

# Inspektion med drönarburna sensorer

## Drönare för en klimatledande processindustri

En förstudie kring hur drönarburna sensorer kan användas för inspektion i processindustrier. Projektet har genomförts inom Klimatledande processindustri, en satsning med finansiering från Vinnova, Västra Götalandsregionen och Västsvenska kemi- och materialklustret.



## **Sammanfattning**

RISE Research Institutes of Sweden har genomfört en förstudie kring användande av drönarburna sensorer för en klimatledande processindustri. I samarbete med processindustri och drönaroperatörer har användningsfall identifierats. En delmängd av dessa användningsfall har sammanfattats och är beskrivna i denna rapport.

Ett stort intresse för avancerade drönartillämpningar har registrerats från processindustrin sida. Utbudet av drönarsystem är stort och de möjliga besparingarna är stora, men dagens användandegrad ute i processindustrin bedöms som låg baserat på de intervjuer som skett i projektet.

Mot bakgrund av ovanstående föreslås ett demonstratorprojekt utföras på 6 olika processindustrier i Sverige för att öka förståelsen för - och användandegraden av – drönarsystem ute i verksamheterna.

<b>1.</b>	<b>OM RISE RESEARCH INSTITUTES OF SWEDEN .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>PROJEKTBSKRIVNING .....</b>	<b>4</b>
2.1.	SYFTE .....	4
2.2.	MÅL.....	4
2.3.	GENOMFÖRANDE.....	5
<b>3.</b>	<b>HELHETSPERSPEKTIVET DRÖNARE I PROCESSINDUSTRI.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>DRÖNARE I PROCESSINDUSTRI, ANVÄNDNINGSFALL .....</b>	<b>7</b>
4.1.	APPLIKATIONER FÖR DRÖNARE I PROCESSINDUSTRIEN .....	7
4.1.1.	Användningsfall - HEM Halmstad Energi och Miljö.....	7
4.1.2.	Användningsfall - RENOVA, mäta deponigaser.....	8
4.1.3.	Användningsfall - Mainbase AB, Uppmätning av bakgrundsstrålning med gammasensor.....	9
4.1.4.	Användningsfall – Sparv Embedded.....	10
4.1.5.	Användningsfall – Guideline GEO + Veolia, markpenetrerande radar .....	11
<b>5.</b>	<b>REGLER KRING ANVÄNDANDE AV DRÖNARE .....</b>	<b>12</b>
5.1.1.	Flygning i Öppen kategori .....	13
5.1.2.	Flygning i Särskild kategori.....	14
<b>6.</b>	<b>FÖRSLAG PÅ DEMONSTRATOR-PROJEKT .....</b>	<b>FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.</b>
6.1.	DEMONSTRERA OCH TESTA NYA APPLIKATIONER PÅ 6 PLATSER I SVERIGE .....	16
6.2.	BUDGET SAMT TIDPLAN .....	16
6.2.1.	Budget.....	16
6.2.2.	Tidplan.....	17

## 1. Om RISE Research Institutes of Sweden

**RISE Research Institutes of Sweden** bedriver industriforskning i institutform och har som mål att med fokus på forskning, utveckling, innovation väsentligt bidra till att stärka det svenska näringslivets konkurrenskraft och även därigenom verka för en hållbar tillväxt.

På RISE kontor i Linköping finns forskningen kring Autonoma System, där bland annat drönarens säkerhet, funktioner och applikationer utvecklas och utprovas.

## 2. Projektbeskrivning

Projektet är en förstudie kring hur drönarburna sensorer kan användas för inspektion av processindustrier. I projektet kommer workshops och intervjuer med företrädare för processindustrin användas för att ta fram ett antal (2-5) relevanta användningsfall samt en uppskattning av det kommersiella värdet av en framgångsrik implementering av drönarsystem i dessa användningsfall.

Projektet är inriktat på att förbättra övervakningen av processindustrier. Under användning kommer drönarnas sensorer kunna upptäcka skador på infrastruktur (ledning, skorstenar, tankar, mm), vilket kommer kunna leda till effektivare processer med mindre miljöpåverkan, kortare ställtider vid underhåll, samt tidigare upptäckt av skador som kan orsaka miljöfarliga utsläpp. Det betyder att projektet i huvudsak adresserar FN:s globala hållbarhetsmål nr 8 och 9 genom att främja högre produktivitet och miljövänlig produktion.

