

Buller och emissioner från drönare – axplock om kunskapsläget idag

**Transportstyrelsens seminarium för obemannade luftfartyg
och U-space den 11-12 december 2023 / Marie Hankanen**

Varför ska buller och emissioner beaktas?

Agenda 2030: globala mål för hållbar utveckling:



Regeringsuppdrag till Transportstyrelsen:

Syftet med uppdraget är att stärka förutsättningarna för en konkurrenskraftig drönerbransch i Sverige och EU samt främja en säker, **hållbar** och effektiv användning av drönare som tar hänsyn till nationella förutsättningar och eventuella allmänna och enskilda motstående intressen.

EU drönerstrategi 2.0:

The EU needs to ensure the safe and efficient development of a drone ecosystem, addressing other related societal concerns such as safety, security, privacy and **environmental protection** while simultaneously ensuring a sustainable economic environment for the European drone industry to grow

Svenska mål för transportpolitiken:

Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och **långsiktigt hållbar** **transportförsörjning** för medborgarna och näringslivet i hela landet.
"bidra till att det övergripande **generationsmålet för miljö och miljö kvalitetsmålen** nås"

Vägledningar från EASA och Eurocontrol

Hur mycket låter en mindre drönare?

Mätningar i UK:

Mass, kg	Free-field L _{ASmax} , dB
6.4	58.2 (take-off, 1.2 m mic at 15 m lateral)
	62.5 (landing, 1.2 m mic at 15 m lateral)
16.9	66.4 (take-off, IGP mic at 50 m lateral)
	70.0 (landing, IGP mic at 50 m lateral)
	68.9 (take-off, 1.2 m mic at 50 m lateral)
	71.7 (landing, 1.2 m mic at 50 m lateral)

Region Stockholm, förstudie:

Luftfarkost	Bullernivå	Avstånd
DJI Matrice 600 (multikopter, 15 kg)	66,4 dBA 55 dBA	Höjd: 20m, avstånd 15m Höjd: 70m, avstånd 50m

Mätningar i US:

Overflight : noise measurement summary

Mass, kg	Ref. free-field L _{ASmax} at 400 ft, dB
1.6	44.9 (GP mic)*
7.3	45.9 (GP mic)*

Overflight noise measurement summary

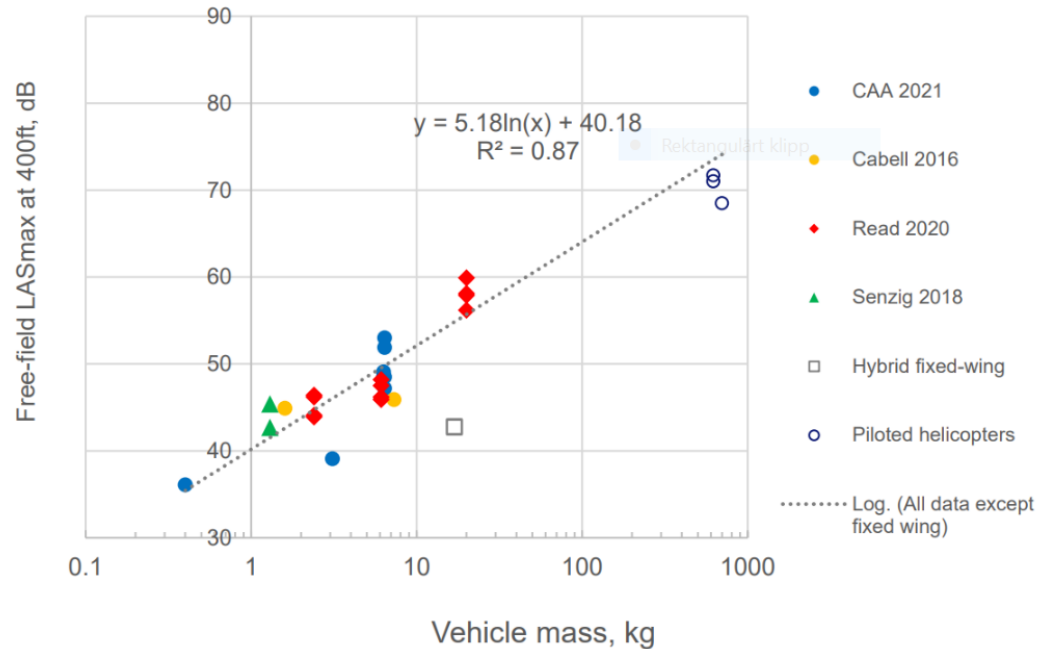
Mass, kg	Ref. free-field L _{ASmax} at 400 ft, dB
2.4	44.1 (IGP mic, fast flyover)
	46.4 (1.2m mic, fast flyover)
	43.9 (IGP mic, slow flyover)
	46.2 (1.2m mic, slow flyover)
6.1	46.2 (IGP mic, fast flyover)
	48.2 (1.2m mic, fast flyover)
	45.9 (IGP mic, slow flyover)
	47.5 (1.2m mic, slow flyover)
20.0	58.1 (IGP mic, fast flyover)
	59.9 (1.2m mic, fast flyover)
	56.2 (IGP mic, slow flyover)
	57.9 (1.2m mic, slow flyover)

