



User case Drones en beleving

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0483316.100
revisie 01
2 juni 2023

www.anteagroup.nl

User case Drones en beleving

projectnummer 0483316.100

revisie 01

2 juni 2023

Auteurs

Jesse Pfrommer, Marloes van de Klundert, Daan Israel (Antea Group)

Robert Herlaar, Ronald van 't Veld (AdecS Airinfra Consultants)

Opdrachtgever

AdecS Airinfra B.V.

Loire 196

2491 AM Den Haag

Gecontroleerd

Ronald van 't Veld

datum

2 juni 2023

beschrijving

vrijgave

Marloes van de
Klundert



Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Probleemstelling	4
1.2 Doelstelling	4
1.3 Doelgroep	4
1.4 Deelnemende partijen	4
2. Literatuuronderzoek	5
2.1 Technische informatie (geluid)	5
2.2 Regelgeving	8
2.2.1 Internationaal	8
2.2.2 Nationaal	9
3. Input werksessie 1	11
4. Input werksessie 2	13
5. Conclusie	15
6. Advies	17
Bijlage A: Kahoot & Miro-board Werksessie 1	21
Bijlage B: Miro-board Werksessie 2	27

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

De onbemande luchtvaart heeft in de afgelopen jaren een grote ontwikkeling meegemaakt, waarbij de huidige focus van de overheden en industrie voornamelijk ligt op een uniforme certificering van Unmanned Aviation Systems (UAS), het creëren van een veilige inpassing van U-spaceluchtruim, het definiëren van bijbehorende rollen binnen het ecosysteem, en de toekomstige realisatie van Innovative Air Mobility (IAM). Een veilige inpassing van de onbemande luchtvaart waarbij zowel de vliegveiligheid van bemande en onbemande luchtvaart wordt geborgd, heeft de hoogste prioriteit.

Echter brengt de introductie van de onbemande luchtvaart en de bijbehorende toepassingen ook zorg met zich mee vanuit de omgeving. Uit studies komt met regelmaat naar voren dat omwonenden (en overheden) zich bijvoorbeeld zorgen maken om geluidsoverlast, privacy issues en veiligheidsrisico's. Een terechte zorg, er is namelijk nog weinig duidelijk hoe deze effecten van het onbemande verkeer moeten worden afgebakend. Daarbij is het beleidstechnisch ook belangrijk dat er meer inzicht komt in de effecten van onbemande luchtvaart op de omgeving. Zo variëren de toepassingen van drones tussen bezorging van pakketten tot dronetaxi's waarbij het een reële gedachte is dat deze plaatsvinden boven stedelijk en bewoond gebied. Hiervoor zullen wellicht corridors, U-spaceluchtruim en start- en landingsplaatsen (vertiports) voor ingericht worden. Het bevoegd gezag kan alleen een besluit nemen over zulke onderwerpen als er ook inzicht is naar de impact op de omgeving. Aan de andere kant heb je ook ervaringen nodig om de inzichten op te doen naar de impact.

Voor de Stichting Dutch Drone Delta (DDD) reden om nader onderzoek te doen naar wat er al bekend is en aanvullend nodig is om dronetoepassingen toe te staan zonder dat dit ten koste gaat van de gezondheid van omwonenden. Dit doen we middels een beknopte inventarisatie waarbij we ons concentreren op de beleving rondom drones met betrekking tot geluid en waar de industrie zich momenteel bevindt met betrekking tot het in kaart brengen van deze beleving. Inzicht helpt bij de verdere ontwikkeling van de onbemande luchtvaart, maar ook bij het creëren van draagvlak.

1.2 Doelstelling

Via een beknopte inventarisatie brengen wij in kaart welke informatie er momenteel beschikbaar is in relatie tot drones en geluid. Daarbij wordt uitgezocht welke technische informatie er is, maar ook hoe de wet- en regelgeving rekening houdt met dit aspect. Door deze inventarisatie naar geluid, hinderbeleving en mogelijk richtlijnen vanuit wet- en regelgeving, willen we ruimte creëren voor de ontwikkeling van het onbemande verkeer waarbij aandacht is voor de gezondheid van omwonenden. Deze inventarisatie dient als een eerste stap in deze ontwikkeling.

1.3 Doelgroep

De doelgroep van dit onderzoek is de industrie in het algemeen, maar voornamelijk de Nederlandse overheid met betrekking tot regels en afspraken voor hinderbeleving en gezondheid.

1.4 Deelnemende partijen

Antea Group en Adecs Airinfra Consultants hebben namens de DDD dit onderzoek opgezet en uitgeschreven. Onderdeel van de inventarisatie was ook het samenbrengen van relevante partijen binnen de DDD om de status te bespreken en vervolgstappen en -onderzoeken te bespreken. Partijen die hebben bijgedragen aan deze werksessies zijn het NLR, MovingDot, Unmanned Valley, TU Delft, ILT, gemeente Amsterdam, gemeente Enschede en Rijkswaterstaat.

2. Literatuuronderzoek

2.1 Technische informatie (geluid)

EASA

Er is al eerder onderzoek gedaan naar geluidsoverlast als gevolg van drones. De European Union Safety Agency (EASA) heeft onderzoek¹ gedaan naar richtlijnen voor geluidsniveaus van drones tot 600 kilogram. Dit is het eerste wereldwijde voorstel om richtlijnen op te stellen voor een grote variatie aan drone ontwerpen.

De richtlijnen zijn toegewijd aan de lage (Open) en middelmatige (Specifieke) risicocategorieën van dronevluchten. Deze categorieën maken onderscheid tussen het gewicht van de drone, de lading van de drone, het kennisniveau van de piloot en locatie waar wordt gevlogen. Op basis van deze gegevens wordt de betreffende dronevlucht ingedeeld in een bepaalde risicocategorie. Het opstellen van deze richtlijnen zorgt voor een hoge mate van bescherming voor de omgeving, het milieu en voor de gezondheid van de mens.

De voorgestelde richtlijnen worden vrijwillig gebruikt en zijn nog geen vereisten voor het goedkeuren en certificeren van drones. Ze zijn enkel bedoeld om het gat te dichten omtrent regels voor de dronevluchten. Omdat het gebruik van drones wordt verwacht om alleen maar toe te nemen in de toekomst, zullen ze een grote variatie aan onbekende geluiden introduceren, wat een grote zorg is voor Europese burgers. De richtlijnen moeten verwachtingen scheppen voor Europese burgers, drone fabrikanten en autoriteiten die gebruik maken van drones.

Zo kunnen nationale luchtvaartautoriteiten deze richtlijnen gebruiken om exploitanten te verzoeken om drones te gebruiken die minder geluid produceren bij werkzaamheden in geluidgevoelige situaties zoals parken of woonwijken.

De voorgestelde richtlijnen zijn het resultaat van meerdere jaren onderzoek naar dronegeluid, uitgevoerd door EASA. Hierbij is gekeken naar de technische aspecten en de menselijke perceptie van dronegeluid. Ze zijn bedacht om herhaalbare en nauwkeurige geluidmetingen te kunnen verrichten aan drones, en om een eerlijk vergelijking tussen verschillende drone-ontwerpen mogelijk te maken.

Maatschappelijke acceptatie

Het aantal toepassingen voor drones in onderzoek en ontwikkeling is significant toegenomen over de laatste jaren². Het toepassen van drones vereist echter het vertrouwen en de acceptatie vanuit de publieke samenleving die de effecten van het toepassen van de drones voornamelijk zullen merken.

Geluid als gevolg van de drones is een van de aspecten die het winnen van vertrouwen in de drones belemmert. Hedendaags luchtverkeer produceert ook al geluid, maar dit gebeurt vaak op grotere afstanden van de waarnemers dan bij drones. Voor reguliere luchtvaart zijn ook al normen vastgesteld. Hiernaast is het geluid dat de drones produceren sterk tonaal, waardoor het sneller als hinderlijk wordt ervaren door waarnemers.

Geluidsmetingen drones

Publiekelijk beschikbare resultaat betreft de geluidsmeting van drones omvat voorlopig voornamelijk drones $\leq 25\text{kg}$ ³. De gemeten geluidsniveaus zijn hierbij sterk afhankelijk van het type en gewicht van de drone. Binnen

¹ <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-publishes-first-guidelines-noise-level-measurements-drones>

² Ramos-Romero, C., Green, N., Roberts, S., Clark, C. & Torija, A.J. (2022). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35954654/>

³ Schäffer B, Pieren R, Heutschi K, Wunderli JM, Becker S. *Drone Noise Emission Characteristics and Noise Effects on Humans—A Systematic Review*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18(11):5940. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115940>.

Nederland zijn ook verschillende geluidsmetingen uitgevoerd met drones. Zo concludeerde een onderzoek op Unmanned Valley in 2017 dat de L_{den} -waarden van drone activiteiten vele malen lager zijn dan regulier omgevingsgeluid⁴. Daarnaast is in 2022 ook een geluidsmeting uitgevoerd rondom belevingsvluchten met de DJI Mavic, DJI M300 en ATMOS op Unmanned Valley⁵. De resultaten van de geluidsmetingen lieten zien dat het dronegeluid nergens boven de achtergrondruis uitkwam.