Underhåll av infrastrukturen (rör, skorstenar etc) är oerhört viktigt för säker och kontrollerad styrning av processer. Tidigare arbeten med drönare för inspektion som nått kommersiell status har varit manuella mätningar, men för att nå teknikens fulla potential måste automatisering ske. Det har tidigare inte publicerats undersökningar kring vilka tillämpningar där det lönar sig att utveckla automatiserad drönarteknik för inspektion. I detta projekt kommer ett antal användningsfall tas fram där drönarmonterade sensorer kan användas för att förbättra inspektionen av infrastrukturen för att ta fram underlag för underhållsarbetet.

### 2.1. Syfte

Syftet med projektet är att lägga grunden för ett demonstrationsprojekt som kan visa teknik och metod för hur drönarmonterade sensorer kan användas som stöd för förebyggande underhåll inom processindustrin.

### 2.2. Mål

Målet med projektet är att ta fram en beskrivning av lämpliga användningsfall, deras kommersiella potential, miljö- och klimatnytta samt en plan för att ta fram en demo som kan genomföras senast 2022-12-31.

Workshops och intervjuer med företrädare för processindustrin har använts för att ta fram relevanta användningsfall. Faktorerna som studerats är tidsåtgång, dess kostnad, komplexitet och förväntad inspektionskvalitet. Projektplanen för demo-projektet togs fram med drönspecialister som huvudansvariga.

Följande företag har bidragit i projektet och till denna rapport;

- HEM Halmstad Energi och Miljö AB
- RENOVA AB
- Mainbase AB
- Sparv Embedded AB
- Sustainability circle
- Cleanpipe AB
- Inovyn AB



Figur 1 – Drönare avsedd för leveranser, RISE Research Institutes of Sweden, Foto: Rasmus Lundqvist

### 3. Helhetsperspektivet drönare i processindustri

Processindustri är ett brett begrepp som innefattar många olika typer av industrier, men införandet av drönare ser snarlik ut för de flesta verksamheter. Det mest centrala i ett införande är att man ska ha god förståelse för sitt användningsområde och veta vad man vill få ut av att använda den nya tekniken. När man har kartlagt sin applikation kan man härleda vilken typ av sensor som skall användas, hur länge den behöver vara i luften och hur långt bort den behöver mäta. Sensorn och tillämpningen sätter kraven på drönaren som skall bära utrustningen, och det i sin tur ger kraven som måste uppfyllas för att få flygtillstånd enligt de gällande regelverken. Två ytterligare delar som måste beaktas är organisationen (ansvarsfördelning, utbildningsnivå hos piloter, försäkringar, operativa manualer) och dataanalysen och dess verktyg. Införandet av drönare i en verksamhet har olika påverkan och varierande komplexitetsgrad beroende på användningsområde och utförande, och det är av vikt att man har samtliga aspekter i åtanke när man ger sig in i att implementera den här nya tekniken.





## 4. Drönare i processindustri, användningsfall

### 4.1. Applikationer för drönare i processindustrin

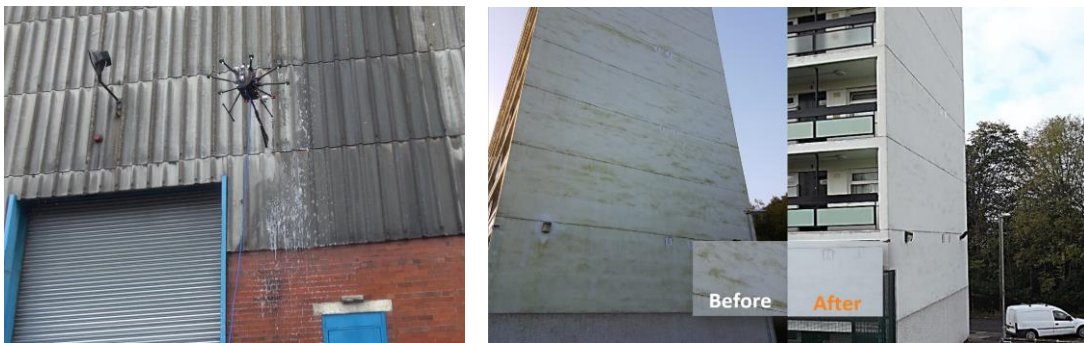
Applikationerna och användningsfallen för drönare inom processindustrin är många. En del av applikationerna som är identifierade är generiska för många olika sektorer, till exempel användning för säkerhet/skalskydd, medan vissa är väldigt specifika för processindustri, till exempel miljömätningar och inspektion inuti tankar och skorstenar. Följande relevanta användningsfall har identifierats vid workshops och seminarier;

