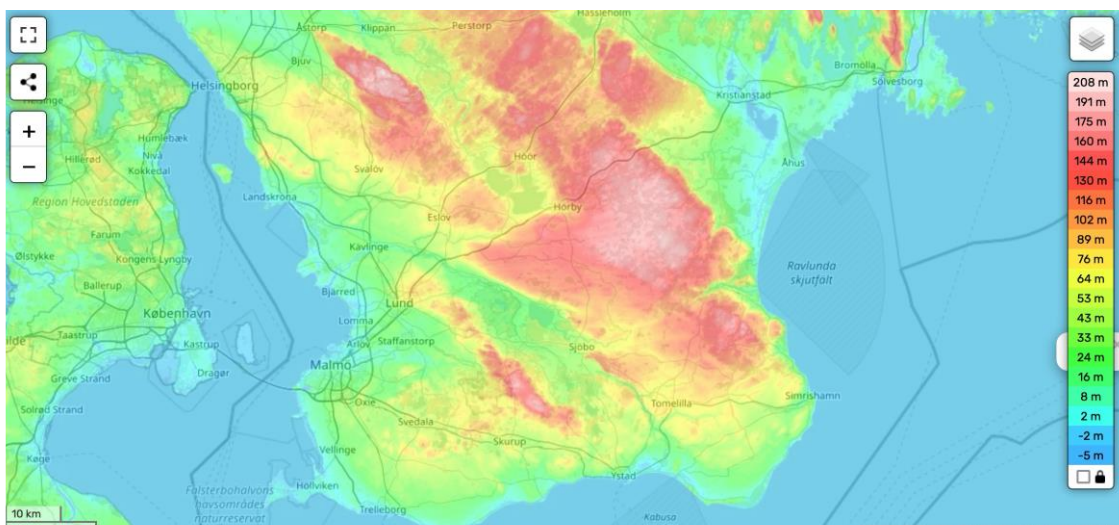
Länsstyrelsens kartor och databaser är ett konkret underlag i detta arbete. De samlar information om topografi, infrastruktur, skyddade områden och sårbarheter som påverkar möjligheterna till säker och effektiv UAV-verksamhet. Genom att integrera dessa kartunderlag i kommunernas GIS-system kan planeringsansvariga visualisera risker, simulera flygvägar och planera insatsområden.

På så sätt blir Länsstyrelsens geodata inte bara en källa till information, utan en praktisk del av den operativa planeringsprocessen. Detta gör det möjligt för lokala aktörer att bidra till en säker, effektiv och hållbar implementering av framtidens luftburna tjänster.

Nedan visas ett exempel på topografiska och infrastrukturella data från Skåne län, som illustrerar den komplexitet och detaljnivå som krävs för effektiv planering och säker drift av UAV-verksamheter i regionen. Dessa kartlager är viktiga underlag för Länsstyrelsens bedömningar och tillståndprocesser, se Figur 3 och Figur 4.



Figur 3: Bild över regionala förutsättningar från Länsstyrelsens karttjänst⁴.



Figur 4: Bild över regionala topografiska förutsättningar.

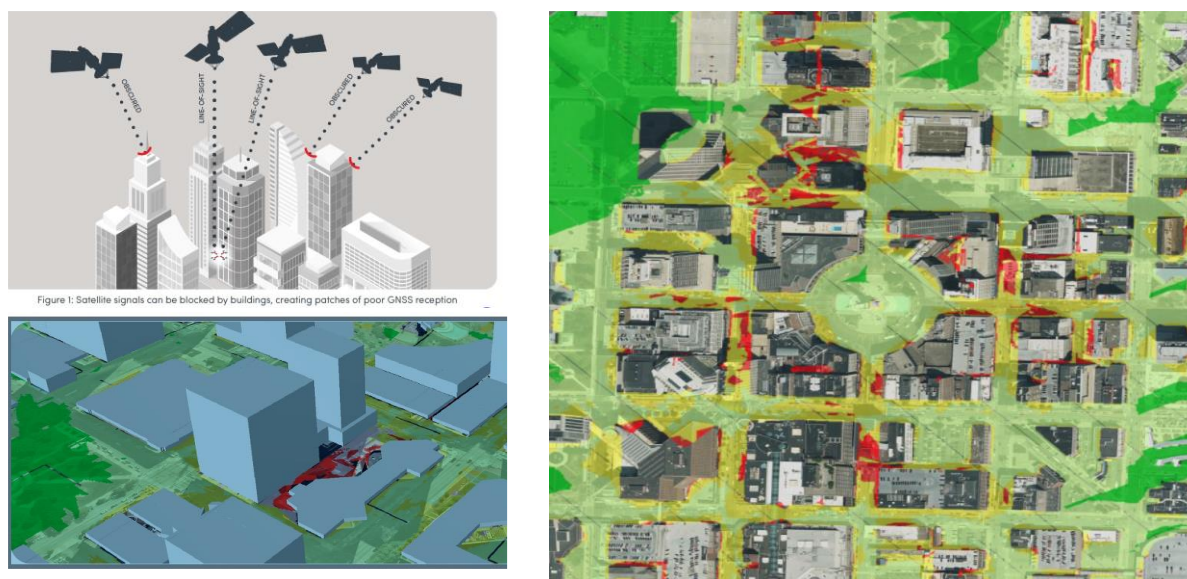
⁴ <https://www.lansstyrelsen.se/skane/om-oss/vara-tjanster/karttjanster-och-geodata.html>

Osäkerhet med GNSS data

För att kunna navigera och positionera obemannade luftfarkoster (UAV) på ett säkert och precist sätt används ofta data från GNSS (Global Navigation Satellite Systems), såsom GPS, Galileo, Glonass och BeiDou. Studier (Trafikverket, 2023) har visat att noggrannheten i positioneringen kan variera avsevärt beroende på satelliternas placering på himlen vid mättillfället. Satelliter som befinner sig högt över horisonten tenderar att ge starkare och mer pålitliga signaler, medan signaler från satelliter nära horisonten oftare är svagare och mer störningsbenägna.

Miljöfaktorer såsom höga byggnader, topografi och vegetation kan dessutom påverka signalerna negativt genom att de reflekteras eller blockeras, vilket kan leda till felaktiga koordinater, se Figur 5. För att hantera detta krävs tillgång till stödsystem som övervakar satelliternas funktionalitet och kan varna för tekniska problem, störningar från rymdväder eller avsiktliga störningar från aktörer som civila kriminella eller statliga operatörer.

Historiska exempel visar att störningar kan få allvarliga konsekvenser. Vid upprepade tillfällen har exempelvis ryska telekrigsförband manipulerat GPS-signaler, vilket lett till att flygplan och fartyg visat felaktig position – ibland med avvikelser på upp till hundra meter. Detta har resulterat i att flygplan försökt landa vid sidan av landningsbanan och att fartyg riskerat att gå på grund. Sådana händelser belyser vikten av att UAV-operationer bygger på robusta och säkra navigationssystem, samt att system för störningsdetektion och korrektion är integrerade i driften.



Figur 5: Illustrationen visar hur satellitsignaler lättast når fram i områden med få höga byggnader, medan täckningskartan tydligt anger områden med dålig GNSS-signal på grund av signalreflektioner och blockeringar i tätbebyggda miljöer.

Möjligheter att undvika problem med falska positionerings-data

För att öka tillförlitligheten används mark- och satellitbaserade tjänster som kan varna för svaga eller störda signaler och, i vissa fall, tillhandahålla korrigeringsdata som kompenserar för felaktigheter i GNSS-positioneringen. I flera svenska projekt har Lantmäteriverkets Swepos-positioneringssystem använts för att säkerställa precisa och tillförlitliga positioner för autonoma farkoster, både på marken och i luften. Swepos kompletterar de direkta satellitpositionerna med korrigeringar och varningar vid eventuella felaktigheter och bygger på ett nätverk av cirka 500 fasta referensstationer — så kallade ”fyrstörn” — som är spridda över hela Sverige och tar emot signaler från alla fyra stora GNSS-system.

UAV:erna sänder sin råa position via mobilnätet till Swepos-tjänsten, som skickar tillbaka korrigerad position och eventuella varningar. Med hjälp av sådana korrektionstjänster kan man uppnå positionsnoggrannhet på centimeternivå med låg osäkerhet. Detta möjliggör precis inmätning och analys av objekt och miljöer, exempelvis för att identifiera sättningar eller skredrisker på vägar, ojämnheter i rälsen och banvallen på järnvägen eller Öresundsbron, samt till och med för att räkna betor på åkrar åt lantbrukare.

Inmätning, kartering och inspektion med UAV kräver ofta stöd från nätverks-RTK (Real Time Kinematic) för att uppnå denna höga noggrannhet. Det är rimligt att anta att omkring 70 % av all UAV-verksamhet idag använder någon form av RTK-stöd, och det finns goda skäl att även andra flygoperationer kan dra nytta av denna teknik för ökad säkerhet och precision. Kombinationen av GNSS, Swepos och RTK-stöd minskar osäkerhet och ger operatörer möjlighet att identifiera och hantera risker i komplex terräng, tätbebyggda miljöer eller vid kustnära operationer.