Modelleren geluidbelasting eVTOL's

Over de regelgeving rondom de berekening van geluidbelasting door Innovative Air Mobility (IAM) is momenteel vrijwel niets bekend. Betreft geluidbelasting berekeningen van IAM zullen eVTOL's (electric vertical take-off and landing) die starten/landen op vertiports en vliegen binnen vaste routes (corridors) het meest vergelijkbaar zijn met de traditionele luchtvaart. Voor laagvliegend verkeer, bijv. last-mile delivery en inspecties, met willekeurige routes is het verschil met traditionele luchtvaart groter en zal nog breder/fundamenteeler onderzoek nodig zijn naar de daadwerkelijke geluidbelasting. Er wordt al wel actief onderzoek gedaan naar de geluidbelasting van eVTOL's, voornamelijk gebaseerd op bestaande modellen voor (traditionele) luchtvaart, zoals Doc. 29/NORAH (EASA) en AEDT (FAA). Op het vlak van invoergegevens zal veel onderzoek nodig zijn gezien de grote verscheidenheid aan eVTOL's, zie onderstaande tabel, die nieuwe en sterk variërende geluid- en prestatiegegevens zullen hebben.

*STOL/CTOL	Fixed-Wing	Airplane
		Blended Wing Body (BWB)
VTOL	Powered Lift	Flying Wing
		Lift + Cruise
		Independent Thrust
		Lift Fan
		Slowed-Rotor Winged (SRW)
	Vectored Thrust (Tilt-lift)	Stopped Rotor
		Tilt Wing
		Tilt Fan/Prop/Duct/Rotor
	Wingless	Tilt Body/Frame (Tail-sitter)
		Multicopter
		Rotorcraft

STOL = Short Takeoff and Landing

CTOL = Conventional Takeoff and Landing

De huidige rekenmodellen voor luchtvaartgeluid zijn onderverdeeld in verschillende onderdelen waarbinnen nieuwe uitdagingen en leemten in kennis zijn richting het gebruik voor eVTOL's:

- Prestatiegegevens
- Geluidsgegevens
- Berekeningsmethodiek
- Dosis-effect relatie

Momenteel zijn er verschillende mogelijkheden om te komen tot (indicatieve) geluidsberekeningen, namelijk op basis van helikoptergegevens of op basis van eVTOL modellering. Een vrij generieke benadering van geluidsmoedellering bestaat uit het gebruik van bestaande helikoptergegevens waar vervolgens een correctie op wordt toegepast om deze "representatief" te laten zijn aan een eVTOL. Op alle onderdelen van geluidsmoedellering wordt verder actief onderzoek gedaan om tot meer detail en nauwkeurigheid te komen. Hier lichten we toe welke gegevens daarvoor wenselijk zijn en of hier nog nader onderzoek noodzakelijk is.

⁴ NLR. RPAS vluchten op voormalig vliegveld Valkenburg; In het kader van de TUS expo 2017. 2017. NLR-CR-2017-191-V-2.

⁵ Rijkswaterstaat. *Demonstratie geluidapparatuur tijdens belevingsvluchten met drones*. 2022.

1. eVTOL's op basis van helikoptergegevens

- *Prestatiegegevens*: Referentie helikopter, bijv. Robinson R-44; Eurocopter AS350D; Bell 206
- *Geluidsgegevens*: Referentie helikopter met aanpassing, bijv. -10/15 dB; -20%; 60-65dB cruise
- *Berekeningsmethodiek*: AEDT's Helicopter Noise Model
- *Dosis-Effect relatie*: Bekende relaties vanuit traditionele luchtvaart (N.B. vaak ook buiten scope)

De meest elementaire vorm voor een indicatieve berekening, en daarmee ook het makkelijkst toe te passen, is het 1-op-1 aanpassen van bestaande (helikopter) geluidsbelastingmodellen voor het schatten van geluidhinder voor eVTOL's. Binnen wetenschappelijke literatuur wordt hiervoor vrijwel uitsluitend FAA's Aviation Environmental Design Tool (AEDT) gebruikt, al is binnen Nederland door NLR ook de in 2017 geldende rekenvoorschriften gebruikt⁶. Binnen deze methode worden de prestatie- en geluidsgegevens gebaseerd op huidige helikopter data, waarbij ter compensatie een reductie wordt toegepast van bijv. -10/15 dB of -20%. Operationeel worden vertiports veelal boven op gebouwen gespecificeerd met daarvoor een aantal vertrek/aankomst routes. Gebruik van een eventuele dosis-effect relatie binnen literatuur, is op basis van de traditionele luchtvaart. Veel studies rapporteren als resultaat ook simpelweg de geluidscontouren, waarbij de huidige grenswaarden of dosis-effect relaties impliciet worden overgenomen of gebruikt. Een wetenschappelijke inventarisatie geeft aan dat limitaties van de rekenkernen voornamelijk merkbaar zijn bij gebruik binnen stedelijk gebied. Deze limitatie volgt uit een gebrek aan het modelleren van geluidreflectie en -afscherming en ontbreken van een terrein model⁹.

2. Verdieping detailniveau/nauwkeurigheid

• *Prestatiegegevens*

Verdieping op het vlak van prestatiegegevens zal voornamelijk afhankelijk zijn van het beschikbaar stellen van gegevens door fabrikanten. Als vervanging voor deze gegevens wordt momenteel (geschatte) data op basis van concept voertuigen gebruikt. Een veel gebruikte groep van concept voertuigen zijn de NASA Revolutionary Vertical Lift Technology (RLVT) concepten, deze omvatten bijv. een quadrotor en lift+cruise (L+C) concept⁷.

• *Geluidsgegevens*

Verdieping op het vlak van geluidsgegevens zal uiteindelijk moeten komen vanuit geluidsmetingen³ beschikbaar gesteld door fabrikanten/bevoegd gezag. Als vervanging voor deze gegevens wordt momenteel met modellen gewerkt om geluidshemisferen te schatten. Voor bijvoorbeeld de NASA RLVT concepten zijn zulke geluidshemisferen geschat met behulp van een aaneenschakeling van meerdere modellen⁸. Zo worden achtereenvolgens o.a. bewegingsvergelijkingen opgelost, geluidsschattingen vanuit verschillende bronnen gemaakt en de cumulatie van alle bronnen voortgeplant onder specifieke referentie condities om te komen tot data equivalent aan een noise-power-distance (NPD) tabel, zoals momenteel gebruikt binnen bijv. Doc.29.

• *Berekeningsmethodiek*

Verdieping op het vlak van berekeningsmethodiek richt zich voornamelijk op beperkingen van de momenteel gebruikte rekenkernen, zoals Doc. 29/NORAH en AEDT. Deze kernen missen nauwkeurigheid binnen een stedelijke omgeving vanwege effect als reflectie en afscherming door gebouwen⁹. Voor indicatieve berekeningen in grote studiegebieden wordt momenteel veelal teruggerepen naar bijv. AEDT waarbij prestatie- en geluidsgegevens worden gegenereerd zodat deze bij AEDT aansluit. Binnen kleinere studiegebieden worden gedetailleerdere modellen (bijv. 'Gaussian beam tracing') gebruikt om de impact van IAM-toepassingen te onderzoeken, maar deze zijn nog lastig op grote schaal toe te passen¹⁰.

⁶ Cheung YS, Heppe GJT. *Milieueffecten van Testfaciliteit van Drones: Een Kennis-Voor-Beleid Studie*. 2017.

⁷ Johnson W, Silva C. NASA Concept Vehicles and the Engineering of Advanced Air Mobility Aircraft. *Aeronautical Journal*. 2022;126(1295):59-91. doi:10.1017/aer.2021.92

⁸ Rizzi SA, Rafaelof M. Second-Generation UAM Community Noise Assessment Using the FAA Aviation Environmental Design Tool. In: *AIAA SCITECH 2022 Forum*. American Institute of Aeronautics and Astronautics; 2022. doi:10.2514/6.2022-2167

⁹ Rizzi SA, Huff DL, Boyd DD, et al. *Urban Air Mobility Noise: Current Practice, Gaps, and Recommendations*. NASA/TP-2020-5007433; 2020.

¹⁰ Bian H, Tan Q, Zhong S, Zhang X. Assessment of UAM and Drone Noise Impact on the Environment based on Virtual Flights. *Aerosp Sci Technol*. 2022; 118:106996. doi: 10.1016/j.ast.2021.106996

- *Dosis-Effect relatie*

Zoals hierboven vermeld worden dosis-effect relaties nog verdiept binnen indicatieve berekeningen naar IAM-geluidsbelasting. Afzonderlijk is op dit punt wel onderzoek richting de aspecten van IAM-voertuigen die hinderbeleving beïnvloeden, zoals tonaliteit, frequentie, en luidheid, door middel van 'auralisatie', i.e. het artificieel genereren van geluidsfragmenten. Onderzoek binnen de traditionele luchtvaart laat zien dat, naast IAM-specifieke aspecten, nog veel onderzoek nodig is rondom het gebruik van dosis-effect relaties. Zo zijn dosis-effect relaties afhankelijk van verschillende niet-akoestische co-determinanten, andere akoestische factoren naast luchtvaart, de betrouwbaarheid van het bevolkingsonderzoek en de methode waarmee de best-passende niet lineaire dosis-effect relaties is opgesteld. Bovendien veranderen de dosis-effect relaties over de jaren, waardoor regelmatig updates nodig zijn om te zorgen dat dosis-effect relaties een adequate beschrijving geven van de huidige situatie¹¹.

2.2 Regelgeving

2.2.1 Internationaal

Regelgeving voornamelijk risico gebaseerd

Met de Europese verordeningen 2019/945 en 2019/947 heeft EASA een basis gelegd voor het regelgevend kader voor onbemande luchtvaartuigen. De regelgeving voor onbemande luchtvaart is nog relatief jong en richt zich daarom in de basis voornamelijk op veiligheid en/of risico. Geluid is daarmee een onderwerp dat weinig aan bod komt in de regelgeving. In de 2019/945 zijn er echter wel geluidslimieten voor een beperkt aantal type droneoperaties opgenomen, via de CE-markeringen die in de toekomst op drones zichtbaar moeten zijn. Deze type droneoperaties vallen binnen de Open en Specifieke Categorie, maar dus niet in de Gecertificeerde.