Take-off and landing noise measurement summary

Mass, kg	Ref. free-field L _{ASmax} at 100 ft, dB
2.4	48.1 (take-off, IGP mic)
	55.7 (landing, IGP mic)
	49.9 (take-off, 1.2m mic)
	57.3 (landing, 1.2m mic)
6.1	51.4 (take-off, IGP mic)
	58.6 (landing, IGP mic)
	51.9 (take-off, 1.2m mic)
	59.3 (landing, 1.2m mic)
20.0	64.8 (take-off, IGP mic)
	62.7 (landing, IGP mic)
	67.5 (take-off, 1.2m mic)
	66.0 (landing, 1.2m mic)

Hur mycket låter en eVTOL?

Figure D1 Variation of eVTOL noise level by mass at a reference height of 400 ft



Region Stockholm, förstudie:
Stor multikopter 55 dBA på 100 m höjd

Hur mycket låter en drönare inomhus?

Forskningsexempel:

En drygt 30 kg tung drönare opererande nära ett fönster på glänt, behöver hålla ett avstånd till fasad på mellan **111-179 m** för att innehålla WHO:s rekommendationer för sömnkvalitet (42 dB LAmax) inomhus (uppvaknande nattetid eller för tidigt på morgonen, spannet i exemplet beror av drönarens hastighet)



Hur mycket får en drönare bullra?

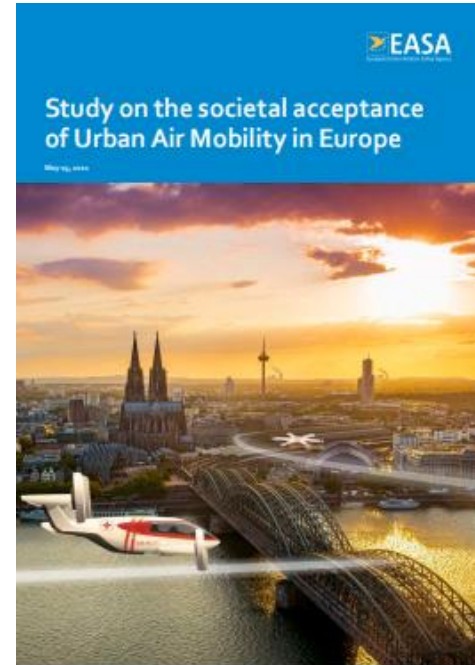
- Regleras *både* som bullerkrav på luftfartyget och som buller-riktvärden hos mottagaren.