Sammantaget visar erfarenheter från svenska projekt att noggrann GNSS-positionering är avgörande för säker, effektiv och skalbar UAV-verksamhet, men att robusta korrektionssystem och kompletterande tjänster är nödvändiga för att hantera osäkerheter och störningar.



Figur 6: SWEPOS nätverks-RTK

Planeringsverktyg för obemannat flyg

Med den ökande användningen av obemannade luftfarkoster (UAV) växer behovet av att organisera och strukturera det lägre lufterummet. Detta gäller både inom reglerade områden – geografiska UAS-zoner och U-space – och i oreglerade zoner. Målet är att förebygga olyckor och skapa samordning mellan olika aktörer som bedriver flygverksamhet.

Ett centralt verktyg i detta arbete är UTM (Unmanned Traffic Management), som stödjer operatörer vid planering av både enskilda uppdrag och regelbunden verksamhet, till exempel transporter, övervakning, inspektion och inmätning. UTM-systemen integrerar ett stort antal informationslager: topografi, markanvändning, vegetation, befolkning dag- och nattetid, vägar och infrastruktur samt detaljer om bebyggelse – inklusive typ, användning och höjd. Systemen innehåller också data om skyddade områden, befintliga flygzoner, aktuella väderförhållanden, mobilnätets täckning och kända problem med GNSS-positionering.

Genom att samla denna information i en gemensam digital miljö skapas en förutsägbar och transparent grund för säker, effektiv och koordinerad planering av UAV-operationer.

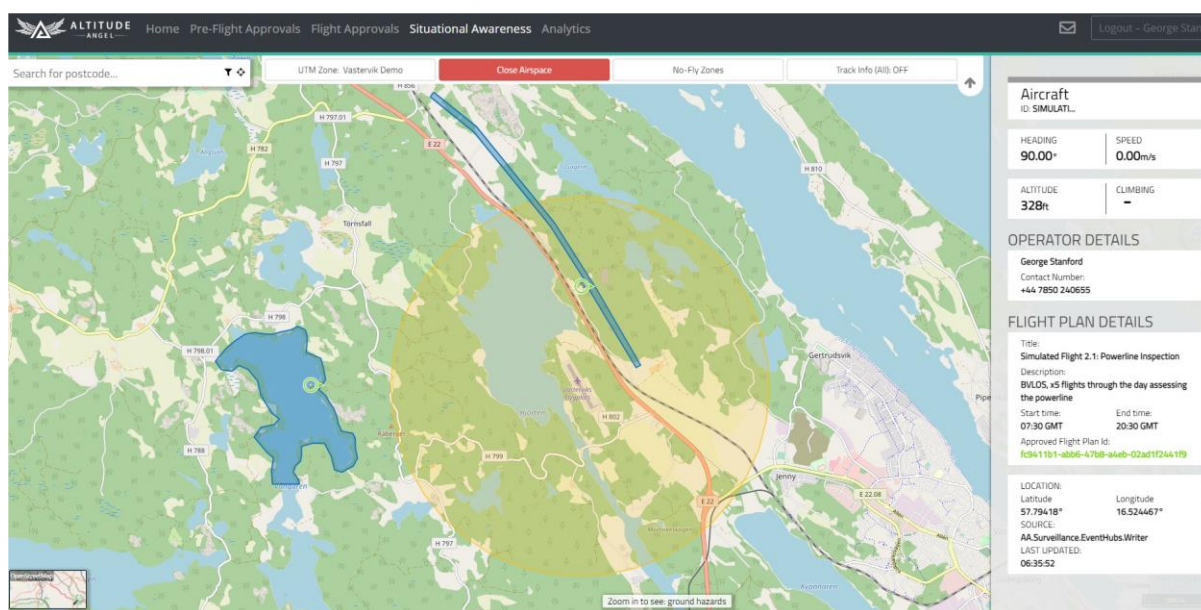
Inom CITYAM-projektet har ett geospatialt verktyg för landningsplatsplanering och prioritering utvecklats. Det är ett digitalt beslutsstöd som hjälper städer, kommuner och regioner att identifiera, prioritera och planera lämpliga landningsplatser och operationer för obemannade luftfarkoster (UAV). Verktöget bygger på ett antal geografiska kriterier som är centrala för säker och effektiv luftmobilitet i urbana miljöer.

Genom att kombinera flera lager av geodata – exempelvis byggnadshöjder, befolkningstäthet under dag och natt, infrastruktur, markanvändning, närhet till känslig verksamhet samt skyddade områden – kan systemet generera en prioriteringskarta över potentiella platser för start, landning och mellanlandningar. I analysen inkluderas även faktorer som mobilnätets tillgänglighet, GNSS-täckning, lokala restriktionszoner och närhet till kritiska samhällsfunktioner såsom sjukhus och räddningstjänst.

För kommuner innebär detta att man på ett strukturerat och datadrivet sätt kan:

- Identifiera lämpliga platser för etablering av geografiska UAS-zoner eller mobilitetsnoder.
- Stödja detaljplanering och utformning av fysisk infrastruktur för drönartrafik.
- Integrera luftmobilitet i stadsutvecklingsprojekt och framtida transportstrategier.
- Förebygga konflikter med annan markanvändning genom att samordna luft- och markinfrastruktur.
- Simulera effekter av förändringar i stadsmiljön, exempelvis hur nya byggnader kan påverka UAV-flygningar.

På detta sätt blir verktöget inte bara ett tekniskt hjälpmedel, utan även en plattform för samarbete mellan olika aktörer – från luftfartsmyndigheter och kommunala planerare till räddningstjänst och infrastrukturförvaltare. Det bidrar till en gemensam lägesbild och en enhetlig strategi för hur innovativ luftmobilitet kan införas på ett säkert och hållbart sätt.



Figur 7: Exempel på digitalt UTM-system: Altitude Angels GuardianUTM visar planerade UAV-flygningar, lufttrumsrestriktioner, väderinformation och annan lufttrafik i realtid.

U-space och UTM – verktyg för hantering av det lägre luftrummet

För att hantera det växande behovet av luftrumsplanering har flera system och verktyg utvecklats. På europeisk nivå används begreppet U-space, som omfattar de tjänster och digitala funktioner som möjliggör säker och koordinerad drönartrafik inom särskilda UAS-zoner. U-space fungerar som en gemensam ram för att harmonisera nationella lösningar för Unmanned Traffic Management (UTM) – det vill säga de system som används för planering, delning av flygdata och realtidsövervakning av obemannade luftfarkoster.

Genom att integrera U-space med befintliga UTM- och ATM-system skapas förutsättningar för en säker och effektiv drift av UAV:er i låg höjd, inklusive funktioner för flygplanering, övervakning, konfliktlösning och informationsdelning. Detta är en förutsättning för att kunna skala upp drönartrafiken och möjliggöra samtidiga operationer, exempelvis kommersiella transporter och räddningsinsatser, utan att äventyra säkerheten.

I Sverige har ett första steg mot ett fungerande U-space tagits genom att Luftfartsverket (LFV) har upphandlat en CISP (Common Information Service Provider) som kommer att införas stegvis och beräknas vara i full drift under 2027⁵. CISP-funktionen stödjer informationsflödet mellan olika aktörer i luftrummet och möjliggör realtidsdelning av position, flygplanering och andra kritiska data mellan UAV-operatörer, myndigheter och övriga användare. Detta utgör en viktig grund för att utveckla ett nationellt U-space och därmed möjliggöra en kontrollerad och säker uppskalning av UAV-användningen i Sverige.

I väntan på en bred implementering av U-space, och utanför de zoner där det inte är aktiverat, används redan idag flera UTM-lösningar. Exempel på detta är Altitude Angels Guardian UTM, se Figur 7, som visualiserar luftrummet och hanterar planering av uppdrag, samt Drone Request, se Figur 8, som gör det möjligt för operatörer att ansöka om flygningar och dela realtidsdata med andra aktörer.

En central funktion i dessa system är att kunna definiera och respektera olika typer av geografiska avgränsningar i luftrummet:

- **Geofencing (geostaket):** statiska skyddszoner, förprogrammerade i drönarens mjukvara, som förhindrar inträde i känsliga områden som flygplatser, fängelser eller tillfälliga restriktionsområden.
- **Taktiska bubblor:** tillfälliga, dynamiska zoner som skapas i realtid, exempelvis av blåljusmyndigheter som behöver reservera luftrummet för en räddningshelikopter eller brandinsats. Dessa delas via UTM och kräver att andra aktörer aktivt anpassar sina flygningar.

När en flygning har godkänts registreras den som ett digitalt NOTAM (Notice to Airmen), vilket gör att alla aktörer får information om pågående och planerade flygningar. Under uppdraget sänder UAV:n sin verifierade position, eID och uppdragsdata så att uppföljning kan ske i realtid. Vid avvikelser kan systemet larma eller avbryta uppdraget, särskilt om ett prioriterat flyg – som en ambulans – behöver passera området.