- *Inspektera värme på skorstenar*
- *Säkerhet/skalskydd*
- *Inspektera invändigt i tankar och skorstenar*
- *Inspektera huskroppar, torn etc för en strukturell analys*
- *Miljömätningar i fabriken*
- *Miljömätningar runt fabriken*
- *Mäta godstjocklekar på utrustning*
- *Inspektion av solcellsanläggningar*
- *Inspektion av vindkraftverk*

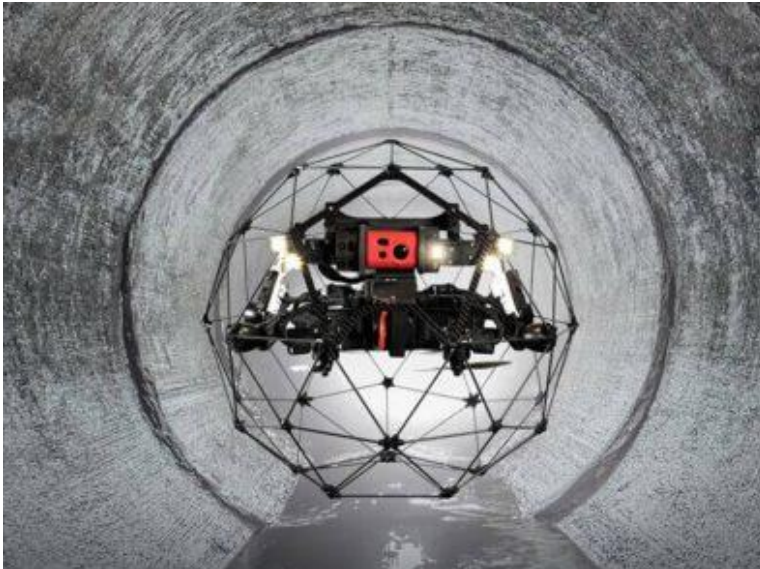
Dessa användningsområden har analyserats tillsammans med företag som har haft erfarenhet inom området, och nedan är ett antal av användningsområdena beskrivna.

#### 4.1.1. Användningsfall - HEM Halmstad Energi och Miljö

- Halmstad Energi och Miljö (HEM) använder drönare för inspektion i dieseltankar, (~30 kubik) inspektion av stålkorstenar, inspektion i silos och inspektion av slaggpåväxt.
- Inspektion av en stålkorsten 'manuellt' kostar omkring 20 000:- och tar en arbetsdag. Inspektion med drönare, tar 60 minuter, kostar omkring 5000:-. (Totalkostnad konsult klättring, samt totalkostnad leasing av drönare samt personal).
- Ett behov som HEM ser i verksamheten är drönare som gör tjockleksmätning, bättringsmålning och blästring. En stor besparing kan ske då användande av byggnadsställning undviks.
- RISE har inlett diskussioner med Aspira Solutions UK i Storbritannien samt Nilsson Drones AB om att demonstrera de avancerade användningsområdena ovan.



Figur 2 - Aspira Solutions UK - fasadrengöring med drönare



1

Figur 3 - Flyability ELIOS 2 har använts vid inspektion hos HEM samt Mälarenergi

#### 4.1.2. Användningsfall - RENOVA, mäta deponigaser

RENOVA har använt drönare för att mäta upp sina avfallsanläggningar<sup>2</sup>, och har planerat att använda drönare för att mäta deponigaser. I Sverige saknas en nationellt vedertagen metod för att genomföra detta. Avsaknaden av en standardmetod gör det svårt att jämföra resultat mellan deponier. Det är av vikt för denna applikation att skapa standardkoncept för uppmätning.