- Regeringens proposition 1996/97:53 Infrastrukturinriktning för framtida transporter
- Naturvårdsverkets vägledning gällande riktvärden för flygtrafikbuller vid friluftsoch rekreatiionsområde
- Trafikbullerförordningen 2015:216, utomhus
- FOHM 2014:13, inomhus
- Vägledning/AR om externt industri buller (NV/BoV)
- NV AR 2004:16 om motorsportbanor

Resultat från EASAs studie om acceptans för UAM

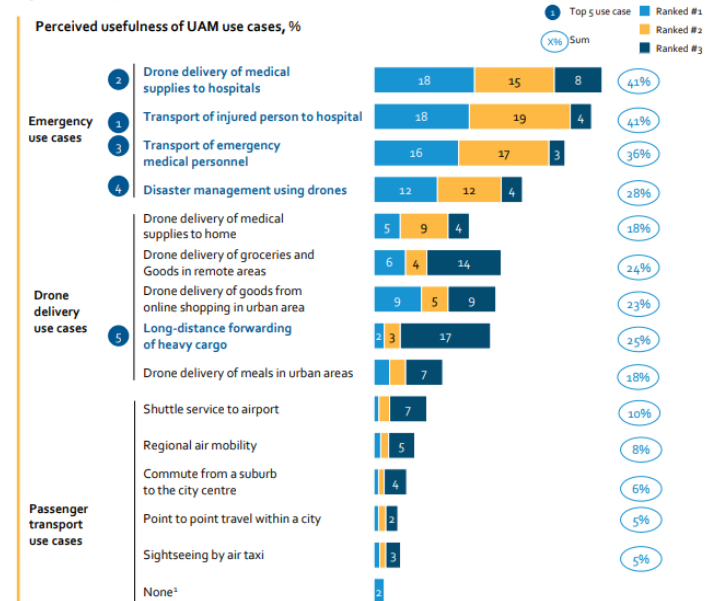
- **Buller** identifierades generellt som den näst högsta utmaningen efter allmän säkerhet.
- Resultaten indikerade att **bullerstörning** varierar med hur bekant ljudet är och att välbekanta ljud accepteras i högre grad.
- Resultaten konfirmerar att acceptansen varierar med avstånd till ljudkällan, bullerhändelsens längd samt hur frekvent bullerhändelsen upprepas.
- Välkänt stadsbuller accepteras i högre grad, förutsatt att ljudnivån inte är högre än normalt.
- Negativ påverkan på vilda djur och fåglar ses som en stor utmaning också.



Syfte med flygning kommer att påverka acceptansen

EASAs undersökning visar att drönarflygningar i nödsituationer anses ge mest nytta, därefter godsleveranser och sist passagerartransporter.

Figure 35: Emergency use cases are expected to be most useful



Möjliga åtgärder för att öka acceptansen

Information,
konsultation,
inkluderande
förhållningssätt och
bemyndiganden.

- Optimera flygrutter både för att öka “maskeringseffekter” och minska mängden bullerexponerad befolkning.
- Minska buller genom ändrade flyghöjder (ev minimum height) och strategier för användandet av olika flygvägar (ev spridning av flygtrafik)

Initiala slutsatser buller

- Vid 50 m avstånd verkar data idag INTE visa på stor risk för överskridanden av 70 dBA för de vanligast förekommande drönarna. Men större eVTOL/VCA kommer att ge överskridanden.
- Flygningar nattetid nära tredje persons bostadsfasad kan innebära problem
- Ny, för många obekant bullerkälla, innebär risk för bullerklagomål även om bullerriktvärden innehålls - information viktig!
- Forskning har visat att toner och bredbandigt högfrekvent buller är vanligt förekommande från drönare och denna typ av ljud upplevs vanligen mer störande.
- Rimligt med olika bullerkrav i tysta miljöer respektive i tätortsmiljö

Hur påverkar drönare klimatet?

- + ”Zero operating emissions” för drönare som drivs på hållbar el/batterier.
- Ett i ett livscykelperspektiv sker även koldioxidutsläpp i samband med tillverkning av luftfartyget/batterierna. EASA: *Focus should be placed on reducing the overall environmental impact of UAM aircraft during the design phase.*

Framtida utveckling påverkar svaret:

Drönare ersätter annan trafik: positivt ur klimatsynpunkt så länge den ersatta trafiken använder fossila bränslen, men när tex bilar/lastbilar är elektrifierade är klimatnyttan inte lika självklar.