Voor droneoperaties binnen de Specifieke Categorie geldt dat voorafgaand aan de vlucht ontheffing gevraagd moet worden bij het bevoegd gezag voor dat type droneoperatie, met uitzondering van droneoperaties die gedekt wordt door een Standaard Scenario van de EASA. De aanvraag betreft een risicoanalyse in de vorm van een SORA (Specific Operations Risk Assessment). Ondanks dat de aanvraag zich niet hoofdzakelijk richt op geluid, heeft EASA wel een richtlijn¹² opgesteld voor het meten van dronegeluid die men bij de hand kan houden ten tijde van de risicoanalyse. Deze richtlijn heeft betrekking op het meten van het geluid van onbemande luchtvaartuigen lichter dan 600 kg, waarbij sprake is van een droneoperatie binnen de Specifieke Categorie. Echter focust deze richtlijn zich enkel op de metingen en niet op de beoordeling van geluid. Met de beoordeling wordt bedoeld welke geluidslimieten bijvoorbeeld als acceptabel worden ervaren en hoeveel hinder men van bepaalde geluidswaardes ervaart.

Kwalitatieve beoordeling geluid als onderdeel aanvraag U-spaceluchtruim

Met de invoering van de Europese Verordening 2021/664 heeft EASA een vervolgstap gezet met betrekking tot het regelgevend kader voor U-space. Deze verordening is op 26 januari 2023 actief geworden en houdt in dat binnen elke EU-lidstaat de mogelijkheid moet zijn om U-spaceluchtruim aan te vragen. Een U-spaceluchtruim kan worden aangevraagd omwille van het borgen van de veiligheid boven een bepaald stuk stad (zoals een paleis), of juist om droneverkeer boven omwonenden te kunnen monitoren en sturen ten behoeve van hinderbeperking (geluid of privacy).

In het geval dat het bevoegd gezag redelijk acht om op basis van de beweegreden een U-spaceluchtruim aan te wijzen, moet dat stuk U-spaceluchtruim beoordeeld worden op de risico's binnen verschillende aspecten en hoe deze risico's gemitigeerd gaan worden. Deze beoordeling vindt in verband met het ontbreken van de nodige data nog voornamelijk kwalitatief plaats. De precieze invulling van de beoordeling kan verschillend zijn per lidstaat en is ook aan de lidstaat zelf om uit te tekenen.

¹¹ RIVM. *Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020; Civiele en militaire vliegvelden in Nederland*. RIVM-rapport 2022-0007. 2023.

¹² EASA. *Guidelines on noise measurement of unmanned aircraft systems lighter than 600 kg operating in the Specific Category – Public consultation*. 2022.

Hinderbeleving

Rondom hinderbeleving en drones (in relatie tot geluid), zijn er nog geen grenswaarden of vastgelegde dosis-effectrelaties. Wel is hier wetenschappelijke literatuur over terug te vinden, waarbij men zich bijvoorbeeld richt op de verschillende aspecten die dronegeluid hinderlijk maken. De aspecten die dan spelen zijn onder andere de tonaliteit, frequentie, en luidheid.

Daarnaast zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd met betrekking tot de ervaren hinder als gevolg van het geluid van drones³. Over het algemeen bleek uit de studies dat dronegeluid als hinderlijker werd ervaren dan andere transportbronnen zoals auto's, helikopters en vliegtuigen. Uit één van de onderzoeken bleek dat het dronegeluid net zo hinderlijk als wegverkeer werd ervaren, als het geluidniveau van het wegverkeer hoger lag dan het geluid van de drone.

In algemene zin wordt binnen wetenschappelijke literatuur gevonden dat hinderbeleving sterk afhankelijk is van geluidsniveau¹³. Aan de andere kant, werd in een bepaalde studie ook gevonden dat hinderlijkheid van een bepaald dronegeluid niet verschillend werd ervaren op verschillende hoogtes, terwijl dit tot een verschil in geluidsbelasting leidde van 8 dB. Het geluid van de drone werd dus net zo hinderlijk ervaren bij 20 m als bij 100 m.¹⁴

In een van de studies is ook gekeken naar het effect van een zwevende drone in verschillende audiovisuele situaties in parken op verschillende afstanden van een weg af. Uit dit onderzoek bleek dat het dronegeluid 47% prettiger werd ervaren als de drone zichtbaar was ten opzichte van als de drone niet zichtbaar was.

Uit een onderzoek van Mulero-Pázmány et al. (2017) en Vas et al. (2015) zijn de voornaamste parameters voor het gedrag van het dier bij het waarnemen van een drone beschreven. Tevens is in dit onderzoek opgenomen wanneer de kans op een actieve reactie toeneemt. In een recenter onderzoek, Rebolo-Ifrán et al. (2019), zijn naast de reactie van vogels ook landzoogdieren beschreven.

2.2.2 Nationaal

Vanaf 31 december 2020 gelden Europese regels voor drones¹⁵. Deze regels gelden in alle landen van de Europese Unie en zorgen voor veiligheid in de lucht en op de grond. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende risicocategorieën:

- Vluchten met een laag risico (Open categorie, drones tot maximaal 25 kg)
- Vluchten met een gemiddeld risico (Specifieke categorie, o.a. drones boven 25 kg)
- Vluchten met een hoog risico (Gecertificeerde categorie, o.a. drones boven 25 kg)

De regels die gelden tijdens een vlucht zijn zo goed als volledig gebaseerd op het risico op een ongeval tijdens de vlucht¹⁶. Dat risico hangt onder andere af van het gewicht en de lading van de drone, het kennisniveau van de piloot en locatie waar wordt gevlogen. Deze regels gelden altijd, behalve als er binnenshuis of met een speelgoeddrone wordt gevlogen¹⁷.

¹³ Gwak DY, Han D, Lee S. Sound quality factors influencing annoyance from hovering UAV. *Journal of Sound and Vibration*. 2020;489(115651). doi: 10.1016/j.jsv.2020.115651.

¹⁴ Christian, AW, Cabell R. Initial Investigation into the Psychoacoustic Properties of Small Unmanned Aerial System Noise. In *Proceedings of the 23rd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*; 2017.

¹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/nieuwe-regels-drones>:

¹⁶ <https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/19331861/INBO.A.3943.pdf>

¹⁷ <https://open.overheid.nl/repository/rnl-c73c3ed2-091d-45d6-a6f7-9abc918e8069/1/pdf/recreatieve-dronepiloten.pdf>

Hinderbeleving

Naast dat mensen zich hinderen aan het geluid van een drone hebben dieren ook geen positieve reactie op de apparaten. Veel dieren vertonen een reactie als ze voor de eerste keer een onbekend object zien, omdat dit een mogelijk gevaar kan presenteren¹⁸.

Vanuit de Handleiding meten en rekenen industrielawaai (HMRI) is momenteel op nationaal niveau wel een voorbeeld beschikbaar hoe om kan worden gegaan met de tonaliteit van drones. Binnen de HMRI wordt een straffactor van 5dB gebruikt om rekening te houden met tonaliteit van geluidsbelasting.

Samengevat

Samengevat betekent het dat er ook op het gebied van nationale regelgeving met betrekking tot dronegeluid geen richtlijnen zijn, met uitzondering van de enkele CE-markeringen op drones binnen de Open en Specifieke Categorie. In de subcategorieën staan richtlijnen waaraan voldaan moet worden. Echter is het de vraag waar je nog mag vliegen met alle uitzonderingen die zijn genoemd op de site van de rijksoverheid. Ook zijn de regels genoemd met de voorwaarde dat de drone in het zicht van de dronebestuurder moet blijven. Bij het vliegen met drones buiten het zicht van een dronebestuurder zijn geen richtlijnen bekend.

¹⁸ J. van den Borre, "Advies over de impact van drones op Natura2000-doelen". inbo.be, [Online] beschikbaar: <https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/19331861/INBO.A.3943.pdf>

3. Input werksessie 1

Binnen werksessie 1 is aan de hand van stellingen informatie over drones en beleving opgehaald. Zie Bijlage A voor alle antwoorden op de stellingen (Kahoot) en het Miro-board.