På detta sätt skapar UTM och U-space tillsammans en gemensam informationsmiljö där både permanenta och tillfälliga zoner hanteras, vilket ökar både säkerheten och möjligheten till effektiv samordning i det lägre luftrummet.

⁵ <https://lfv.se/nyheter/nyheter/lfv-tar-nasta-steg-for-sakra-och-effektiva-dronarflygningar>

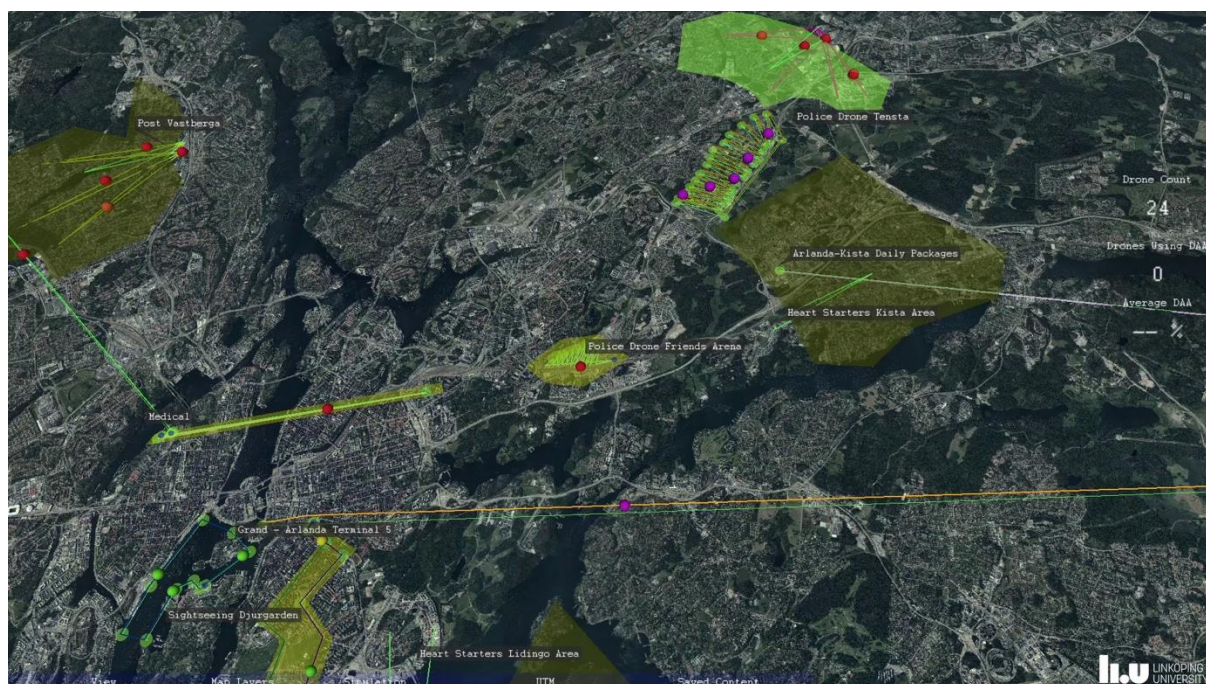


Figur 8: Det svenska verktyget DroneRequest möjliggör planering och anmälan av UAV-operationer.

Simuleringsverktyg för drönartrafik

UTM-city⁶ från Linköpings Universitet, se Figur 9, är ett simuleringsverktyg för drönartrafik i stadsområden. Det använder detaljerad geodata för att skapa en digital modell av stadsmiljön där olika flygrutter kan testas och utvärderas. Genom att simulera drönarflöden i verktyget skulle planerare kunna analysera och optimera transportvägar, undvika hinder och trängsel, samt bedöma säkerhetsaspekter i komplexa urbana miljöer. Detta stödjer beslutsfattare i att planera effektiva och säkra drönar nätverk för framtidens luftmobilitet.

⁶ <https://visualiseringscenter.se/research-program/utm-city/>



Figur 9: Linköpings universitets verktyg UTM-city. Där man kan se en vy över simulerad drönartrafik.

I projektet Testbed Air Mobility⁷ utvecklas en avancerad testbädd för U-space-tjänster, vilket innebär digitala lösningar och system för att hantera obemannad lufttrafik säkert och effektivt. Testbädden erbjuder en kontrollerad miljö där olika funktioner inom U-space, som flygplanering, realtidsövervakning, konfliktlösning och kommunikation mellan aktörer, kan testas och utvärderas i praktiken.

Det finns med andra ord idag flera olika verktyg som kan användas för att utvärdera och analysera de geografiska förutsättningarna för obemannade flygoperationer. Genom att kombinera simuleringsplattformar som UTM-city med praktiska testbäddar som Testbed Air Mobility kan planerare och beslutsfattare få värdefulla insikter i hur drönartrafik kan organiseras säkert och effektivt i urbana miljöer.

Utöver dessa nationella initiativ pågår även regionalt inriktade projekt som knyter samman forskning, näringsliv och offentlig sektor. Inom ramen för AeroEDIH har Region Skåne, tillsammans med företaget DroneRequest, genomfört en förstudie med fokus på geografisk analys och planering av luftrum inför införandet av U-space. Syftet var att simulera framtida luftmobilitet och dynamisk luftrumshantering i Skåne, med antaganden om trafikvolymer år 2030.

⁷ <https://www.vinnova.se/p/testbed-air-mobility/>

Ramverk och planering för framtidens luftmobilitet i stad och landsbygd

Framtidens luftmobilitet med drönare och obemannade luftfarkoster kräver noggrann planering både i stad och på landsbygd. Geografiska data blir centrala för att förstå luftrumets struktur, markanvändning, befolkningstäthet och kritisk infrastruktur, samt för att identifiera lämpliga start- och landningsplatser. CITYAM⁸ är ett EU-projekt som syftar till att undersöka vilken roll städer kan spela i planeringen och utvecklingen av det undre luftrummet.

Projektet har utvecklat ett ramverk för beslutsstöd inom samhällsplanering som inkluderar infrastruktur för luftmobilitet. Ramverket är särskilt utformat för att analysera de komplexa och delvis ostrukturerade problem som uppstår vid utvecklad luftmobilitet i städer, där flera aktörer, olika mål och hög osäkerhet måste vägas in. Beslutsstödsramverket kombinerar multikriterieanalys (MCA) med metoder från Lean Six Sigma (LLS) för att systematiskt förbättra kvalitet och beslutsfattande, särskilt vid prioritering av landningsplatser och andra strategiska val.

CITYAM:s geospatiala verktyg för landningsplanering

För att stödja planeringen av landningsplatser och prioritering inom luftmobilitet har CITYAM-projektet utvecklat ett geospatialt beslutsstödsverktyg som bygger på multikriterieanalys (MCA) – som kan vara användbart hjälpmedel i komplexa situationer – och Lean Six Sigma-metoder. Verktyget gör det möjligt att strukturera och utvärdera potentiella landningsplatser på ett transparent och systematiskt sätt, vilket underlättar beslut i komplexa och osäkra planeringssituationer.

Verktyget utvärderas varje landningsplats utifrån fyra huvudkomponenter.

Alternativ: De olika alternativen eller valen som övervägs i beslutsprocessen. Dessa kan vara olika handlingssätt, lösningar, produkter eller strategier. I detta projekt är det alternativa landningsplatser som avses. I klassisk planering ska även ett 0-alternativ och dess konsekvenser utredas.

Kriterier: De faktorer eller attribut som används för att utvärdera och jämföra alternativen. Kriterier är grunden för att fatta ett beslut och kan innefatta olika dimensioner såsom kostnad, kvalitet, genomförbarhet, prestanda, beräknad nytta och för vem/vilka samt andra relevanta överväganden för beslutsdomänen – såsom UAM-platsval.

⁸ <https://interreg-baltic.eu/project/cityam/>

Vikter: Den relativa betydelsen eller prioriteringen av varje kriterium i beslutsprocessen. Att tilldela vikter gör det möjligt för beslutsfattare att betona vissa kriterier framför andra baserat på deras betydelse. Vikter uttrycks vanligtvis som procent eller numeriska värden.

Poäng: Poäng tilldelas varje alternativ för varje kriterium för att återspegla hur väl varje alternativ uppfyller de angivna kriterierna. Poäng ges vanligtvis längs en normaliserad numerisk skala (till exempel 100 %, 1–10, osv) och används för att kvantifiera prestanda eller lämplighet för varje alternativ med avseende på varje kriterium. CITYAM ger ansvarsfull flygmobilitet i städer (Mladenović, et al., 2024).