Drönare blir ett nytt ”femte trafikslag”: mer koldioxidutsläpp från tillverkning kan förväntas. Om den totala mängden trafik ökar, kommer drönartrafiken bidra till ökade koldioxidutsläpp.

Fråga för diskussion

- Hur bör buller från drönare hanteras - vilka lösningar ser ni som framgångsfaktorer i stadsmiljö respektive rekreations- och friluftsområden / skyddade områden?

Reservbilder

Hur ser EASA på drönare och miljö?

- Buller, lokal luftkvalitet samt skydd av naturmiljöer och vilda djur och växter lyfts. Kopplar till EU-direktiv om fågelskydd/ bevarande av livsmiljöer och vilda djur/växter.
- Vägledning om riskbedömning kopplad till KOMs förordning om U-space:
 - Naturresevat och andra bullerkänsliga / miljökänsliga områden bör beaktas, tex Natura 2000-områden.
 - Om ev regionala / lokala luftrumsrestriktioner: Nationella myndigheter kan definiera geografiska UAS-zoner. Konsultationsprocess viktig.
 - Tillverkare förväntas minimera buller från drönare
 - Drönare vars framdrivning inte enbart kommer från el ska bedömas efter EU Direktiv 2008/50/EC12 om luftkvalitet.
 - 598/2014 om restriktioner av bullerskäl runt flygplatser kan behöva beaktas
 - Fågelkollisioner



Eurocontrol vägleder också 2023

Omgivningsbullerdirektivet (2002/49/EC10) gäller även för UAS.

Handlingsplaner behöver därför uppdateras mht UAS och miljöriskbedömningar måste säkerställa att UAS operationer följer handlingsplanerna.

EU-lagstiftningarna 2019/945 och 2019/947 kräver att operatörer ska följa vägledning för att minska buller under flygoperationerna.



Hur mycket buller tillåts hos de som exponeras i SE?

Regeringens proposition

1996/97:53 Infrastrukturinriktning för framtida transporter

Följande riktvärden för trafikbuller bör normalt inte överskridas vid nybyggnation av bostadsbebyggelse eller vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur:

- 30 dB(A) ekvivalentnivå inomhus,
- 45 dB(A) maximalnivå inomhus nattetid,
- 55 dB(A) ekvivalentnivå utomhus (vid fasad),
- 70 dB(A) maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad.

För utomhusnivån avses för flygbuller FBN 55 dB(A).

Maximalnivå 70 dB(A) bör användas som målsättningsvärde på lång sikt.

Naturvårdsverkets vägledning gällande riktvärden för flygtrafikbuller vid friluft- och rekreationsområden:

40 dB FBN, där tystnad är en väsentlig del av upplevelsen

Trafikbullerförordningen 2015:216, utomhus

Buller från flygplatser

6 § Buller från flygplatser bör inte överskrida 55 dB FBN och 70 dB maximal ljudnivå flygtrafik vid en bostadsbyggnads fasad.

För buller från flygplatser i Stockholms kommun gäller inte den begränsning som anges om maximal ljudnivå flygtrafik i första stycket mellan kl. 06.00 och 22.00.

7 § Om den ljudnivå om 70 dB maximal ljudnivå flygtrafik som anges i 6 § första stycket ändå överskrids, bör nivån inte överskridas mer än

1. sexton gånger mellan kl. 06.00 och 22.00, och
2. tre gånger mellan kl. 22.00 och 06.00.

För buller från flygplatser i Stockholms kommun gäller inte den begränsning som anges i första stycket 1.