- Is U-spaceluchtruim een effectief middel vanuit het aspect geluid(hinder)?
 - **Ja, want er moeten geluidsnormen komen voor U-space. & Ja, kan voor bepaalde regio's.**
 - Differentiatie tussen plekken omtrent geluid/hinder, U-space zou daar mee kunnen helpen
 - I&W bezig met kaders om U-space luchtruim aan te wijzen, logisch gevolg om daarbinnen grenzen te stellen voor hinderbeperking
- Hoe beoordelen we het geluid voor U-spaceluchtruim?
 - **Sluit aan bij bestaande wettelijke systematiek. & Maak een nieuw beoordelingsystematiek.**
 - Vooraf goed beginsel om te beginnen vanuit bestaande systematiek, als niets werkt, dan nieuw aanpassen (of bijv. een mix)
 - Leemte in kennis (bijv. tonaliteit) maakt keuze tussen bestaand/nieuw lastig, momenteel wel best wat resultaten die wijzen op extra hinderervaring bij drones (voor zelfde geluidsniveaus).
 - Goed onderzoeken waar we nu echt 'last' van hebben voordat er regels/wetten worden opgetuigd, anders hebben we last van wetten.
- Welk kader moet er gelden voor realisatie van een vertiport?
 - **Aantal gehinderde op basis van dosiseffect-relatie. & Richtafstand tot geluidgevoelige bestemmingen.**
 - Vertiports zijn breder dan alleen geluid (visueel beeld, omgeving)
 - Differentiëren o.b.v. daadwerkelijk gebruik (bijv. kleine port met weinig bewegingen of grote port met veel bewegingen, à la station/heliport)
 - Dosis-effect relatie wel een mooi idee, maar zeker in begin heel lastig omdat er geen vertiports zijn, dus kan een fatsoenlijke dosis-effect relatie niet gemeten worden. Kan wel een link gemaakt worden naar andere vervoersmiddelen of proef/testlocaties. (Voor onderzoek vooral bijv. goed als er dan een plek is waar regelmatig, dagelijks; meerdere keren per dag, drones vliegen)
- Hoe moet een drone beoordeeld worden op het aspect geluidhinder?
 - **(Weinig response, 2x anders)**
 - Extra perspectief: Eisen aan drone leverancier om aan de voorkant te zorgen voor voertuigen die onder een bepaalde norm blijven (geldt momenteel vanuit CE -> C2/C3 markering waarin geluid moet worden gemeten/vastgesteld, vermoeden dat richting 2024 situatie in NL dit meer daadwerkelijk in werking zal treden ook met markttoezicht e.d.)
 - Stellen van normen zou wellicht ook een goede prikkel kunnen zijn richting de industrie, bijv. dat bij voldoen aan bepaalde (lagere) normen op meer plekken/dichter bij mensen/gebouwen kan worden gevlogen.
 - Wettelijk dan ook onderscheid in 'type' geluid (tonaliteit)? Tonaliteit binnen wegverkeer/industrie momenteel wel wat verwerkt in de modellering, vraag op dat 1:1 toepasbaar is op drones.
 - Behoorlijk verschil in hinderbeleving bij zelfde LA_{max} , dus dat geeft zeker input dat het een rol zou moeten spelen. EPNL (zoals in trad. luchtvaart) is hier al voorbeeld van (van de denkwijze), maar niet per se geschikt voor drones.
- Geluidsnormen/-grenzen moeten worden toegewezen aan:
 - **Alle antwoorden (op volgorde van meest -> minst genoemd): Gecertificeerde categorie; Vertiports; Corridors; Specifieke Categorie; U-spaceluchtruim; Open Categorie**
 - Welke categorie NIET? Open categorie (hobbyisten) gezien de lichte voertuigen niet per se nodig om te reguleren.
- Wie is verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de dosiseffect relatie van drones?
 - **DGLM; RIVM of anders**
 - Lokaal ook verantwoordelijk om weer een mouw te kunnen passen aan elke specifieke situatie; Rijksoverheid zorgt voor een grote gemene deler. Wellicht hierin ook een mix: 1) Kader vanuit rijksoverheid -> want zit zeker geen kennis bij gemeente; 2) Wel wat ruimte/flexibiliteit houden voor gemeente om bijv. zones van meer/minder geluid/hinder te kunnen aanwijzen.

- Wat is het moment om normstelling te maken voor geluid van drones?
 - **Zo snel mogelijk**
 - Let wel, er is nog zoveel in ontwikkeling (nieuwe toestellen/normen) dat dichttimmeren vooraf ook innovatie in de weg kan staan.
 - Eerst meer weten, dan pas slim kiezen hoe we normen moeten stellen; Zeker omdat vastgestelde regelgeving in de praktijk ook vaak moeilijk aan te passen is.
 - Aanbod/Duidelijkheid schept vraag, als dit geregeld is nodigt het mensen uit om te gaan gebruiken.
 - Provincies lopen praktisch tegen vertiports (en gebrek normstelling aan), lukt daardoor lastiger om UAM te stimuleren/faciliteren.
- Geluidgrenzen/hindergrenzen moeten:
 - **Europees-Lidstaat-Anders bepaald worden**
 - Zeker, het is 2023 dus belangrijk om waar mogelijk grenzen via EU (of bijv. ICAO) te stellen. Wel nuance om specifieke toepassingen open te laten op niveau lidstaat/provincie/gemeente.

4. Input werksessie 2

Binnen werksessie 2 is aan de hand van nieuwe stellingen extra informatie over drones en beleving opgehaald. Zie Bijlage B voor het Miro-board.

- “Het ministerie zou een rol moeten vervullen richting lokale overheden om droneprojecten mogelijk te maken bv door een richtlijn op te stellen voor het maken van een kwalitatieve beoordeling”
 - Er is al heel veel (EASA) en daar zouden drone operators gebruik van moeten maken. Drone sector kan situatie creëren waarin het ministerie helpt op basis van wat er op dit moment al is, bijv. met een stroomschema, zo kan proces versneld worden.
 - Dagelijkse operatie (in zicht etc.) is momenteel geen probleem. Gaat vooral om de toekomstvisie (BVLOS, etc.) vanuit het ministerie. Probeer het probleem af te pellen (begin klein, waar geluid/hinder minimaal is), schiet niet direct alles als geheel af.
 - Er zijn al geluidnormen, hoe zouden wij die vertalen naar drones (waarbij dan nieuwe EASA-punten ook mee worden genomen). Lastige hierbij is wel dat alle sectoren (industrie, weg, luchtvaart) momenteel hun eigen kader hebben.
 - Concrete vraag aan I&W (programma onbemande luchtvaart): Hoe zit het met het experimenteerkader/regeling voor drones?
- “Juridische hindernissen mogen dronevluchten niet belemmeren”
 - Vanuit burger gezien natuurlijk juist goed dat er in algemene zin juridische bescherming is tegen hinder. Gevoel dat vooral kleine stukken van de vlucht (opstijgen/landen) belangrijk zijn voor afweging.
 - Met gezond verstand blijven kijken, als er nog geen regelgeving is kijk naar wat er wel is (bijv. kwalitatieve beoordeling) om te testen. Als er helemaal niets beschikbaar is en ook geen kennis dan houdt het ook wel beetje op.
 - Er is gelukkig ook wel data (vanuit fabrikanten; Unmanned Valley - ILT), dat als basis zou kunnen dienen voor een beoordeling. Het is misschien niet zoveel data als we zouden willen, maar het is er wel.
 - Verlengde van bovenstaande, wanneer komt experimenteer regeling, je hebt altijd wat bewijs te leveren voordat je een vluchttest kan doen. Voor bepaalde types ook weer een kader (SORA, etc.).
 - Kijk naar Antea project vlucht Friesland – Denemarken -> Hoe is dit probleem hier afgehandeld? Hoe kunnen we hiervan leren? Geeft dit een begin/start voor toekomst/vervolgprojecten.
- “Er moet een landelijke database met geluidinformatie van drones komen”
 - Geen landelijke verplichting; Wel handig om dit vrijwillig te verzamelen. Het ‘moeten’ aspect vermijden.
 - Wat zou het doel zijn van zo’n geluidsdatabase? Noodzaak duidelijk (equivalent aan trad. luchtvaart) als men wil weten hoeveel geluid in bepaald gebied is, maar dit is vooral bij veelvuldig/regelmatig gebruik. Noodzaak voor enkele vlucht/experiment heeft dit weinig zin ergens, want dat heeft weinig effect.
 - Focus op normen, want als er een maximum/norm is, dan hoeft zo’n database ook niet per se. Wegverkeer/vrachtwagens hebben ook niet een database met geluid. Fabrikant zou opgave moeten doen (bijv. per frequentie – tonaliteit), dus harde eisen aan het toestel (EASA), gezien huidige eisen ook al daarvandaan komen.
 - Let op, karakter van geluid kan ook sterk verschillen per prototype/configuratie, kijk dus ook naar karakter/tonaliteit en niet puur geluidsdruk, dit blijkt al wel uit de huidige prototypes/geluidsmetingen. Tussenvorm (zoals EPNL – combinatie druk & tonaliteit) zou natuurlijk ook zeker toepasselijk zijn.
- “Er moet een kernteam komen om het wettelijk kader op te stellen onder leiding van ministerie”
 - EASA, niet ministerie? Wachten op EASA is wel risico, dus is stroomschema/kwalitatief om te starten binnen NL goed idee. Zie voorbeeld Rijkswaterstaat met stroomschema voor natura2000 en drones, hoe hier mee om te gaan (kwalitatief). Hierbij hebben we het wel over de kleine drones, niet de grote. Laten we snelle stappen maken voor kleine drones, grote drones laten waarschijnlijk toch nog wel even op zich wachten.