En undersökning runt att mäta på soptippar i Storbritannien visar dessutom att drönare är en bra metod: *The flux derived using mass balancing can be considered to be accurate to within one standard deviation, when all sources of variability and error are known or measured.*<sup>3</sup>



<sup>1</sup> <https://www.kiwa.com/se/sv/media/nyheter/inspektion-med-dronare-sakrar-malarenergis-avfallspanna/>

<sup>2</sup> <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9029650&fileId=9029655>

<sup>3</sup> Validation of landfill methane measurements from an unmanned aerial system, <https://www.gov.uk/government/publications/validation-of-landfill-methane-measurements-from-an-unmanned-aerial-system>



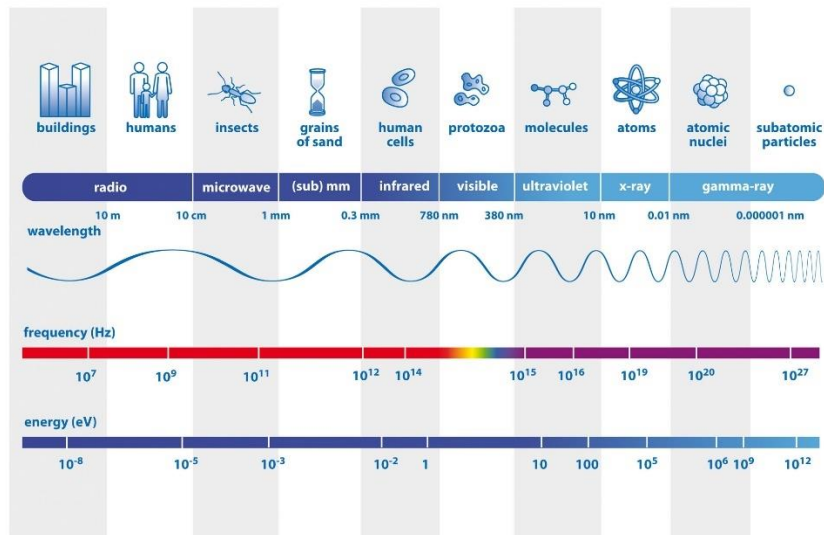
4.1.3. Användningsfall - Mainbase AB, Uppmätning av bakgrundsstrålning med gammasensor

Mainbase AB har med hjälp av drönare utfört uppmätningar av bakgrundsstrålning<sup>4</sup> för att bestämma kompositionen av jordmån, något som kan användas vid precisionsodling. Denna typ av sensor och användning kan vara av intresse även för processindustrin. Tidigare har denna typ av uppmätningar endast kunnat göras med satellit eller lågflygande flygplan, något som gett dålig upplösning.

"En betydande kund [för uppmätningar med gammasensorer] är olje- och gasindustrin, med gammastrålning som används för att kartlägga innehållet i borrhål, som på liknande sätt som röntgenstrålar används för att skilja mellan olja, gas och vatten, samt de olika faserna av materia; vätskor, gaser, fasta ämnen."<sup>5</sup>



Figur 4 - Mainbase AB, flygning med gammasensor



Figur 5 - Illustration av elektromagnetiskt spektrum, gammastrålning (Källa: ESA.int)

<sup>4</sup> <http://www.mainbase.se/brochures/> p 21

<sup>5</sup> [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/Gamma-ray\\_detector\\_gives\\_sharper\\_view\\_of\\_deep\\_subsurface](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Gamma-ray_detector_gives_sharper_view_of_deep_subsurface)

#### 4.1.4. Användningsfall – Sparv Embedded

Sparv Embedded är ett svenskt bolag med expertis inom atmosfäriska mätningar med hjälp av drönare, och deras system kan användas för att spåra utsläpp av växthusgaser, bland annat metangas<sup>6</sup>. Sparv Embedded har i samarbete med RISE ansökt om finansiering av utveckling av en ny avancerad mätmetod för precisionsmätning av metangasutsläpp inom Mistra Innovation 23.

Sensorer till drönaren finns för uppmätningar av NO<sub>2</sub> med upplösning på 1 ppb och svarstid på 1 sekund, CH<sub>4</sub> med upplösning på mindre än 1 ppb, och andra ämnen kan upptäckas av hyperspektral infraröd kamera. Den hyperspektrala kameran är idag optimerad för att mäta metan och kan användas för att beräkna utsläpp från så olika miljöer som avloppsslam, förbränningsprocesser, djurhållning och sjöar.