FOHM 2014:13, inomhus

Maximalt ljud	L_{AFmax}^1	45 dB
Ekvivalent ljud	$L_{Aeq,T}^2$	30 dB
Ljud med hörbara tonkomponenter	$L_{Aeq,T}^2$	25 dB

Hur mycket buller får en drönare emittera? (1)

Källa:EASA



OPEN CATEGORY

Contains noise requirements, with noise standard (EN ISO 3744:2010)

Not within EASA's remit

Högst 25 kg, bullerkrav specade upp till 4 kg



SPECIFIC CATEGORY

EASA Guidelines for measuring / reporting noise

Generally requires NAA operational authorization

Buller från UAS < 600 kg kan rapporteras till EASA



CERTIFIED CATEGORY

Project-specific noise requirements similar to ICAO Annex 16

Full certification program by EASA

Inget klart, arbete pågår i ICAO, Annex 16 om tilt rotor kan ev användas

Hur mycket buller får en drönare emittera? (2)

- KOMMISSIONENS DELEGERADE FÖRORDNING (EU) 2019/945 av den 12 mars 2019 om obemannade luftfartygssystem och om tredjelandsoperatörer av obemannade luftfartygssystem:

Maximal ljudeffektnivå för olika klasser av obemannade luftfartyg (inklusive övergångsperioder)

Luftfartygsklass	MTOM m i gram	Maximal ljudeffektnivå L_{WA} i dB		
		från och med ikraftträdandet	från och med två år efter ikraftträdandet	från och med fyra år efter ikraftträdandet
C1	$250 \leq m < 900$	85	83	81
C2	$900 \leq m < 4\,000$	$85 + 18,5 \lg \frac{m}{900}$	$83 + 18,5 \lg \frac{m}{900}$	$81 + 18,5 \lg \frac{m}{900}$

Där "lg" är logaritmen med bas 10.

Buller hos mottagare är beroende både av L_w och avstånd mm.
Förordningen reglerar drönare med högsta höjd 120 m över mark.

Hur mycket buller får en drönare emittera? (3)

- EASA förslag för VCA (vertical capable aircraft) baseras på dagens bullerkrav för tyngre helikoptrar i ICAO Annex 16:

M = Maximum take-off
mass in 1 000 kg

	0	0.788	80.0
Take-off noise level (EPNdB)	86	$87.03 + 9.97 \log M$	106
Approach noise level (EPNdB)	89	$90.03 + 9.97 \log M$	109
Overflight noise level (EPNdB)	84	$85.03 + 9.97 \log M$	104

Hur mycket låter en drönare?

- Ur Region Stockholms förstudie gällande drönartransporter:

Ljudkänsligheten varierar mellan olika personer, vilket leder till olika reaktioner på buller.

- Ju bredare spektrum ett buller har, desto fler människor reagerar på det.
- Ovanligt ljud kan utlösa en stressreaktion.
- Upprepade ljud är svårare att acceptera än enstaka.

Drönarlogistiken förväntas ske på ca 50 m höjd eller högre. Drönarna förväntas flyga förbi i ca 90-120 km/h, vilket leder till en kort bullerexponering.

Att involvera kommunerna och medborgarna i tester och studera fenomenet empiriskt rekommenderas.

Exempel på bullerkällor och bullernivåer

<i>Luffarkost</i>	<i>Bullernivå</i>	<i>Avstånd</i>
DJI Matrice 600 (multikopter, 15 kg)	66,4 dBA 55 dBA	Höjd: 20m, avstånd 15m Höjd: 70m, avstånd 50m
Stor multikopter	55 dBA	Höjd: 100m
Litet flygplan	75 dBA	Höjd: 100m
Helikopter	95 dBA	Höjd: 100m

Forskningsprojektet APIS

Acoustics and annoyance of future aviation – simulation **P**latform and **I**mplementation **S**ystem

Forskningsprojekt 2023-2024 på KTH med syfte att ta fram kunskap, vägledning och rekommendationer till intressenter för att underlätta implementering av framtida service från luftfartyg på ett hållbart sätt m h t buller och bullerstörning.

Projektet har finansierats då man bland annat sett att drönare har potential för att bidra till minskade koldioxidutsläpp. Buller och bullerstörning skulle kunna bli kritiskt för acceptansen och risk för förseningar och låsningar i planprocesser skulle kunna minskas genom kommande vägledning.

Man tänker sig testa bla olika flygvägar med drönare mellan sjukhus i Stor-Stockholm.

Mer info kan erhållas från: ulf@akustikdoktorn.se