- Parallel met bemande luchtvaart, binnen de EASA wel geharmoniseerd hoe te modelleren, maar de daadwerkelijke normstelling/handhaving/ruimtelijke inpassing blijft binnen de lidstaten zelf. Alleen EASA is dus wellicht niet genoeg, juist ook binnen lidstaten mogelijk om maatwerk te leveren. Er zit ruimte tussen wat lidstaten doen en wat er gerapporteerd wordt, in ieder geval binnen bemande luchtvaart.
- Binnen wegverkeer is het wel gelijk getrokken, maar levert ook problemen op, heeft best wat jaren gekost om dit allemaal op 1 lijn te krijgen.
- **“Open categorie drones moeten altijd mogelijk worden gemaakt wat betreft geluid”**
 - Ook hier weer beginnen met maximum/norm voor geluid binnen categorie. Al kunnen binnen de open categorie mensen ook zelf drones bouwen, dus wellicht lastig om dit volledig 100% via fabrikanten te spelen.
- **“Een vergunning moet ten alle tijden kunnen worden ingetrokken bij geluidhinder”**
 - Ja, bij geluidhinder boven de norm. Wel goed om iets als ‘aanmerkelijk’ toevoegen, geluidhinder is soms al heel snel (1 persoon, 1 keer) mogelijk.
 - Ja, evaluatie t.o.v. richtwaarde/norm (drukke weg; rustige weg, etc.), dan zou het goed mogelijk moeten zijn om zoiets weer in te trekken. Relateer daarbij dronengeluid op goede/bekende referentiesituatie, wees daarin dan eventueel conservatief in geluid drones.
 - Gezien het subjectieve aspect van hinderbeleving wellicht wel lastig? Vanuit dat perspectief belangrijk om te blijven bij geluid/tonaliteit, dus echt kwantitatief. Ook namelijk zorgen dat we niet strenger worden voor drones terwijl alle andere sectoren simpel gebruik maken van dB.
 - Betreft professioneel drone gebruik, kijk naar bijv. Schiphol maak prognose en evalueer hoe dit uitkomt, zo’n tactiek zou ook voor drones mogelijk zijn. Trek dan dus niet direct de vergunning in, maar los het dynamisch op, trek lessen uit gebruik binnen zo’n tijdelijke vergunning. Niet gepland/recreatief gebruik is hiermee dan natuurlijk niet per se afgedekt.

5. Conclusie

Zowel het literatuuronderzoek als de werksessies met verschillende belanghebbenden bevestigde dat er behoefte is naar duidelijkheid op het gebied van drones en geluidhinder. Op het moment is er nog weinig kwantitatieve geluiddata beschikbaar binnen de dronesector, te weinig om ook daadwerkelijk kwantitatief onderbouwde besluiten te beleggen met betrekking tot geluidhinder. De dronesector zit in een spagaat: enerzijds is er een grote behoefte om de sector verder te ontwikkelen, maar anderzijds willen overheden overwogen besluiten beleggen in relatie tot omgevingseffecten zoals geluidhinder. Kwantitatieve geluiddata kunnen daarentegen alleen worden verzameld door daadwerkelijk te vliegen.

Hieronder zijn voor de aspecten 1) technische component, 2) regelgeving met betrekking tot geluid en 3) geluidhinderbeleving de conclusies beschreven. Aansluitend zijn op basis van het literatuuronderzoek en de verkregen informatie uit de werksessies adviezen geformuleerd. Daarbij zijn de adviezen ook gespecificeerd naar korte en lange termijn.

Technische component

Er wordt al actief onderzoek gedaan naar de geluidsbelasting door drones. Voor drones onder 25 kg geven verschillende onderzoeken en metingen, waaronder in Nederland, al een goed indicatief beeld van de geluidsbelasting. Voor drones boven 25 kg is nog veel onderzoek nodig gezien de grote verscheidenheid aan voertuig concepten, die nieuwe en sterk variërende geluid- en prestatiegegevens zullen hebben. Onderzoek naar geluidsbelasting van drones boven 25 kg richt zich betreft eVTOL's op bestaande modellen voor (traditionele) luchtvaart, zoals Doc. 29/NORAH (EASA) en AEDT (FAA). Wat betreft de berekening van geluid voor starts en landingen op vertiports en het vliegen binnen vaste routes (corridors), zal dit het meest vergelijkbaar zijn met traditionele luchtvaart. Voor laagvliegend verkeer, bijvoorbeeld last-mile delivery of inspecties, met willekeurige routes is het verschil met traditionele luchtvaart groter en zal nog breder/fundamenteeler onderzoek nodig zijn naar de daadwerkelijke geluidsbelasting.

Tijdens de werksessies met verschillende partijen binnen de Dutch Drone Delta kwamen de volgende behoeften naar voren:

- Gestandaardiseerde berekeningsmethodiek voor geluidhinder van drones;
- Inzicht in dronegeluid in relatie tot ecologische effecten;
- Corridors versus "free flight", wat zijn de voor- en nadelen;
- Geluidsdatabase van dronegeluid;
- Betere modellen om het geluid van drones te kunnen reproduceren;
- Opstarten van praktijkcases waarbij nadrukkelijk wordt gedacht over wat men vanuit geluid wil leren van deze cases, zoals hoe lang, op welke locatie, welk type drone, et cetera.

Wettelijk kader

Binnen de nationale en internationale regelgeving zijn er nog nauwelijks richtlijnen voor dronegeluid, met uitzondering van enkele CE-markeringen binnen de Open en Specifieke Categorie en een richtlijn voor het meten van geluid van drones tot 600 kg. Wat betreft maximale geluidswaarden, minimale afstanden tot gebouwen of dosis-effectrelaties is nog niks bekend. Wel geldt voor droneoperaties binnen de Specifieke Categorie nu de mogelijkheid om een vergunning aan te vragen op basis van een SORA die grotendeels is gebaseerd op kwalitatieve beoordelingen. EASA heeft een beoordelingskader opgesteld waarbij op kwalitatieve wijze alsnog weloverwogen besluiten genomen kunnen worden of een droneoperatie veel of weinig risico op de omgeving brengt. Voor de Gecertificeerde Categorie (waar onder andere dronetaxi's onder vallen) is nog niks bekend.

De Nederlandse overheid (ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) is momenteel bezig met het ontwikkelen van een beoordelingskader voor U-spaceluchtruim waarbij de aspecten veiligheid, beveiliging, privacy en milieu nader onderzocht en overwogen moeten worden. Bij het inrichten moet dus voor elk van deze aspecten keuzes gemaakt worden om het risico of de hinder binnen dat aspect te minimaliseren. Vooralsnog lijkt dat door het ontbreken van kwantitatieve data een vergunningverlening te gaan worden op basis van een kwalitatieve beoordeling.

Dit lijkt een goede tussenstap te zijn om de ontwikkeling van de dronesector niet te veel te remmen en ook rekening te houden met de belanghebbenden. Tijdens de werksessie met verschillende partijen binnen de Dutch Drone Delta kwamen de volgende behoeften naar voren:

- Kwalitatief beoordelingskader voor geluid in relatie tot U-spaceluchtruimaanvraag;
- Kwalitatief beoordelingskader voor geluid in relatie vertiportaanvragen;
- Op korte termijn adaptieve, richtinggevende regelgeving;
- Duidelijkheid over wie verantwoordelijk gaat zijn voor geluidwetgeving;
- Duidelijkheid wie aan de lat staat om de afstemming qua geluid en drones Europees op te pakken;
- Bepaal maximale geluidsniveaus voor specifieke locaties, dit daagt de sector uit om hieraan te voldoen.

Hinderbeleving

Er zijn nog geen grenswaarden voor geluidhinderbeleving of vastgelegde dosis-effectrelaties. Wel is in de literatuur terug te vinden welke aspecten dronegeluid hinderlijk maken, namelijk tonaliteit, frequentie, en luidheid. Over het algemeen blijkt uit de literatuur dat dronegeluid als hinderlijker wordt ervaren dan andere transportbronnen zoals auto's, helikopters en vliegtuigen. Meer onderzoek naar de exacte relatie tussen hinderbeleving en dronegeluid blijft noodzakelijk. Zo werd in algemene zin gevonden dat hinderbeleving sterk afhankelijk is van geluidsniveau, terwijl een andere studie juist rapporteerde dat een verschil van 8 dB in geluidsbelasting niet leidde tot een verandering in hinderlijkheid.

Tijdens de werksessie met verschillende partijen binnen de Dutch Drone Delta kwamen de volgende behoeften naar voren:

- Belevingsonderzoeken in living labs of werkelijke leefomgeving;
- Geluidsbijdrage eVTOL's in relatie tot stedelijk achtergrondgeluid.

6. Advies

In bijgaande samenvatting zijn de doelen en bijbehorende adviezen opgenomen voor:

- Technische component
- Regelgeving
- Tijdelijke vergunningen grond- en luchtinfrastructuur op basis van kwalitatieve beoordeling
- Metingen en hinderonderzoek

De adviezen zijn allen van toepassing op de korte termijn, voor januari 2025. Alleen voor de kwalitatieve beoordeling van tijdelijke vergunningen adviseren wij de contouren van het beoordelingskader uiterlijk januari 2024 gereed te hebben. **Wij adviseren om de tijdelijke vergunning als prioriteit 1 op te pakken. Dit faciliteert tevens de rest van de vraagstukken.**

Technische component

Doelen:

- Vastleggen van een gestandaardiseerde berekeningsmethodiek voor geluidhinder van drones;
- Inzicht verkrijgen in dronegeluid in relatie tot ecologische effecten;
- Inzicht verkrijgen in de voor- en nadelen van corridors versus “free flight”;
- Opstellen van een geluidsdatabase van dronegeluid op basis van EASA meetvoorschrift;
- Ontwikkelen van betrouwbare geluidmodellen voor het gebruik van drones.

Adviezen om de doelen te behalen:

- Stimuleren van praktijkcases waarbij duidelijke randvoorwaarden worden meegegeven om informatie te verkrijgen en hinder op voorhand te voorkomen. Het ministerie dient een Handreiking op te stellen ter ondersteuning van besluitvorming lokale besturen:
 - Registeren of meten van bronvermogens van de drone(s);
 - Meten van geluidniveaus bij geluidgevoelige bestemmingen en/of in ecologisch gebieden;
 - Registeren van effecten op ecologie (met bv wildcamera's).
- Centraal beschikbaar stellen van een openbare database (bijvoorbeeld door het ministerie of het RIVM). Hier kunnen tevens nieuwe metingen en bevindingen in worden verwerkt. Om informatie uit de praktijkcases te verkrijgen adviseren wij bij vergunningverlening een inspanningsverplichting op te leggen. Belangrijk is dat alle metingen hierbij een eenduidig voorschrift volgen, hiervoor wordt het EASA meetvoorschrift voor drones tot 600kg geadviseerd¹.
- Nader onderzoek naar geluidmodellen en validatieberekeningen op basis van bestaande of nieuwe geluidmodellen en praktijkgegevens. Het ministerie dient hier een budget voor vrij te maken. Onderwijsinstellingen als bv de TU Delft kunnen hier gezien een aantal lopende projecten mogelijk een rol in vervullen. Hierbij specifiek onderzoeken of onderscheid op basis van dronegewicht (≤ 25 en > 25 kg) mogelijk is om droneontwikkeling verder te faciliteren zonder dat dit ten koste gaat van een significante impact in geluidbelasting op de omgeving (zie onderstaande advies ‘regelgeving’).
- Ophalen van kennis en informatie uit andere (Europese) landen ter ondersteuning van eigen onderzoek en praktijkcases.