*Figur 6 - Sparv embedded AB - drönare för uppmätning av växthusgaser*

---

<sup>6</sup> <http://sparvembedded.com/high-resolution-methane-measurements-from-uavs/>

#### 4.1.5. Användningsfall – Guideline GEO + Veolia, markpenetrerande radar

Veolia AB och Guideline GEO AB (publ) har ett användningsområde där de skall använda drönare med markpenetrerande radar för att mäta snödjup på tak för att avgöra rasrisk och ha som beslutsunderlag vid eventuella åtgärder. Detta användningsområde är under utveckling



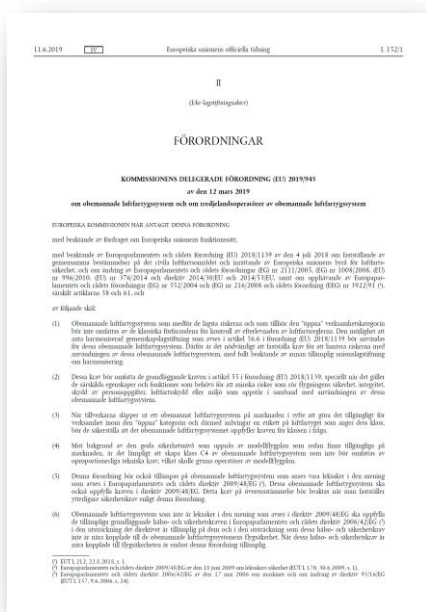
Figur 7 - Guideline GEO tillsammans med Veolia ska använda drönare för att mäta snödjup

och det finns därför inga data på kostnaden vid drift eller den möjliga klimatnyttan. Användningsområdet bedöms ha en stor potential då det saknas bra alternativ då risken är för stor att genomföra inspektionerna manuellt med personal på taken.

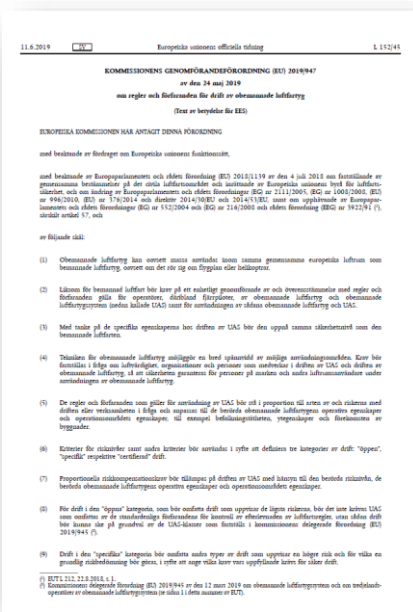
## 5. Regler kring användande av drönare

Användandet av drönare i industrin kräver att man har en god förståelse för regelverket, därför ger vi här en kort genomgång av grunderna.

Det nya EU-Regelverket som började gälla 1 januari 2021 är uppdelat på två förordningar; en delegerad förordning <sup>7</sup>([EU 2019/945](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/945/oj)) som beskriver tillverkarens skyldigheter och tekniska krav samt en genomförandeförordning <sup>8</sup>([EU 2019/947](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj)) som innehåller operativa bestämmelser för hur drönare får användas.



Figur 8 - 2019/945, regelverk för produkten drönare



Figur 9 - 2019/947, regelverk för operatören och själva flygningen av drönaren.

De nya reglerna tydliggör vad som krävs för att genomföra avancerade drönaroperationer. Regelverket gäller i hela EU och gör det lättare att skapa applikationer och operationell drönarverksamhet över landsgränserna. EU-reglerna är dessutom framtagna utifrån de grunder som utarbetats av JARUS (Joint Authorities for Regulation of Unmanned Systems), vilket är en internationell sammanslutning för harmonisering och framtagande av regelverk för drönare. Det nya regelverket lutar sig även mot en standard för att testa drönare, som är under framtagande av CEN (European Committee for Standardisation), där även SiS, svenska institutet för standarder är med). CEN har gett mandat för standardiseringen till ASD-STAN (AeroSpace and Defence Industries Association of Europe - Standardization), som är en *Associated Body* till CAN för standardisering av delar som berör Aerospace-segmentet.

Det nya regelverket förbättrar möjligheterna för drönarbranschen, skapar en ökad säkerhet och ger samtidigt en förtydligad bild av hur framtidens drönarverksamheter kommer se ut.