Genom detta system kan beslutsfattare väga olika mål och intressen mot varandra och analysera konsekvenser av olika val. Verktöget tar även hänsyn till geografiska och socio-demografiska data, såsom befolkningstäthet, topografi, vägnät, byggnader och skyddade områden, vilket gör att val av landningsplatser kan optimeras med avseende på både säkerhet och samhällsnytta. Verktöget är tillgängligt online och fungerar som ett praktiskt stöd för kommuner, myndigheter och andra aktörer som planerar och prioriterar drönaroperationer i stadsmiljöer och på landsbygden.

För en mer detaljerad genomgång av verktöget och dess tillämpning hänvisas till CITYAM-rapporten “*Consolidated geospatial tool for landing site planning and prioritisation*” (CITYAM, 2025).

		LLS 1		LLS 2		LLS 3		LLS 4	
CRITERIA	WEIGHT	RATING	TOTAL	RATING	TOTAL	RATING	TOTAL	RATING	TOTAL
LAND USE TYPE	15%	1	3.75%	2	7.50%	3	11.25%	4	15.00%
CULTURAL HERITAGE	14%	3	10.50%	1	3.50%	2	7.00%	4	14.00%
WIND	13%	3	9.75%	4	13.00%	2	6.50%	1	3.25%
NOISE	12%	2	6.00%	1	3.00%	4	12.00%	3	9.00%
OTHER POLLUTION	10%	1	2.50%	3	7.50%	2	5.00%	4	10.00%
GPS/GSM SIGNAL	8%	1	2.00%	4	8.00%	3	6.00%	2	4.00%
WILDLIFE	8%	2	4.00%	1	2.00%	3	6.00%	4	8.00%
ELEVATION DIFF.	8%	3	6.00%	4	8.00%	1	2.00%	2	4.00%
CHARGING INFRA	7%	1	1.75%	3	5.25%	2	3.50%	4	7.00%
MAINTENANCE	5%	1	1.25%	2	2.50%	4	5.00%	3	3.75%
max		TOTAL Alt 1		TOTAL Alt 2		TOTAL Alt 3		TOTAL Alt 4	
100%		47.50%		60.25%		64.25%		78.00%	

Figur 10: Beslutsmatris enligt multikriterieanalys (MCA), där alternativa lösningar – i detta fall potentiella landningsplatser för UAM (Urban Air Mobility) – utvärderas mot ett antal definierade kriterier.

Förutsättningar för ny infrastruktur i Stadsmiljö

Stadsmiljön är i många fall tätare exploaterad än den omgivande landsbygden varför konkurrensen om ytor och användningar av det offentliga rummet ofta blir större och mer utmanade. Här är det viktigt att försöka förutse vad en ny infrastruktur kommer att innebära redan innan den är på plats. Lösningar på detta har i några fall varit att placera parkeringsplatser under jorden och transportsystem baserade på tunnelbanor vilka gett möjlighet att expandera städerna mycket mer än tidigare samtidigt som man har möjlighet att ha ett acceptabelt liv i stadskärnorna. I stadsområden där man särat på boende, arbete, nöjen/handel och möjlighet till nära rekreation ökar behovet av

resor mer än med en blandad och organisk samhällsbyggnad. Vad som kommer att hända med distanspendling alltså att med hjälp av modern teknik kunna arbeta utanför kontoret, som blivit mycket vanlig för vissa yrkesgrupper efter Covid-epidemin återstår att se. Troligtvis måste man analysera vilken mix av olika transportmedel som kommer att behövas i framtiden och se till att mark och kanske luftrum finns reserverade för detta. Hänsyn måste även tas till vilken transportkapacitet olika transportslag har i olika behovsscenarion så att utbyggnaden av infrastruktur sker med rätt dimensionering utan att skapa blockeringar. Risken blir då att man får en trafikinfarkt som stoppar flödena och skapar kostsamma friktioner.

Ett exempel på detta är introduktionen av elsparkcyklar i stadsmiljön. Dessa fordon etablerades snabbt i många städer som en lösning för korta resor, ofta utan att en samlad planeringsstrategi fanns på plats. Även om de erbjuder viss flexibilitet och kan fungera som ett komplement till kollektivtrafiken, har de också bidragit till nya utmaningar i det offentliga rummet. På flera håll har de trängt undan gående och cyklister, skapat framkomlighetsproblem och i vissa fall ersatt mer hållbara transportalternativ.

Här synliggörs behovet av en framåtblickande analys, där man i ett tidigt skede väger både nyttor och kostnader – inte minst i form av markanvändning, trafiksäkerhet och samhällsekonomiska effekter. En sådan analys bör även inkludera frågan om hur många arbetstillfällen och affärsmöjligheter som faktiskt skapas eller riskerar att gå förlorade genom att kortsiktiga lösningar prioriteras utan att de integreras i en övergripande mobilitetsstrategi.

I samhällsplaneringen talas i dag om 20 minuters staden där det optimalt ska vara högst 20 minuter mellan de viktigaste funktionerna i staden eller tätorten. Det ska även gå att promenera eller cykla mellan dessa platser och aktiviteter. Dessutom förespråkas boenden med högst 5 minuter till nära grönområden eller natur för att fylla mänskliga behov av stillhet, tystnad och växtlighet. På många platser är vi på väg att uppfylla dessa ambitioner genom att man bygger så att vägbullret skärmas av och det skapas lugna innegårdar eller närhet till gröna kilar i bebyggelsen. Samhällsplanering behöver därför beakta dessa faktorer för livskvalitén i implementering av innovativ luftmobilitet i Städer/tätorter.

Landsbygdsmiljö

På landsbygden kan man tänka sig att tjänster med obemannade farkoster kan bli efterfrågade som en ersättning för de butiker och annan service som är svåra att upprätthålla i glesare befolkade områden. Troligen kan UAV:er utgöra viktiga hjälpmedel för de som sysslar med areella näringar. IAM har stor potential att, inom precisionsjordbruket, ge större skördar med exakt tillskott av vatten, näring och sparsamt med bekämpningsmedel. Ett exempel är användningen av drönare för att samla in data om markens fuktighet, växtstatus och näringsbehov via till exempel multispektrala kameror eller sensorer i marken. Genom att identifiera exakt var en gröda behöver mer vatten eller gödsel kan resurser tillföras endast där det behövs – vilket både sparar pengar och minskar övergödning.

Miljöövervakning och inmätning för byggnation och underhåll av infrastruktur är andra viktiga områden där UAV:er kan vara kostnadseffektiva och ge aktuella besked om åtgärder även innan elen slås av eller vägen rämnar, för att ge några exempel. Även befolkade men autonoma transporter skulle här kunna utgöra komplement till persontransporterna. Man kan spekulera om det i så fall företrädesvis skulle vara för ambulans-, sjuk- eller skoltransporter för att ge acceptans för en eventuellt ljudmässigt störande trafik.

Vissa djurbesättningar som har nedärvd känslighet för hot från luften kan reagera starkt på flygande drönare. Exempelvis hästar har rapporterats bli drabbade av panik om drönare kommer för nära. På Landsbygden måste man även vara extra noga med att ta fram höjdkartor med korrekta värden. Lund är till exempel en av de städer i Sverige som har den störst skillnad i höjd (7 – 90 m) mellan lägsta och högsta punkt. Kristianstad har även Sveriges lägsta punkt (ca – 5 m) under havsytan men även höjder på över 200 m inom kommunen.

Ska kommunerna tillföra digitala data så måste dessa harmoniseras så att de går att jämföra med de projektioner, koordinater och höjdsystem som det traditionella flyget använder sig av i sina kartor, och de som UAV-piloterna navigerar sina farkoster med. Speciellt på landsbygden finns det säkert färre inmätta data på objekt och ytor som man kan validera höjd och position mot så därför måste man utreda på vilket sätt man standardiserar detta och tar fram system som gör att man automatiskt kan konvertera mellan olika positionsangivelser.

Känsliga områden

Nätverksgrupp C-UAS består av 18 myndigheter; Energimyndigheten, FMV, FOI, Försvarsmakten, Kriminalvården, Kungliga Hovstaterna, Kustbevakningen, Luftfartsverket, MSB, Polismyndigheten, Regeringskansliet, Riksdagsförvaltningen, SKR, Strålsäkerhetsmyndigheten, Säkerhetspolisen, Trafikverket, Transportstyrelsen och Tullverket.

Syftet med nätverksgruppen är att öka informationsutbytet och samverkan mellan myndigheter på området hot från drönare mot samhällsviktig verksamhet. Nätverksgruppen har som målsättning att höja kunskapsnivån hos samtliga berörda aktörer om hotet från drönare under normalläge, kris och krig samt att bidra till en ändamålsenlig förmåga hos dessa aktörer (källa: SKR).