Het advies is om tot 2025 met minimaal 10 projecten per jaar informatie op te halen om meer inzicht te krijgen in geluidsbelasting en effecten voor omwonenden en ecologische gebieden. Wij adviseren om in deze periode tevens een onderzoek te starten naar de bruikbaarheid van bestaande geluidmodellen en de reproduceerbaarheid van dronegeluid in geluidmodellen te onderzoeken. Wij adviseren zowel het ministerie als de DDD mee te werken en budget ter beschikking te stellen om initiatieven op dit vlak te stimuleren, ondersteunen en hier informatie uit op te halen.

Regelgeving

Doelen:

- Het opstellen van een kwalitatief beoordelingskader voor geluid in relatie tot U-spaceluchtruimaanvraag en vertiports;
- Op korte termijn kaders stellen voor adaptieve, richtinggevende regelgeving;
- Een voortrekker bepalen die verantwoordelijk is/gaat zijn voor geluidwetgeving;
- Bepalen wie aan de lat gaat staan om de afstemming Europees op te pakken;
- Bepalen/vaststellen maximale geluidsniveaus voor specifieke locaties, dit daagt de sector uit om te voldoen.

Adviezen om de doelen te behalen:

- Splits de verplichting voor een geluidsbeoordeling naar dronegewicht ≤ 25 en >25 kg

Door de verplichting voor een geluidsbeoordeling te splitsen naar gewicht, kan men de droneontwikkeling verder stimuleren zonder dat dit ten koste gaat van een significante impact op de omgeving. Drones onder de 25kg komen veelvuldig voor binnen de Open en Specifieke Categorie. Het overgrote deel van de dronevluchten waar momenteel sprake van is en waar men in de toekomst ook grootschalig mee wil opereren, valt naar verwachting onder de 25kg. Door een maximaal brongeluid te stellen bij de fabrikant kan voor dit type drone op het gebied van geluid een groot deel worden opgevangen, zonder voor deze individuele use cases apart een geluidbeoordeling te moeten uitvoeren. Het maximale brongeluid kan bijvoorbeeld worden gebaseerd op het gemiddelde elektrische autoverkeer. Ook kan bijvoorbeeld een afstand worden opgegeven (behorende bij dit bronvermogen en de aantallen drones die worden verwacht binnen dezelfde corridor) die minimaal moet worden aangehouden ten opzichte van woningen.

In het geval er interesse is om grootschalig en frequent binnen een bepaald gebied droneoperaties uit te voeren met dit type drone (bijvoorbeeld pakketleveringen), dan zal dit binnen een U-spaceluchtruimaanvraag beoordeeld moeten worden. Binnen die aanvraag moeten de belanghebbenden afstemmen hoe hinder met betrekking tot geluid beperkt of gemitigeerd wordt.

Door deze splitsing borgt men dat maatschappelijke droneoperaties -zoals medische transporten, monitoring bij calamiteiten, inspecties van infrastructuur en handhaving bij evenementen- plaats kunnen vinden zonder dat deze gehinderd worden door uitvoerige evaluaties van geluid. Deze type droneoperaties zullen namelijk naar verwachting juist ook zorgen voor het efficiënter maken van operaties, bijvoorbeeld het niet in hoeven zetten van een traumahelikopter of ambulance en hijskranen of andere bouwwerktuigen.

- Incidentele droneoperaties met een gewicht tussen de 25 en 150kg opvangen binnen een bestaand beleidsinstrument binnen de luchtvaart: een TUG-ontheffing.
- Frequentie droneoperaties met een gewicht boven de 150 kg apart beoordelen. Voor deze type droneoperaties kan men denken aan het vervoeren van vracht, maar ook passagiers. Deze grotere drones zullen naar verwachting nadeliger effect hebben en daarvoor is het wenselijker hiervoor apart het geluid te beoordelen.
- Voor droneoperaties vanaf een vertiport in de vorm van een beoordelingskader voor de vergunning van een vertiport. Hier wordt vanuit het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat momenteel onderzoek naar gedaan.
- Voor droneoperaties die niet verplicht zijn om van een vertiport gebruik te maken, maar wel op frequente basis opereren, in de vorm van een U-spaceluchtruim beoordelen of in het geval van vaste routes in de vorm van corridors. In beide gevallen geldt dat de vliegroutes afgestemd moeten worden met belanghebbenden en risico's en hinder zoveel als mogelijk gemitigeerd worden.
- Opstellen concept beoordelingskader voor vertiports en U-spaceluchtruim waarbij in de basis wordt uitgegaan van huidige wettelijke kaders
- Evalueren van het beoordelingskader met behulp van belevingsonderzoek (zie toelichting navolgend punt met betrekking tot metingen en hinderbeleving).

Het advies is om de regelgeving voor drones te splitsen naar gewicht en een concept beoordelingskader te maken voor de verschillende gewichtsklassen. Voor dit beoordelingskader kan aangesloten worden bij de huidige regelgeving voor de verschillende geluidthema's. Met het toestaan van dronebewegingen onder deze

conceptregelgeving kan ervaring worden opgedaan om een definitief beoordelingskader per gewichtsklasse vast te stellen. Gezien het feit dat dit nationale regelgeving of zelfs internationaal zou moeten zijn adviseren wij dat het ministerie hier het voortouw in neemt in samenwerking met partijen vanuit de DDD.

Tijdelijke vergunningen grond- en luchtinfrastructuur op basis van kwalitatieve beoordeling

Doelen:

- Projectaanvragen voor het gebruik van drones voor de korte termijn toestaan;
- Benutten van de projecten om nader onderzoek te doen naar de technische component en onderzoek naar acceptabele normen voor de verschillende droneklassen, vertiports, U-spaceluchtruim/corridors en overige luchtruimgebieden;
- Faciliteren van het ontwikkelen van de dronesector.

Adviezen om de doelen te behalen:

- Voor het verkrijgen van een tijdelijke vergunning moet een kwalitatieve beoordeling voldoende zijn, waarbij eventuele toepasbare kwantitatieve data alleen moet worden toegepast mits beschikbaar.
- De tijdelijke vergunning kan een houdbaarheidsdatum hebben van bijvoorbeeld 1 of 3 jaar waarbij de vergunning wordt geëvalueerd of de omgeving voldoende wordt beschermd of dat er aanmerkelijk meer of juist minder geluidhinder was ten opzichte van de situatie zonder dronegebruik. Deze evaluatie wordt gelegd naast de kwalitatieve beoordeling die vooraf is afgegeven.
- Tijdens de uitvoering van het project (na verlening van de tijdelijke vergunning) dienen geluidsmetingen en hinderbelevingsonderzoek te worden uitgevoerd, zodat kwantitatieve data verzameld kan worden. Daarnaast kan ook worden herleid of er bijvoorbeeld een maximum geluidsniveau gesteld kan worden voor bepaalde locaties. Zo kan een wisselwerking ontstaan tussen regelgeving en werkelijk ervaren hinder en acceptatie van drones.

Het advies is om tijdelijke vergunningen te verlenen op basis van een kwalitatieve beoordeling om de ontwikkeling van de dronesector weer een stap verder te brengen. Met behulp van tijdelijke vergunningen kan onderzoek worden gedaan naar de kansen en mogelijke belemmeringen op het gebied van hinderbeleving, sociale acceptatie, kwalitatief en kwantitatief beoordelingskader van drones.

Metingen en hinderonderzoek

Doelen:

- Verkrijgen van meer data met betrekking tot belevingsonderzoeken;
- Verkrijgen van meer inzicht in de geluidsbijdrage van eVTOL's, vertiports, U-spaceluchtruim/corridors en overige luchtruimgebieden in relatie tot ontvangstniveaus ter hoogte van geluidgevoelige bestemmingen en in relatie tot stedelijk en Buitenstedelijk achtergrondgeluid.

Adviezen om de doelen te behalen:

- Het uitvoeren van kwalitatieve belevingsonderzoeken, onderzoeken naar sociale acceptatie en uitvoeren van geluidmetingen bij praktijkcases;
- Het bepalen van de verhouding tussen de droneklassen, de afstand tot de woningen en het optredende maximale geluidsniveaus;
- In kaart brengen van de geluidsbijdrage van eVTOL's in stedelijk gebied. Aan de hand van metingen kan worden achterhaald wat de geluidsbijdrage is van verschillende typen en klasse drones. Met metingen in stedelijk gebied, op verschillende locaties en tijden, is het mogelijk om het cumulatieve effect van eVTOL's binnen stedelijk gebied te bepalen. Ook helpen geluidsmetingen het mogelijk maken om geluidstabellen/geluidsdata bases op te stellen die benodigd zijn voor toekomstige rekenmodellen.
- Ophalen van kennis en informatie uit andere (Europese) landen ter ondersteuning van eigen onderzoek.