Regelverket kategoriserar drönarflygningar i tre kategorier; öppen, särskild och certifierad.

<sup>7</sup> [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_del/2019/945/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/945/oj)  
<sup>8</sup> [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/947/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj)

- "öppen" kategori: en kategori obemannade luftfartygssystem som definieras i artikel 4 i genomförandeförordning (EU) 2019/947.
- "särskild" kategori: en kategori obemannade luftfartygssystem som definieras i artikel 5 i genomförandeförordning (EU) 2019/947.
- "certifierad" kategori: en kategori obemannade luftfartygssystem som definieras i artikel 6 i genomförandeförordning (EU) 2019/947.

Gemensamt för alla kategorier är att den accepterade risken är den samma, skillnaden mellan dem är genom vilka restriktioner risken kan hållas ned. Risken avser risk för kollision med annan luftfart per flygtimme (max  $10^{-7}$ ) och risk för allvarlig kroppsskada per flygtimme (max  $10^{-6}$ ).

För drift av UAS i den "öppna" kategorin ska det inte krävas något operativt tillstånd i förväg och inte heller att UAS- operatören avger en operativ deklARATION före påbörjandet av driften, men för drift av UAS i den "specifika" kategorin ska det krävas ett operativt tillstånd som utfärdas av den behöriga myndigheten.

Detta gör ju naturligtvis att det enklaste sättet att bedriva verksamhet inom drönare är att använda en produkt som passar i den öppna kategorin. För att få en överblick av den öppna kategorin kan man studera schemat nedan. Notera dock att sammanställningar av detta slag alltid är förenklingar av regelverket, för att få en fullständig bild måste man alltid gå tillbaka till formuleringarna i regelverket.

UAS		Operation			Operator/pilot	
Class	MTOM	Subcategory	Operational restrictions	Distance from people	Operator Registration Required	Remote pilot competence
Privately built C0	< 250 g	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operate in visual line of sight below 120 m altitude</li> <li>Fly away from airports</li> <li>Respect specific rules defined by the zone in which you operate</li> </ul>	You can fly over uninvolved people (not over crowds)	No	Read owner manual
C1	< 900 g				<ul style="list-style-type: none"> <li>Read owner manual</li> <li>Perform online training</li> <li>Pass online test</li> </ul>	
C2	< 4 kg	A2		You can fly at a safe distance from uninvolved people	Yes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Read owner manual</li> <li>Perform online training</li> <li>Pass online test</li> <li>Pass a theoretical test in a centre recognised by the aviation authority (only if you intend to fly close to non involved people)</li> </ul>
C3	< 25 kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fly in an area where it is reasonably expected that no uninvolved people will be endangered</li> <li>Keep a safety distance from urban areas</li> </ul>	You should:		<ul style="list-style-type: none"> <li>Read owner manual</li> <li>Perform online training</li> <li>Pass an online test</li> </ul>
C4 (model aircraft)						
Privately built						

Figur 10 - Sammanställning av regler för Öppen kategori, källa: [https://dronerules.eu/hr/professional/eu\\_regulations\\_updates](https://dronerules.eu/hr/professional/eu_regulations_updates)

### 5.1.1. Flygning i Öppen kategori

Drift av UAS i den "Öppna" kategorin delas upp i tre underkategorier (A1 A2 och A3 i schemat ovan). Flygningen måste ske inom synhåll, och har olika krav beroende på i vilken viktklass man flyger. I viktklass över 4kg krävs ett horisontellt säkerhetsavstånd om 150m till tredje part vilket tvingar oss in i särskild kategori.

### 5.1.2. Flygning i Särskild kategori

Flygning i Särskild kategori innebär att man har en farkost som är större än de som är definierade i Klass C0 – C4, eller att man vill flyga på annat sätt utanför de begränsningar som är satta i underkategori A1 – A3. För att få ett flygtillstånd i Särskild kategori måste man ha genomfört en riskanalys enligt SORA (Specific Operations Risk Analysis), såvida operatören inte innehar ett drifttillstånd för lätta UAS (kallat LUC) eller kan identifieras sin verksamhet med ett Standard Scenario.

#### *SORA – Specific Operations Risk Analysis*

SORA är en mycket omfattande riskanalys som måste genomföras med tillräckligt låg risk som utfall.