Vid planering av ny infrastruktur är det avgörande att ta hänsyn till skyddet av naturområden med varierande habitat. Detta gäller både biologisk mångfald och viktiga ekosystemtjänster, såsom tillgång till rent vatten. Skydd mot utsläpp av hälsovådliga ämnen, överskottsvärme och näringsämnen är centralt även i en luftmobilitetskontext. Om en UAV kraschar eller faller material i känsliga områden, kan det mobilisera föroreningar – både naturligt förekommande och deponier – vilket i sin tur kan orsaka långsiktig skada på miljö och människors hälsa. Detta innebär att ekologiskt känsliga områden bör kartläggas och inkluderas som restriktionszoner för att säkerställa att luftmobiliteten sker på ett hållbart och ansvarsfullt sätt. IAM måste alltså integrera miljödata och riskzoner som en del av helhetsbedömningen för framtida luftrumshantering.

Samtidigt är det viktigt att inte bara fokusera på begränsningar. Det finns betydande möjligheter i att använda ny teknik – särskilt obemannade luftfarkoster (UAV:er) – på ett ansvarsfullt sätt. Dessa farkoster genererar i många fall mindre utsläpp än traditionella flyg och kan bidra med viktiga samhällsnyttor. Exempelvis:

- **Brandövervakning** i skyddsvärda skogsområden
- **Miljökontroll** av luft, vatten eller utsläpp nära känsliga objekt
- **Tillsyn** av vattendrag, våtmarker eller industriområden där fysiska inspektioner är svåra eller riskfyllda
- **Jordbrukstillämpningar**, där lantbrukare kan använda UAV:er för att övervaka sina djur och samtidigt rapportera förekomst av vilda djur, vilket i sin tur kan stödja viltförvaltningen och minska risken för viltskador och trafikolyckor

Ett konkret exempel är hästhållning i lantliga områden. Genom att övervaka hästar på betesmarker med hjälp av UAV:er kan djurägare snabbt upptäcka skador eller hot – som att ett rovdjur närmar sig – samtidigt som samma övervakning kan bidra med data om vilda djur i området. Detta kan förbättra viltförvaltningen och minska risken för viltskador eller trafikolyckor med djur.

Men för att den här typen av användning ska vara säker och samhällsnyttig krävs att lagar, kontrollsystem och lufttrafikledning utvecklas parallellt. Om UAV-system kan integreras säkert, även i närheten av skyddsvärda områden, kan de skapa synergieffekter – där miljöskydd, säkerhet och teknisk innovation samverkar.

Planerad och potentiell luftmobilitetsinfrastruktur

Det finns olika sätt att hantera områden där man vill möjliggöra eller drönartrafik. D-områden (Danger Areas) är luftrum där verksamhet kan innebära risker för luftfarten, exempelvis skjutbanor eller industrier som släpper ut het ånga, gaser eller flammor från reningsverk och raffinaderier. Ett annat alternativ är geografiska UAS-zoner, särskilda luftrumsområden som upprättas för UAV-verksamhet och kan vara temporära eller permanenta, med begränsningar i höjd eller tid. Varje zon ska ha en kontaktansvarig som kan svara på frågor och hantera zonen gentemot Luftfartsverket.

Det finns flera nyckelkomponenter i U-space, bland annat Common Information Service Provider (CISP), som fungerar som en central informationspunkt och koordinerar data mellan olika aktörer, till exempel reguljär flygtrafik eller vädertjänster. Under hösten 2025 inhandlade Luftfartsverket en CISP för att säkerställa att relevant information är tillgänglig för alla i ett svenskt U-space. En annan viktig komponent är U-space Service Providers (USSP). Dessa är auktoriserade aktörer som levererar de digitala tjänster som krävs för att stödja säker och effektiv drönartrafik i U-space-luftrum. USSP:er ansvarar bland annat för strategisk och taktisk konfliktlösning, geo-fencing, trafikinformation, flygplanering samt realtidskommunikation mellan UAV-operatörer, infrastrukturhållare och myndigheter. Även dessa tjänster har börjats certifieras på olika ställen i Europa under 2025. Genom att integrera dessa funktioner kan U-space säkerställa att flera UAV:er kan operera samtidigt i samma område utan risk för kollisioner eller störningar av annan flygtrafik, samtidigt som prioriterade flyg, såsom räddningshelikoptrar, kan få företräde. I dessa system kan man få hjälp att planera sin flygning för att drönarna ska undvika olika restriktionsområden och oönskade platser. I systemen ska man även legitimera sig som en godkänd UAV-operatör, presentera en fjärrpilot med rätt utbildning och den flygfarkost man tänkt använda samt viktigt legitimt uppdrag man har.

I ett fullt utvecklat UTM ska man även kunna få förslag på modifikationer i tid och exakt färdväg för att möjliggöra säker samtidig trafik med flera olika farkoster och syften, till exempel vid reguljär flygtrafik och helikoptertrafik. Detta kommer så småningom att kunna optimeras mer eller mindre autonomt med varningsfunktioner om det uppstår risk för kollisioner med andra flygfartyg, fåglar eller med verksamhet på marken. Här kan även annan information presenteras samt varningar sändas ut vid plötsliga väderförändringar, rymdväder eller störningar i kommunikations- eller positioneringssystemen.

I UTM samordnas olika aktörers information så att man lättare kan få kontakt och komma överens om rockader i turordningen och rutter på grund av förseningar eller plötsligt uppkomna behov. Det blir även möjligt – eller till och med önskvärt – för allmänheten att följa de drönare som är i luften till exempel via en app på telefonen, och på så sätt svara på ett sådant krav från luftfartsmyndigheterna. Om man även ska få uppgifter om polisiära insatser eller räddningstjänst och SOS är något man kan diskutera liksom hur detaljerad information som ska spridas allmänt.

Att alla UAV:er som deltar i ett uppdrag är identifierade med ett cybersäkert eID, har ständig kommunikation med UTM-systemet och sänder sina koordinater fortlöpande verkar vara en lösning på flera krav. Denna uppkoppling skulle även kunna erbjuda varningar från Lantmäteriverkets nätverk av ca 500 kontrollstationer – antingen direkt från deras Swepos-funktion eller via UTM - om att det finns störningar i GNSS-positioneringen och kanske även skicka uppdateringar som gör att man får centimeter-noggrannhet i sin position och de bilder eller sensordata som samlas in från UAV:erna.

Genom planering, uppkoppling och digitalisering av UAV-trafiken genom UTM kan man på sikt minska den manuella insatsen vid flygtrafikledning av obemannade farkoster och hänföra den till automatiserade processer.

Framtidens drönartillämpningar i nödvändiga samhällstjänster

Med ökad urbanisering, klimatpåverkan och behovet av snabba, effektiva insatser i både vardag och krissituationer växer intresset för autonoma luftburna system (UAV/UAM) inom samhällskritiska tillämpningar. För att förstå hur dessa tekniker kan bidra krävs scenarioplanering som kartlägger både möjligheter och sårbarheter. Sådana analyser ger underlag för att avgöra när, var och hur UAV:er kan användas – exempelvis för akuta sjuktransporter, snabba godstransporter eller insatser från polis och räddningstjänst.

I detta avsnitt presenteras scenarier där UAV:er kan förbättra samhällets funktionalitet, både under normala förhållanden och i nödsituationer. Fokus ligger på konkreta exempel såsom transporter mellan sjukhus i Region Stockholm, samverkan mellan blåljusmyndigheter och logistiklösningar i tätorter. Genom att simulera behov, utmaningar och möjliga lösningar får vi en tydligare bild av de tekniska, organisatoriska och juridiska krav som måste uppfyllas för att realisera nyttan med UAV på ett säkert och effektivt sätt.

Transporter inom vården

Ett av de mest konkreta och närliggande användningsområdena för UAV-system i urbana miljöer är transporter inom sjukvården – särskilt i storstadsregioner där trafikstockningar och avstånd påverkar både responstider och resursutnyttjande.

I region Stockholm genomförs årligen cirka 5 000 snabbtransporter mellan Danderyd, Huddinge och Karolinska, Södersjukhuset samt MediCarriers lager i Spånga. Majoriteten (99 %) består av gods under 2 kg, vilket gör UAV-lösningar särskilt lämpade för transporter mellan akutsjukhus. Avstånden mellan sjukhusen är som längst cirka 15 km, men höjdskillnader i terrängen gör att planerade flygrutter ofta behöver ligga över 120 meter över marknivå. Eftersom Bromma flygplats fortfarande är aktiv måste rutterna dessutom ta hänsyn till ett av de viktigaste inflygningsstråken. Vid transporter av blod, vävnad eller andra biologiskt känsliga material är det avgörande att ha alla nödvändiga tillstånd och att minimera risker för spridning av smitta.

I Skåne omfattar UAV-transporter främst Skånes universitetssjukhus i Malmö och Lund, med cirka 21 km avstånd, samt sjukhusen i Kristianstad och Hässleholm, på ca 28 kilometers avstånd från varandra. För att säkerställa tillförlitliga transporter behöver möjliga flygrutter kartläggas och alternativa vägar etableras, så att verksamheten kan fortsätta även om områden blir avlysta på grund av polis- eller räddningsinsatser.

Sårbarheter som mobilnätets täckning, störningar eller manipulationer av GNSS-satelliter, samt driftstörningar i cybersäkra positioneringssystem måste också beaktas. För kritiska funktioner rekommenderas minst två, helst tre, oberoende system som kan säkerställa navigation och positionering. Tröghetsnavigeringssystem kan i nödfall användas för kortare sträckor, men risker som vindavdrift gör att metoden bör reserveras för extraordinära situationer.

I praktiken kan UAV:er förses med digitala kartor för autonom navigering till målområdet, och ombordkameror kan användas för att identifiera markerade landningsplatser, exempelvis med QR-kod eller mönster på en helikopterplatta vid sjukhus. Denna teknik möjliggör säkra och effektiva autonoma transporter även i tätbebyggda områden.

Det finns tröghetsnavigeringssystem som gör att man i nödfall kan flyga kortare stunder med utslagen annan positionering, navigation och kommunikation. Tester visar att man med relativt billig utrustning kan komma förvånansvärt nära den avsedda platsen med sådana system, men risker finns med vindavdrift och andra faktorer så metoden bör endast användas i nödfall. I Ukraina har man försett UAV:er med digitala kartor som farkosten positionerar sig efter och flyger fram till sitt mål. Där används sedan ombordkameran till att identifiera en utlagd duk med en QR-kod eller enklare mönster där man vill att den ska landa. På ett sjukhus helikopterplatta eller därkring kan man markera på motsvarande sätt var en UAV ska landa och genomföra flygtransporten autonomt.

Sammanfattningsvis kan framtida simuleringar av UAV-operationer för sjukvården omfatta:

- Identifiera behoven och göra kostnads-/nyttoanalys för införande av autonoma transportörer
- Identifiera antalet sjukhus och andra lämpliga vårdinrättningar, samt möjliga transportvägar
- Uppskatta antal flygningar och kostnad per transport
- Undersöka möjliga kompletterande tjänster som bidrag till fasta kostnader och kompetens
- Beräkna möjliga tidsbesparingar

Grundläggande pakettransport

Vid en uppskalning av pakettransporter krävs att operatören och UTM-systemet har detaljerade kartor över planerade rutter för att identifiera sårbarheter och minimera risker längs vägen. Informationsbehovet liknar det för transporter mellan sjukhus, men här krävs också mer detaljerad kunskap om det lokala området.

För att flyga säkert över urbana miljöer är det viktigt att undvika folksamlingar, exempelvis genom att använda dynamiska befolkningskartor baserade på SIM-kortsanvändare. Man kan även använda ytterligare säkerhetsåtgärder, till exempel kan UAV:er utrustas med fallskärmar som aktiveras vid nödlandning. Fallskärmar minskar risken för skador på människor och egendom vid en incident, men beroende på UAV:ens vikt och last kan de begränsa räckvidd och manöverförmåga, och bör därför betraktas som ett komplement snarare än en fullständig lösning. Det blir således viktigt att beakta över vilka miljöer drönaren flyger över.

För säker leverans behövs också exakta adresser, landningskoordinater och information om tomter. Inhägnade leveransboxar kan vara en lösning i flerfamiljshusområden, men blir sårbara om ingen övervakar dem, vilket kan leda till stöld av UAV eller paket (Miloš Leo Niemi et al., 2024).

Fullskalig UAV-användning för transport och blåljusverksamhet

Med en uppskalning av UAV-baserade transporter blir det möjligt att leverera alla paket som uppfyller vikt- och storlekskrav. Detta kräver kostnads- och implementeringsanalyser för att säkerställa att drönlösningarna är både effektiva och ekonomiskt hållbara.

Polis- och räddningsrelaterade flygningar förväntas spela en central roll inom samhällssäkerhet. UAV:er kan bidra till snabbare insatser, förbättrad situationsmedvetenhet och mer effektiv resursanvändning, vilket möjliggör samordnade insatser mellan blåljusmyndigheter. Idag pågår projekt som möjliggör informationsdelning mellan polis, räddningstjänst och ambulanssjukvård, vilket ger en gemensam bild av händelser och underlättar beslut som räddar liv, skyddar miljö och begränsar skador på egendom.

För att säkerställa säkerhet och effektivitet vid insatser kan det vara aktuellt att upprätta "taktiska bubblor" i luft- rummet där obehöriga UAV:er inte får flyga och störa räddningsarbetet. Samordning mellan flygande, markbundna och flytande resurser är avgörande, särskilt när stora UAV:er används, exempelvis drönare som Thunder-Wasp (5 x 5 meter, kapacitet upp till 1000 kg eller lika mycket vatten för skogsbrandsbekämpning). Dessa insatser kräver planering och ledning motsvarande den som används för helikoptrar eller brandflygplan.

Polisen har etablerade rutiner för flygledning vid insatser, men en integrering med UTM-systemet – och i vissa fall även med traditionellt ATM-luftrum – kan ytterligare förbättra effektivitet och säkerhet, samt minimera risken för konflikt med annan luftfart under pågående operationer.

Hinderanalys och informationshantering

I takt med att obemannade luftfarkoster blir en del av den urbana infrastrukturen, växer behovet av att förstå och hantera de fysiska och regleringsmässiga hinder som kan påverka deras användning. Detta gäller särskilt i tätbefolkade områden där markanvändningen redan är komplex. För att skapa säkra och effektiva luftleder krävs lokalt förankrad hinderanalys, ansvarsfördelning och aktiv samverkan mellan kommunala, regionala och statliga aktörer. Luftrummet är en gemensam resurs – och dess användning måste planeras med samma omsorg som marken under.

Kommunens och regionens roll vid hinderanalys

Precis som vid planering av bostadsområden, vägar, järnvägar, vattenskyddsområden och naturreservat har samhällsplanerare ett ansvar att väga olika intressen mot varandra även vid planeringen av IAM. Målet är att uppnå största möjliga samhällsnytta utifrån de naturgivna och rumsliga förutsättningar som kommuner och regioner förfogar över. Om någon tar för sig av en resurs utan att ta hänsyn till alla andra behov och önskningar kan den totala nyttan och nöjdheten begränsas.

Ett talande exempel är elsparkcyklarna: ett transportmedel som i grunden kan bidra positivt till mobiliteten, men som i många städer lett till oordning och olyckor när regler inte följts eller hänsyn till andra trafikanter brustit. I vissa kommuner har detta resulterat i förbud, medan andra valt att reglera användningen genom dedikerad infrastruktur och tydliga regler – vilket möjliggjort fortsatt användning inom ordnade ramar.

Genom att, som planerarna gör, räkna med plus- och minusvärden för olika områden samt för de verksamheter som konkurrerar om resurser i tid och rum kan man säkert få en acceptans hos medborgarna och undvika att andra viktiga verksamheter slås ut eller hindras. Så kan man skapa fler levebrödspositioner där resurserna kan användas och delas av flera, och skapa intäkter samt minska kostnader och hinder för viktiga kommersiella och samhälleliga tjänster.

Drönare och U-space påverkar inte bara hur luftrummet används, utan även hur stadsmiljöer utformas. Byggnader, grönytor och infrastruktur måste planeras med hänsyn till både vertikala och tidsberoende flöden – det vill säga i fyra dimensioner – för att säkerställa säkerhet, funktion och acceptans hos medborgarna.

Rapportering till Transportstyrelsen

Rapportering av drönaroperationer är en central del av den framtida U-space-strukturen, där information om planerade flygningar, tillfälliga restriktioner och kända hinder delas mellan aktörer. Syftet är att skapa ett gemensamt lägesmedvetande i luftrummet och minska risken för incidenter.

Kommuner och regioner kan spela en viktig roll genom att tillhandahålla eller förvalta den geodata som ligger till grund för säkra flygkorridorer och geografiska UAS-zoner. Genom att bidra med aktuell information om

exempelvis byggnadsdata, tillfälliga hinder, evenemang eller räddningsinsatser kan de stärka det informationsflöde som används i UTM-systemen (Unmanned Traffic Management).

Transportstyrelsen ansvarar för att samla in och tillgängliggöra data på nationell nivå. Ett redan etablerat system för detta är NOTAM (Notice to Airmen), som idag används av bemannad och obemannad luftfart för att få realtidsinformation om tillfälliga hinder, restriktioner och andra förändringar som kan påverka flygsäkerheten. NOTAM-meddelanden rapporteras i NAS (National Airspace System) och används kontinuerligt av alla aktörer som opererar i luftrummet – från kommersiella piloter till drönaroperatörer. Exempel på situationer som genererar NOTAM-meddelanden är:

- Faror som flyguppvisningar, fallskärmshopp, drakflygning med mera
- Flyg från VIP:s såsom statsöverhuvuden (Temporary Flight Restrictions, TFRs)
- Stängda landningsbanor
- Radionavigeringshjälpmedel som inte fungerar
- Militära övningar med åtföljande luftrumsbegränsningar
- Tillfällig resning av hinder nära flygfält, till exempel kranar
- Passage av fågelflockar genom luftrummet (BIRDTAM)
- Meddelanden om snö, is och stående vatten på landningsbanor (SNOWTAM)

Parallellt testas nya digitala plattformar som DroneRequest och Altitude Angel för att möjliggöra mer automatisk rapportering av UAV-operationer och ge en mer detaljerad och dynamisk bild av drönartrafiken.

Ett långsiktigt mål är att skapa en gemensam nationell datainfrastruktur där bemannad och obemannad luftfart samverkar med markburen infrastruktur och räddningstjänst. För att detta ska bli möjligt krävs att lokala och regionala aktörer redan nu utvecklar rutiner för hur hinder, tillstånd och geografiska zoner rapporteras och uppdateras i sina system, så att informationen kan integreras i både befintliga system som NOTAM och nya digitala plattformar.

UAS-zoner som verktyg för luftrumsplanering

För att reglera och strukturera drönartrafiken i urbana miljöer kan UAS-zoner användas som ett planeringsverktyg. Dessa zoner definierar områden där drönare får eller inte får flyga, samt vilka regler som gäller för höjd, tidpunkt och typ av verksamhet. Genom att integrera UAS-zoner i lokal och regional planering kan kommuner och regioner:

- skydda känslig infrastruktur, byggnader och grönytor,
- säkerställa samordning med bemannad flygtrafik och andra aktörer,
- minska risken för konflikter och säkerhetsincidenter,
- skapa förutsättningar för acceptans hos medborgare och övriga samhällsaktörer.

UAS-zoner fungerar därmed som ett strategiskt verktyg för att organisera och styra drönartrafik utan att detaljstyra varje enskild operation. Redan idag är det möjligt för kommuner, regioner och andra aktörer att ansöka om att inrätta geografiska UAS-zoner via Transportstyrelsen.

Genom att kombinera geografiska UAS-zoner med hinderanalys, 4D-planering och samordning med Transportstyrelsen och andra myndigheter för att uppnå en säker, effektiv och hållbar användning av luftrummet.

Digitala tjänster och tekniska lösningar

Det finns flera tekniska plattformar som tillhandahåller specialiserad information om geografi, regler och förutsättningar för planering och genomförande av UAV-flygningar. Ett exempel är den så kallade Drönarkartan⁹, som dessutom är gratis och allmänt tillgänglig för allmänheten.

Det är dock viktigt att notera att Drönarkartan inte speglar Transportstyrelsens och de europeiska regelverkens samtliga detaljer eller de temporära begränsningar som kan finnas, såsom tillfälliga farozoner eller restriktionsområden.

Därför ska Drönarkartan ses som ett komplement och inte ersätta den officiella flygbriefingen som krävs enligt Transportstyrelsens föreskrifter och EU-regelverk för obemannade luftfartyg. Varje UAV-operatör har ansvar att inhämta all nödvändig information och säkerställa att flygningen genomförs i enlighet med gällande lagar och regler. Det är också viktigt att känna till att ansvar för eventuella överträdelser eller incidenter inte ligger hos plattformslieferantörer som LFV, utan hos användaren själv.

UTM för rapportering och information vid UAV operationer

Unmanned Traffic Management-system (UTM) har utvecklats för att organisera och samordna UAV-operationer i det lägre luftrummet. Idag tillhandahålls dessa system främst av nationella luftfartsmyndigheter, men i framtiden kan privata eller lokala aktörer ta över delar av ansvaret – särskilt inom U-space, där flera av de digitala tjänsterna är tänkta att fungera som kommersiella tjänster som kan erbjudas av aktörer som uppfyller de krav och certifieringar som ställs av myndigheter.

Numera framkommer även önskemål om att man skulle organisera även det oreglerade luftrum som finns på landsbygden och mellan de kontrollerade zoner som finns runt de större flygplatserna. Detta skulle då bli "U-space light" som luftrumsanvändarna förväntas använda sig av för att få tillgång till motsvarande typ av information som samlas i NOTAM för det bemannade flyget – men även för att meddela de flygoperationer som genomförs obemannat och behöver uppmärksammas för att inte kollidera med andra projekt i ett område eller med blåljusaktörer och helikoptertrafik.

I Norge använder man ett system som heter Altitude Angel för att rapportera in flygningar till norska luftfartsmyndigheten, och detta system har även varit operativt i den geografiska UAS-zonen i Västervik under Trafikverksprojektet PNK4UTM. För närvarande används ett system som är framtaget av företaget Navigator i nära samarbete med Trafikledningsföretaget ACR – som ansvarar för trafikledningen vid 17 av Sveriges regionala flygfält.

⁹ <https://dronechart.lfv.se/>

DroneRequest¹⁰ är ett UTM-programsystem som nu testas av Polisen och på frivillig basis runt de flygplatser som företaget ACR¹¹ trafikleder genom att samla in uppgifter om vilket företag som är operatör, vilken fjärrpilot med certifikat som ska ansvara för flygningen, med vilken UAV och vilken utrustning den har samt vilket uppdrag som ska utföras och på vilket sätt i vilket geografiskt område och tidpunkt. Här finns redan nu samlad den information som SCR, LFV och den militära flygledningen har som kan utgöra hinder för andra att flyga just där och just då, om inte UAV-operatören har ett prioriterat uppdrag (till exempel livräddning med hjärtstartare). I framtiden kan det så småningom finnas uppgifter om hur bra täckningen är med de mobilmaster som finns i det tilltänkta operationsområdet, om det finns rapporter om störningar med GNSS-positioneringssatelliterna, hur vädret som kan påverka flygningen är och förväntas ändras o.s.v. Det finns sannolikt andra tjänster med liknande funktionalitet och det finns förslag på att i realtid rapportera hur många som använder mobiltelefoner i ett område och då varna för den folksamling som kanske finns där osv.

Det här är en tjänst som många luftrumsanvändare ser fram emot för att kunna undvika störningar och risker i luftrummet. De D-områden som nu pekats ut av TS och LFV har kritiserats av flera olika användargrupper eftersom man inte tycker att det är användbart att få information om att det är farligt att flyga i Stockholms skärgård eller över Falsterbo men samtidigt inte kunna se var och när, eller kunna kontakta aktuell operatör för att fråga om kan släppa in en annan operatör för ett angeläget uppdrag under en kortare eller längre tid. D-områden är luftrumssegment där det kan förekomma farlig verksamhet, exempelvis militär övning, skjutning eller annan aktivitet som innebär ökad risk för flygtrafik – bemannad såväl som obemannad. Dessa områden kan vara permanenta eller tillfälliga, och syftar till att varna piloter och UAV-operatörer för potentiella faror.

En annan viktig funktion är att säkerställa att de kartunderlag man använder i planeringen och genomförandet av UAV-operationerna har spridningstillstånd eller ska hanteras av behörig personal. Denna del i infrastrukturen har den norska Försvarsmakten fått hjälp med av företaget T-Kartor i Kristianstad. Detta företag har även skapat system för att hantera kartor i tio länder, för London, New York, National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) i USA m.fl.¹²

¹⁰ DroneRequest är ett UTM system som utvecklas av företaget Naviation i samarbete med ACR.

¹¹ ACR Aviation Capacity Resources AB är Sveriges största leverantör av upphandlad flygtrafikledning och verkar på 17 flygplatser i hela Sverige.

¹² <https://www.t-kartor.com/about-us>

Slutsatser

För kommuner och regioner som vill ta ett strategiskt ledarskap inom Innovativ luftmobilitet, finns flera tydliga och relativt genomförbara åtgärder att ta fasta på. Dessa möjliggör snabb nytta utan att kräva stora investeringar eller omfattande regeländringar:

Kommuner och regioner som drivande kraft

Om kommuner och regioner vill leda införandet av obemannade system för sina verksamheter såsom övervakning av miljö och de ansvarsområden som man har kring boende, samhällsplanering och samhällsservice, transporter, utbildning, hälsa och sjukvård, räddningstjänst, arbetsmarknad, med mera ter det sig naturligt att man axlar det ansvaret. Genom att företräda medborgarnas intressen kan de balansera olika behov och prioriteringar och introducera tjänster som kan komplettera de tjänster som man kan kräva i tätorterna.

Inrättande av geografiska UAS-zoner och samrådsprocessen

Regioner och kommuner bör påbörja planeringen av geografiska UAS-zoner genom att identifiera områden där drönartrafik är önskvärd respektive där den bör begränsas. Detta förberedande arbete är viktigt för att kunna delta aktivt i samrådsprocesser med Transportstyrelsen och andra aktörer, samt för att skapa en egen strategi för inrättandet av UAS-zoner som stödjer säkerhet, samhällsnytta och lokal planering.

Inled samverkan kring U-space

Det är viktigt att tidigt etablera samverkan kring U-space, särskilt för att klargöra vem som ansvarar för driften i urbana områden och om ansvaret även ska omfatta den kringliggande landsbygden. Detta beslut bör fattas i samråd mellan de territoriella aktörerna – kommuner och regioner – samt statens representant, Länsstyrelsen. Genom ett gemensamt beslut kan man säkerställa att det finns tillräckligt underlag för att bevilja tillstånd för operationer med obemannade farkoster och skapa en tydlig struktur för U-space-hantering.

Identifiera engagera användare lokalt

Stora delar av UAV-operationerna kommer enligt europeisk expertis handla om inmätning och dokumentation av infrastruktur och byggnader. Detta är verksamhet över de områden som genom de kommunala planerna och lantmäteriet exploateras för bebyggelse och annan verksamhet. Här måste de potentiella användarna involveras i användningen av UTM för att ge utrymme för andra tjänster som pakettransporter och på sikt kanske även persontransporter. Här finns det även möjlighet för kommersiella aktörer som skulle kunna arbeta med sina kunder och uppdragsgivare. Alla verksamheter måste emellertid koordineras för att undvika störningar av befolkningen och kaos i luftrummet.

Utveckla en kommunal IAM-strategi

För att kunna utnyttja möjligheterna med Innovative Air Mobility (IAM) behöver kommuner och regioner utveckla en tydlig strategi. Inledningsvis kan antalet gränsöverskridande flygningar vara begränsat, men på sikt kommer behovet av standarder, transparens och samordning – även med kommersiella tjänster – att öka i takt med att drönartrafiken växer. Strategin bör definiera hur flygoperationer planeras och koordineras samt hur information delas mellan olika aktörer på ett säkert och effektivt sätt.

Erfarenheter från blåljusverksamheten visar vikten av gemensam lägesbild, tydlig rollfördelning och snabb informationsdelning. Räddningstjänster, polis och ambulans har lokal kunskap om riskområden, framryckningsvägar, evakueringsvägar och utsatta befolkningsgrupper som kan vara avgörande för säker och effektiv UAV-verksamhet. En kommunal IAM-strategi bör därför möjliggöra att denna information kan integreras i planering och operativa system på ett kontrollerat sätt, samtidigt som åtkomst, sekretess och ansvar för datadelning tydligt regleras.

Genom att bygga på dessa principer kan kommunen balansera olika behov, introducera nya tjänster och skapa en stabil grund för framtida utveckling av obemannad luftfart.

Stärka den geodata-infrastruktur för IAM och börja simulera

Genom deltagande i forsknings- och innovationssatsningar såsom till exempel AeroEDIH ges Region Skåne möjlighet att stärka den geodata-infrastruktur som krävs för framtidens IAM. Med hjälp av avancerad GIS-kompetens kan regionen utveckla kartunderlag som stödjer både planering och realtidskoordinering av drönaroperationer – exempelvis genom förbättrade befolkningskartor, riskzoner och digitala luftrumskartor. Projektet kan även fungera som testbädd för att simulera samverkan mellan kommuner, räddningstjänst, ambulans och andra aktörer vid olika skadehändelser. Detta bidrar till att både tekniska system och organisationer stegvis närmar sig operativ mognad för IAM.

Genom att börja smått men tänka stort kan kommuner och regioner bana väg för ett tryggt, effektivt och samhällsnyttigt ekosystem för obemannad lufttrafik. Det handlar inte om att göra allt på en gång, utan om att ta ledarskap där behoven är som störst och vinsterna som tydligast. Med rätt samverkan, teknik och lokal förankring kan framtidens luftrum formas – inte som ett avgränsat tekniskt system, utan som en integrerad del av samhällets infrastruktur, service och beredskap.

Referenser

DBX-G7 Drone-in-a-Box System, measurement framework. PrometDrone-in-a-Box Solutions, <https://www.unmannedsystemstechnology.com/expo/drone-in-a-box/>, accessed on 21 Dec 2023. DHL Drone-in-a-Box

System, DHL express launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service, <https://www.dhl.com/global-en/home/press/pressarchive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urbandrone-delivery-service.html>, accessed on 21 Dec 2023.

CITYAM. (2025). Consolidated geospatial tool for landing site planning and prioritisation (Deliverable O2.1). Interreg Baltic Sea Region. Hämtad från <https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2025/01/CITYAM-O2.1-Consolidated-geospatial-tool-for-landing-site-planning-and-prioritisation.pdf>

Duma, L. A., Begonia, M. T., Miller, B., & Duma, S. M. (2021). Proposed injury threshold for drone blade lacerations. *Annals of biomedical engineering*, 49, 1125-1127. EASA. (2022). Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technicaldesign-specifications-vertiports>.

EASA. (2014). Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014), <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rulesaerodromes-regulation-eu-no-1392014>.

EU Strategy, A Drone strategy 2.0 for Europe to foster sustainable and smart mobility, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13046-A-Dronestrategy-20-for-Europe-to-foster-sustainable-and-smart-mobility_en, accessed on 10 Jan 2024. European Commission. (2022). A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe. Brussels.

Fadhil, D. N. (2018). A GIS-based analysis for selecting ground infrastructure locations for urban air mobility. Master's Thesis, Technical University of Munich. Fainstein, S. S. (2000). New directions in planning theory. *Urban Affairs Review*, 35(4), 451–478.

Habermas, J. (1984). The theory of communicative action: Jürgen Habermas; trans. By Thomas McCarthy. Heinemann.

Hoekstra, J. M., Ellerbroek, J., Sunil, E., & Maas, J. (2018). Geovectoring: reducing traffic complexity to increase the capacity of uav airspace. In *International conference for research in air transportation*, Barcelona, Spain.

Kim, M. S., Hong, W. H., Lee, Y. H., & Baek, S. C. (2022). Selection of Take-Off and Landing Sites for Firefighter Drones in Urban Areas Using a GIS-Based Multi-Criteria Model. *Drones*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/drones6120412>

Kim, N., & Yoon, Y. (2021). Regionalization for urban air mobility application with analyses of 3D urban space and geodemography in San Francisco and New York. *Procedia Computer Science*, 184, 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.049>

Kim, S. H. (2020). Receding Horizon Scheduling of On-Demand Urban Air Mobility with Heterogeneous Fleet. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 56(4), 27512761. <https://doi.org/10.1109/TAES.2019.2953417>

Kista Science City, CITYAM - Regulations and integration of Urban Air Mobility in city planning, <https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2023/12/D1.1-Regulations-and-integration-ofUAM-in-city-planning-CITYAM-final.pdf>, accessed on 10 Jan 2024.

Kramar, V., Hinkula, H., Erkkilä, J., Kolli, T., Rauhala, A., & Röning, J. (2021). Overview of the Nordic Challenges for Unmanned Aircraft Systems. In 2021 30th Conference of Open Innovations Association FRUCT (pp. 86-98). IEEE.

Kramar, V., Nikolakopoulos, G., Röning, J., & Tomasello, F. (2021). Urban Air Mobility Overview—The European Landscape. In 2021 30th Conference of Open Innovations Association FRUCT (pp. 99-106). IEEE.

Lundqvist, R., Hao Chen, B., & Müller, H. (2024). *Innovativ luftmobilitet – En kunskapsöversikt för regionala och lokala aktörer*. Region Skåne & RISE Research Institutes of Sweden AB.

MaptureDrone, MaptureDrone in a box' prototype automated take-off and landing demonstration, <https://www.suasnews.com/2018/09/mapturedrone-in-a-box-prototypeautomated-take-off-and-landing-demonstration/>, accessed on 14 Nov 2023.

Mavraj, G., Eltgen, J., Fraske, T., Swaid, M., Berling, J., Röntgen, O., ... & Schulz, D. (2022). A systematic review of ground-based infrastructure for the innovative urban air mobility. *Transactions on Aerospace Research*, 2022(4), 1-17.

Merkert, R., & Bushell, J. (2020). Managing the drone revolution: A systematic literature review into the current use of airborne drones and future strategic directions for their effective control. *Journal of air transport management*, 89, 101929.

Miloš N. Mladenović, Leo Niemi, Muhammad Atiullah Saif, Eija Honkavaara (2024) Development of a geospatial decision support tool for Urban Air Mobility landing and launch site location planning Analysis, Framework and Technical Setup Authors: Aalto University & Finnish Geospatial Research Institute, Finland

Mäntysalo, R., Westin, M., & Mattila, H. (2023). Public Planner—A Deliberative Authority. *Planning Theory & Practice*, 24(1), 11-29.

Owemyr, P., & Lundgren, J. (2010). *Noggrannhetskroll av laserdata för ny nationell höjdmall* (Dissertation). Hämtad från <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hig:diva-10480>

Sivertun, Å., Müller, H. & Lundqvist, R. (2025). *Geografiska förutsättningar för innovativ luftmobilitet – En kunskapsöversikt för regionala och lokala aktörer*. Region Skåne & RISE Research Institutes of Sweden AB.

Trafikverket. (2023). *PNK4UTM: Positionering, navigering och kommunikation för obemannad luftfart – slutrapport*. Hämtad från <https://trafikverket.ineko.se/Products/Details/60707>

Region Skåne

291 89 Kristianstad

Telefon: 044-309 30 00

utveckling.skane.se