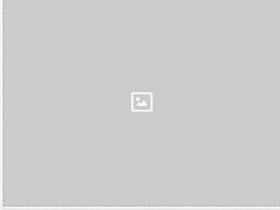










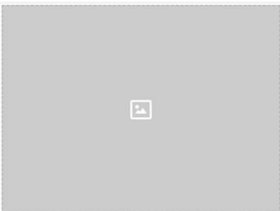





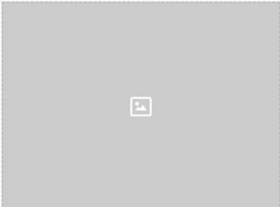





Het advies is om ervaring op te doen met minimaal 10 praktijkcases per jaar om te komen tot kwantitatieve data om een weloverwogen wettelijk kader voor de verschillende droneklassen. Praktijkcases kunnen waar mogelijk efficiënt worden gecombineerd met onderzoeksprojecten naar geluidsbelasting en effecten (zie 'technische component').



























Voor de lange termijn (2030) adviseren wij een kwantitatieve geluidnorm op te stellen en een gestandaardiseerde meetmethode en modellering te ontwikkelen.

Als op basis van de experimentele fase (korte termijn) voldoende data is verzameld, kan er gestart worden met het nauwkeurig meten en modelleren van dronegeluid. Allereerst zal er een gestandaardiseerde meetmethode en rekenmethodiek (voorschrift) benodigd zijn. De relevante invoergegevens en akoestische beoordelingscriteria zullen moeten worden gekozen op basis van indicatieve metingen en hinderonderzoek. Hierbij is het goed om de lessons learned van eerder uitgevoerde onderzoeken mee te nemen. Zie hiervoor ook het eerder uitgevoerde onderzoek met betrekking tot hinderbeleving¹¹. Vervolgens kan aan de hand van het voorschrift gewerkt worden aan rekenmodellen.

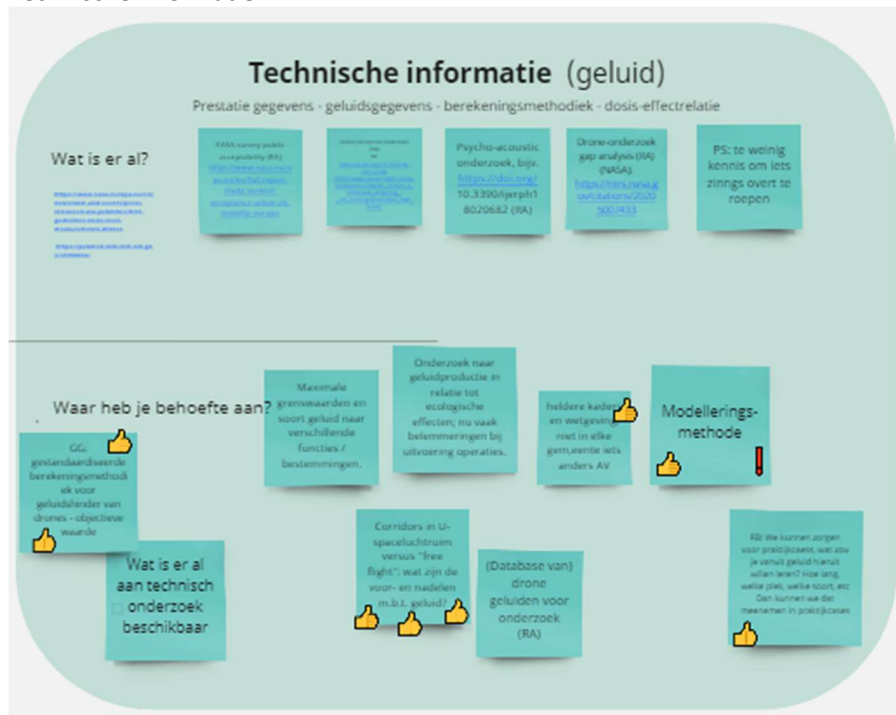
Bijlage A: Kahoot & Miro-board Werksessie 1

Kahoot

1	Is U-spaceluchtruim een effectief middel vanuit het aspect geluid(hinder)?	Peiling	?
	<input checked="" type="checkbox"/> Ja, want er moeten geluidsnormen komen voor U-space.		5
	<input checked="" type="checkbox"/> Ja, kan voor bepaalde regio's.		6
	<input type="checkbox"/> Nee, dat is niet nodig.		0
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		0
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		5
2	Hoe beoordelen we het geluid voor U-spaceluchtruim?	Peiling	?
	<input checked="" type="checkbox"/> Sluit aan bij bestaande wettelijke systematiek.		4
	<input checked="" type="checkbox"/> Maak een nieuw beoordelingsystematiek.		5
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		2
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		3
3	Welk kader moet er gelden voor realisatie van een vertiport?	Peiling	?
	<input checked="" type="checkbox"/> Geluidnormen.		2
	<input checked="" type="checkbox"/> Aantal gehinderden op basis van dosiseffect-relatie.		4
	<input checked="" type="checkbox"/> Richtafstand tot geluidgevoelige bestemmingen.		4
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		1
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		5
4	Hoe moet een drone beoordeeld worden op het aspect geluidhinder?	Peiling	?
	<input checked="" type="checkbox"/> Equivalent of Lden.		1
	<input checked="" type="checkbox"/> Lamax.		0
	<input type="checkbox"/> Aantal passages boven een bepaalde norm.		1
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		2
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		9

5	Geluidsnormen/-grenzen moeten worden toegewezen aan:	Peiling	⑦
	<input checked="" type="checkbox"/> U-spaceluchtruim		4
	<input checked="" type="checkbox"/> Corridors		6
	<input checked="" type="checkbox"/> Vertiports		8
	<input checked="" type="checkbox"/> Open Categorie		3
	<input checked="" type="checkbox"/> Specifieke Categorie		5
	<input checked="" type="checkbox"/> Gecertificeerde Categorie		8
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		3
6	Wie is verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de dosiseffect relatie van drones?	Peiling	⑦
	<input checked="" type="checkbox"/> Rijkswaterstaat		0
	<input checked="" type="checkbox"/> DG Luchtvaart en Maritieme zaken (DGLM)		5
	<input checked="" type="checkbox"/> Ministerie EZK		0
	<input checked="" type="checkbox"/> RIVM		3
	<input checked="" type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		3
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		4
7	Wat is het moment om normstelling te maken voor geluid van drones?	Peiling	⑦
	<input checked="" type="checkbox"/> Zo snel mogelijk		8
	<input checked="" type="checkbox"/> Eerst marktwerking afwachten		0
	<input checked="" type="checkbox"/> Geen norm nodig		0
	<input checked="" type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		2
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		3
8	Geluidgrenzen/hindergrenzen moeten:	Peiling	⑦
	<input checked="" type="checkbox"/> Europees bepaald worden		4
	<input checked="" type="checkbox"/> Per lidstaat bepaald worden		3
	<input checked="" type="checkbox"/> Anders, namelijk ...		2
	<input type="checkbox"/> Geen antwoord		5

Technische Informatie



Wat is er al?

- EASA survey public acceptability (RA): <https://www.easa.europa.eu/en/full-report-study-societal-acceptance-urban-air-mobility-europe>
- EASA Guidelines Noise Measurement UAS <600kg; Specific Category: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/guidelines-noise-measurement-unmanned-aircraft>
- Drone perception onderzoek o.a. <http://dx.doi.org/10.3397/IN-2021-2160>
- https://www.researchgate.net/publication/355184282_Drones_in_bebouwde_omgeving_-_Een_beleavingsonderzoek_naar_hinder
- Psycho-acoustic onderzoek, bijv. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020682>
- Drone-onderzoek gap analysis (NASA) <https://ntrs.nasa.gov/citations/20205007433>
- PS: te weinig kennis om iets zinnigs over te roepen

Waar heb je behoefte aan?

- Gestandaardiseerde berekeningsmethodiek voor geluidshinder van drones - objectieve waarde
- Wat is er al aan technisch onderzoek beschikbaar
- Maximale grenswaarden en soort geluid naar verschillende functies/bestemmingen.
- Corridors in U-spaceluchtruim versus "free flight": wat zijn de voor- en nadelen m.b.t. geluid?
- Onderzoek naar geluidproductie in relatie tot ecologische effecten; nu vaak belemmeringen bij uitvoering operaties.
- (Database van) drone geluiden voor onderzoek
- Helder kaders en wetgeving, niet in elke gemeente iets anders
- Modellerings- methode
- We kunnen zorgen voor praktijkcases, wat zou je vanuit geluid hieruit willen leren? Hoe lang, welke plek, welke soort, etc. Dan kunnen we dat meenemen in praktijkcases

Welke onderzoeken zijn nog gaande



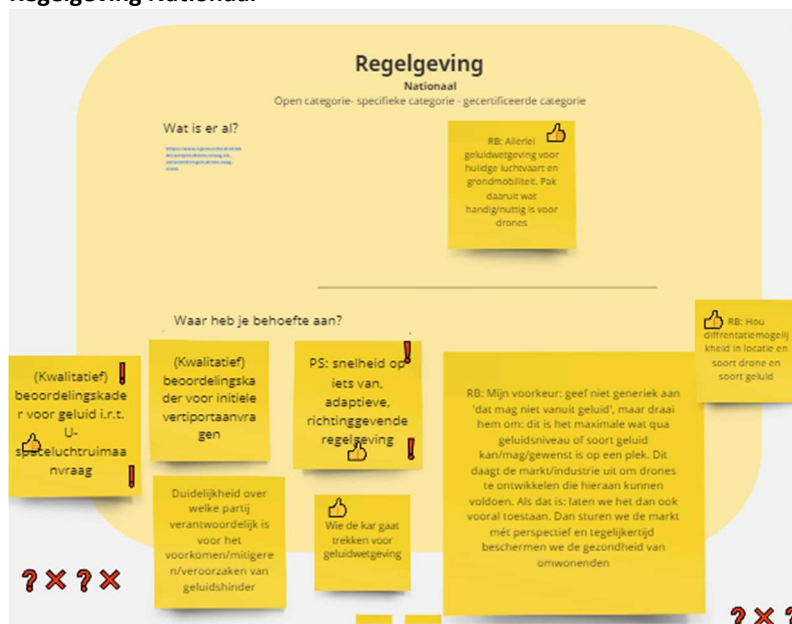
Wat is er al?