#### *LUC – Light UAS operator Certificate*

LUC är ett självgranskningscertifikat, operatören har själv behörighet att godkänna avsteg från kategorin Open.

#### *Standard Scenario*

Standard Scenario är ett fördefinierat scenario där som inte omfattas av kategorin Öppen, där en SORA har utförts och resulterat i tillräckligt låg risk. Genom att identifiera sig med detta Standard Scenario är risken tillräckligt låg och flygning får genomföras på det vis som är beskrivet. En deklARATION om uppfyllnad räcker för att få flyga enligt beskrivet scenario.



## 6. Slutsats och förslag på demonstrator-projekt

Den här rapporten har beskrivit ett fåtal avancerade användningsområden för användning av drönare inom processindustri. De användningsfall som redovisats har varierande effekt sett till miljö- och klimatnytta och det här projektet har inte något resultat kring den absoluta effekten av införandet av drönare. Vissa användningsområden är nya tillämpningar (t.ex. miljömätningar på deponier, där det tidigare bara kunde mätas från mark, med hög risk för personal), vissa är tillämpningar med nya sensorer som kan ge kompletterande bilder av miljöpåverkan i processindustrier och vissa tillämpningar resulterar i kortare ställtider och effektivare processer (från dagar till timmar). Detta kan i sig resultera i effektivare processindustrier med ökad miljö- och klimatnytta som följd, och även ge en hög precision och tillförlitlighet i kontroll och övervakning av dessa processer.

Utvecklingen av drönarsystem har kommit långt och de möjliga besparingarna är stora, men dagens användandegrad ute i processindustrin bedöms som lågt baserat på de intervjuer som skett i projektet. Detta beroende på tre huvudorsaker, dels att utbud/efterfrågan på de avancerade uppdragen ännu ej fått fäste i Sverige, dels en osäkerhet kring hur man kan utnyttja sensorinformation från drönare och dels en osäkerhet kring säkerhet och regelverk kring drönare, både för drönarflygningarna i sig och nyttjande i till exempel EX-klassad miljö.

Mot bakgrund av ovanstående föreslås ett demonstratorprojekt utföras på 6 olika processindustrier (ännu ej utvalda) i Sverige för att öka förståelsen för - och användandegraden av – drönarsystem ute i verksamheterna. Tre olika system föreslås demonstreras på dessa platser. Det blir alltså 18 demonstrationsflygningar och datainsamlingar med redovisningar inför regionala målgrupper, en omfattande verksamhet och event och detta återspeglas i storleken på budgeten. Det är av stort intresse att samordna detta med projekten i Vinnovas utlysning ”Drönare för klimatet”, som startar 2022.

## 6.1. Demonstrera och testa nya applikationer på 6 platser i Sverige

Föreslagna applikationer att demonstrera;

1. Inspektion i skorsten / cistern (om detta ej skett på platsen tidigare, kan då bytas mot annan tillämpning t.ex bakgrundsstrålning eller hyperspektral uppmätning)
2. Uppmätning av utsläpp relevanta för platsen
3. Utföra avancerade uppdrag (tjockleksmätning, bättringsmålning etc)



Figur 11 - Demonstrator av drönartillämpningar i processindustrin föreslås utföras runt om i Sverige

Varje demonstration föreslås vara 3 dagar; Dag 1 datainsamling, Dag 2 bearbetning av data och Dag 3 presentation. Dag 3 skall vara öppen för utomstående att ta del av presentationerna i seminarieform.

## 6.2. Förslag på budget samt tidplan

### 6.2.1. Budget

		Kostnad	
Projektledning	300 h		
Planering/ upphandling	50 h		
Lokal anpassning av uppdrag och uppmätningar	50 h		
Deltagande i demodagar	200 h		
Totalt arbetstid	->	900 000	SEK
Resebudget		35000	SEK
Upphandling av drönartjänster (inkl ev utveckling) <sup>9</sup>		1 584 000	SEK
Summa budget		2 519 000	SEK

<sup>9</sup> Baserat på ROM offertförslag från relevanta aktörer

	2022										
	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	
Projektledning											
Detaljerad planering av demo											
Upphandling av drönarinspektion											
Utförande av Demo Norr											
Utförande av Demo Ost 1											
Utförande av Demo Ost 2											
Utförande av Demo Väst 1											
Utförande av Demo Väst 2											
Utförande av Demo Syd											