- Geluidsmeting rapport belevingsvlucht op Unmanned Valley
- Use case 'De Luchtbrug' Hierin gaan we op meerdere plekken in het land voor 1 tot 3 weken vliegen in verschillende omgevingen (stedelijk/niet-stedelijk) en met verschillende drones. Een mooie gelegenheid om geluid te meten en/of geluidbeleving te bepalen
- Het luchtbrug project dat ADL samen met Antea vanuit DDD opstuigt kan bijdragen aan meer inzichten over geluidhinder
- Geluidrapport uitgevoerd door DCMR/NLR uit 2017 op UMV
- Drone-geluid in bebouwde omgeving (PhD NLR/TUE v.a. Maart 2023)
- Use case DDD: inpassing fysieke leefomgeving route Medical Drone Service Zwolle-Meppel: hierin kijken we ook naar geluid en geluidbeleving

Waar heb je behoefte aan?

- Betere modellen om geluid drones te kunnen reproduceren
- Gewoon geluidsmetingen doen en daarmee informatie verzamelen die gebruikt kan worden bij casussen waarbij bevoegde gezagen betrokken zijn. Er is nu zo weinig en alles helpt om de gesprekken te gaan voeren.
- Testen modellerings-methodiek op toepasbaarheid voor drones
- Belevingsonderzoeken
- Belevingsonderzoek in stedelijk gebied
- Geluidsbijdrage eVTOL (bijv. dronetaxi) i.r.t. achtergrondgeluid in stedelijk gebied

Regelgeving Nationaal



Wat is er al?

- Allerlei geluidwetgeving voor huidige luchtvaart en grondmobiliteit. Pak daaruit wat handig/nuttig is voor drones

Waar heb je behoefte aan?

- (Kwalitatief) beoordelingskader voor geluid i.r.t. U-spaceluchtruimaanvraag
- (Kwalitatief) beoordelingskader voor initiële vertiportaanvragen
- Duidelijkheid over welke partij verantwoordelijk is voor het voorkomen/mitigeren/veroorzaken van geluidshinder
- Snelheid op iets van, adaptieve, richtinggevende regelgeving
- Wie de kar gaat trekken voor geluidwetgeving
- Mijn voorkeur: geef niet generiek aan 'dat mag niet vanuit geluid', maar draai hem om: dit is het maximale wat qua geluidsniveau of soort geluid kan/mag/gewenst is op een plek. Dit daagt de markt/industrie uit om drones te ontwikkelen die hieraan kunnen voldoen. Als dat is: laten we het dan ook vooral toestaan. Dan sturen we de markt met perspectief en tegelijkertijd beschermen we de gezondheid van omwonenden
- Hou differentiatiemogelijkheid in locatie en soort drone en soort geluid

Regelgeving Internationaal



Wat is er al?

- -

Waar heb je behoefte aan?

- PS: iemand of een organisatie die dit op EU-niveau op gaat pakken
- Duidelijkheid wie aan de lat staat om de afstemming Europees op te pakken
- Helder onderscheid in type drones groot/klein AV

Bijlage B: Miro-board Werksessie 2

Technische informatie (geluid)

Technische informatie (geluid)

Conclusie:
Tijdens de werksessie met verschillende partijen binnen de Dutch Drone Delta kwamen de volgende behoeften naar voren:

- Gestandaardiseerde berekeningsmethodiek voor geluidshinder van drones;
- Dronegeluid in relatie tot ecologische effecten;
- Corridors versus "free flight", wat zijn de voor- en nadelen;
- Geluidsdatabase van dronegeluid;
- Betere modellen om het geluid van drones te kunnen reproduceren;
- Opstarten van praktijkcases waarbij nadrukkelijk wordt gedacht over wat men vanuit geluid wil leren van deze cases, zoals hoe lang, op welke locatie, welk type drone, et cetera.

Advies:

Korte termijn:

- Metingen uitvoeren voor verkrijging van geluidgegevens
- Onderzoeken uitvoeren tijdens de metingen voor verkrijgen info sociale- en hinderbeleving

Lange termijn:

- Gestandaardiseerde meetmethode ontwikkelen voor hinderbeleving
- Rekenmethodiek voor geluidshinder ontwikkelen

per geluidklasse voldoende erkende geluidmetingen

concretiseren korte en lange termijn 1 jaar versus 3 jaar

KPI's toevoegen

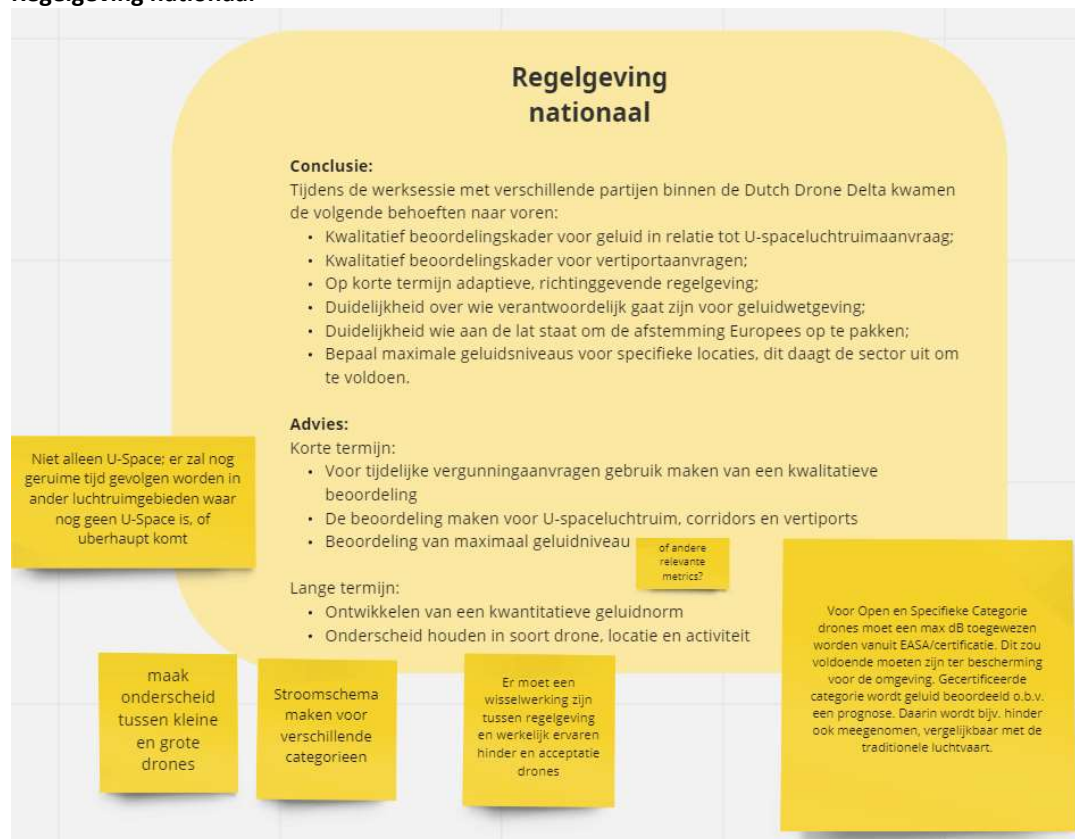
smart maken acties

inclusief welke metriecken relevant zijn

locatie waar data gedeeld kan worden

- Per geluidklasse voldoende erkende geluidmetingen
- Concretiseren korte en lange termijn 1 jaar versus 3 jaar
- KPI's toevoegen
- Smart maken acties
- [Rekenmethodiek ontwikkelen] inclusief welke uitkomstmaten relevant zijn
- Locatie waar data gedeeld kan worden

Regelgeving nationaal



- [Beoordeling U-space/corridors/vertiports] -> Niet alleen U-Space; er zal nog geruime tijd gevolgen worden in ander luchtruimgebieden waar nog geen U-Space is, of überhaupt komt
- [Beoordeling maximaal geluidsniveau] -> of andere relevante uitkomstmaten?
- Maak onderscheid tussen kleine en grote drones
- Stroomschema maken voor verschillende categorieën
- Er moet een wisselwerking zijn tussen regelgeving en werkelijk ervaren hinder en acceptatie drones
- Voor Open en Specifieke Categorie drones moet een max dB toegewezen worden vanuit EASA/certificatie. Dit zou voldoende moeten zijn ter bescherming voor de omgeving. Gecertificeerde categorie wordt geluid beoordeeld o.b.v. een prognose. Daarin wordt bijv. hinder ook meegenomen, vergelijkbaar met de traditionele luchtvaart.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ Oosterhout
Postbus 40
4900 AA Oosterhout
T. +31 6 53 75 83 92
E. Marloes.vandeKlundert@Anteagroup.nl

Copyright © 2023

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@antegroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl