

## Bilaga A: Forskningsbeskrivning

### Undersökningar medelst Ljudmätningar vid Landningar på Arlanda (ULLA) – ett Doktorandprojekt

#### **Sammanfattning av komplettering**

##### **Klassning av ULLA från CSAs styrelsemöte 3 juni:**

*“För att erhålla finansiering ska projektförslaget kompletteras med en beskrivning av vad som är unikt med projektet samt med en konkretisering av hur samverkan med andra parter och projekt (SAFT och BRANTARE) sker, samt hur tidigare forskning tillvaratas och hur resultaten avses nyttiggöras. Kontakt bör tas med till exempel Swedavia Flygakustik och Transportstyrelsens miljösektion för att säkerställa att projektet verkligen bidrar med unik kunskap.”*

##### **Vad är unikt med ULLA?**

De mätningar som tidigare korrelerats med FDR-data är ofta det statistiska underlaget begränsat och mätningarna har oftast gjorts i enstaka punkter. ULLA avser att mäta över lång tid och i många positioner vilket genererar unika mätdata som kan ge banbrytande information om hur ljudet från landningar varierar beroende på flygplanens konfiguration under landning. Förändringar i ansökan som avser beskriva detta finns i sektionerna 4.1 (sid 4-5) och 4.2 (sid 6). Lyssningsförsöken som utförs i ULLA kan ge en förbättrad kunskap om hur landningsljud uppfattas och en unik inblick om hur snälla landningsprocedurer kan företas, se sektion 4.4 (sid 7-8) för ytterligare beskrivning.

##### **Konkretisera samverkan med andra parter och projekt**

ULLA kommer med absolut största sannolikhet (99,9%) att få tillgång till FDR-data från Brantare vilket kommer att betyda att statistiska analyser av samband mellan ljudnivå och FDR kan utföras. Denna synergieffekt mellan projekten är ett ypperligt tillfälle att öka kunskapen om hur olika landningsprocedurer påverkar ljudet. För att denna synergieffekt ska uppstå måste ljudmätningarna ske samtidigt med tillgängliga FDR-data. Samverkan mellan Brantare och ULLA beskrivs mer utförligt i sektion 7.3 (sid 10-11).

SAFT bedömer att mätningar dylika de som avses genomföras i ULLA är nödvändiga för att validera den utvecklade mjukvaran. Detta betonas av projektdeltagaren Ulf Tengzelius, se sektion 7.3 (sid 11). ULLA kommer att samverka med SAFT och kan skraddarsy ljudmätningar efter önskemål från SAFT. För att denna samverkan ska vara möjlig behöver SAFT och ULLA pågå parallellt.

Personal från Swedavia flygaksutik (Gustav Grundfelt) kommer nu att delta i ULLA med expertis inom mjukvaruutveckling av mätutrustningen. Därmed kommer Swedavias eventuella önskemål om tillgång till mätdata från ULLA att kunna tillgodoses samt en leda till en ökad interaktion mellan två parter i CSA, Swedavia och KTH.

##### **Tillvaratagning av tidigare forskning tillvaratas och nyttiggörande av resultaten**

Under hösten har Karl Bolin, huvudsökande och Anders Johansson, projektanställd för förstudien, samtalat med och haft e-brevkorrespondens med personal både på Swedavia flygakustik och Transportstyrelsens miljösektion. Dessa kontakter har lett till att ansökan kompletterats i sektion 2 (sid 2-3). Nyttiggörandet av resultaten från ULLA bedöms av sökande i sektion 6.1 (sid 9) samt av företrädare för SAFT och Brantare i sektion 7.3 (sid 10-11).

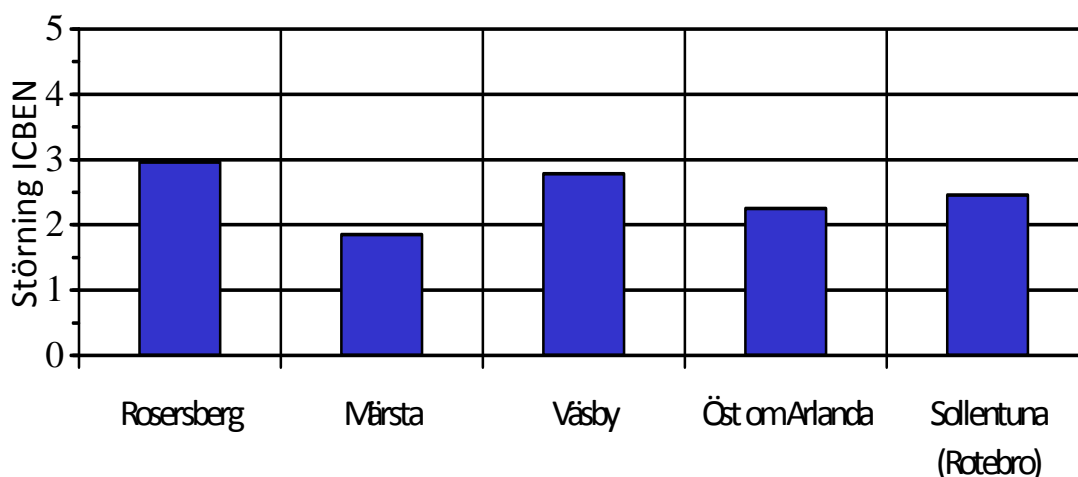
## 1. Introduktion

Ljudmätningar anses vara av central betydelse för att få en rättvisande bild av bullersituationen runt Arlanda och detta projekt benämnt Undersökningar medelst Ljudmätningar vid Landningar på Arlanda (ULLA) syftar till att utföra omfattande och långvariga ljudmätningar kring flygplatsen.

## 2. Bakgrund

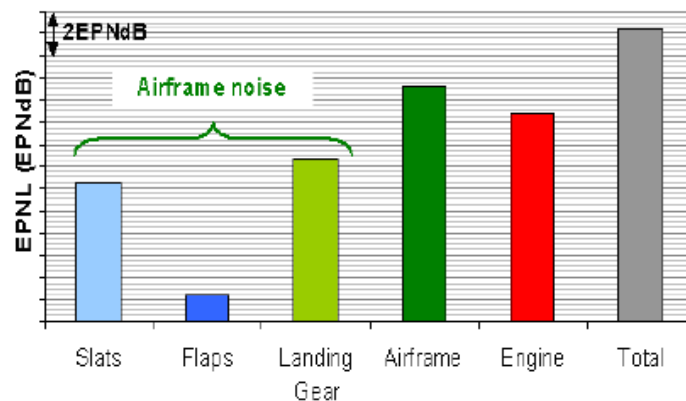
Flygtrafiken förväntas öka globalt och Arlanda är inget undantag från trenden, snarare motsatsen. I och med detta ökar också vikten av att undersöka och utvärdera ljudfrågorna kring Arlanda för att bereda marken för denna utvidgning och upprätthålla en god relation till närboende.

En epidemiologisk undersökning av 1240 boende runt Arlanda utförd av KTH/MWL 2009-2010 i EU projektet COSMA [1] ger att för Arlandas vidkommande är de som bor invid inflygningsrutterna mer störda än de som bor invid utflygningsstråken, se figur 1 som visar stora skillnader mellan störningar i Märsta (huvudsakligen starter) och Upplands Väsby-Rosersberg (huvudsakligen landningar). Det anses därmed prioriterat att mäta ljud från olika landningsprocedurer för att analysera om det finns skillnader i ljudet kopplade till meteorologiska förhållanden och flygoperationella variabler.



Figur 1: Upplevd störning uppskattad på årsbasis enligt ICBEN i fem områden runt Arlanda flygplats. Resultat från KTH/MWLs telefonintervju i projektet COSMA/EU FP7 [1].

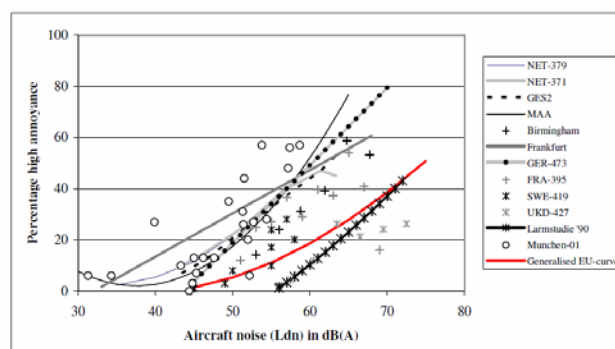
Flygplansljud bildas av både motorerna och flygplanskroppen. Utvecklingen mot tystare motorer har gjort att ljud från övriga komponenter på flygplanet har ökat i betydelse vid landning [2]. I figur 2 visas den ungefärliga relationen mellan ljud från motorer och flygplanskroppen som visar att de båda ljudkällorna har liknande nivåer, dock med en knapp övervikt för ljudalstring av flygplanskroppen vilket kommer att accentueras med den pågående utvecklingen av tystare motorer. Av intresse för ULLA, är att både utföra långtidsmätningar kring Arlanda flygplats och undersöka hur ljudkällorna varierar under inflygningen. Detta kan utgöra underlag för ljudoptimerade inflygningsprocedurer som är validerade mot ULLA:s ljudmätningar i Arlandas närområde.



Figur 2: Effective Perceived Noise level, EPN, för olika ljudkällor på flygplanet vid landning. Källa: Bertsch et al [3].

Dos-respons relationer mellan ljudnivå och upplevd störning för närboende är väletablerade [4] men bakom dessa samband visar det sig att det finns en betydande variation av störningar vid samma ljudnivå, se figur 3. Därmed kan ljudstörningar från flygplan inte endast förklaras av de ljudnivåer de närboende upplever utan sambandet mellan ljud och störning förklaras av fler variabler. Ljudkvalitén är sannolikt en del av förklaring till de stora skillnaderna som kan ses i figur 3 och det finns därmed ett behov av att utvärdera inte bara ljudnivån från olika flygoperationer utan även hur andra ljudaspekter d.v.s. ljudkvalitén påverkas. Huvudsökande Karl Bolin har erfarenheter att utvärdera ljudkvalité från projektet COSMA där han utvecklade metoder för detta, se Dickson & Bolin [5]. Planerna är att använda denna metodik i ULLA för att se samband mellan olika landningsprocedurers ljudkvalité.

I processen att utvärdera ljudsituationen kring Arlanda finns det alltså ett behov av att genomföra ljudmätningar runt flygplatsens inflygningsrutter. ULLA avser att bidra till Centrum för Hållbar Luftfart med utförliga och långvariga ljudmätningar vid Arlanda och att dessa ska vara tillgängliga för CSA projektet SAFT samt även till andra parter, exempelvis Swedavia flygakustik.



Figur 3: Resultat från elva epidemiologiska undersökningar om dos-responssamband mellan ljudnivå och andel av befolkningen som är mycket störda. Kurvorna är inte anpassade för eventuella confounders förutom Shiphol-undersökningarna (GES2 and NET-371) som justerats för studie bortfall och studiedesign, figur från van Kempen & van Kamp [6].

### **3. Syfte**

Projektet avser att utföra ljudmätningar och från dessa utvärdera potentiella förbättringar av ljudsituationen runt Arlandas inflygningsrutter. Detta ska ske genom att analysera ljudmätningarna tillsammans med meteorologiska data och flygoperationella data samt använda inspelningar för att se hur ljudets karaktär upplevs beroende på flygoperationellt handhavande.

I slutändan syftar ULLA dels till att vara behjälplig med att ge underlag för hur ljudet på marken påverkas av meteorologin dels rekommendera flygoperationellt handhavande vid landningar, detta för att förbättra ljudmiljön i Arlandas närområde.

### **4. Metod**

ULLA uppdelas i fyra arbetspaket som tillsammans ska ge underlag för att besvara projektets huvudfråga om meteorologiska effekter och flygoperationella parametrar kan användas för att minska bullerstörningar kring Arlanda. Arbetspaketens innehåll beskrivs under rubrikerna nedan.

#### **4.1 Långtidsmätning**

I detta arbetspaket utförs mätningar på olika avstånd från landningsbanorna samt på flera olika vinkelräta avstånd från flygvägarna. Mätningar av flygbuller direkt under inflygningsrutten i en eller ett fåtal punkter är vanligt förekommande runt flygplatser, sådana mätningar utförs av Swedavia kring Arlanda. För att t.ex. mäta hur vinden påverkar ljudutbredningen planeras mätstationer i ett bredare nät som täcker en stor del av inflygningsrutten. Dylig mätmetodik är ovanlig och genomförda mätningar är ofta mer begränsade i tid och antal mätpositioner [Validation of Aircraft Noise Prediction Models at Low Levels of Exposure]. Med den tekniska utvecklingen av telekommunikation, solpaneler som gör mätningar oberoende av nätel och sjunkande kostnader för hårdvara, såväl mikrofoner som enkorts datorer. Detta ger möjligheten att fånga ljudet för över ett stort område, se figur 4 för en illustration av hur mätpositionerna är tänkta att fördelas.

Erfarenheterna från de ca 50 olika mätpositionerna i Rosersberg och Upplands Väsby som användes i KTH/MWL COSMA gör att enbart fokusera på bebyggda områden anses leda till en ökad sårbarhet eftersom relativt mycket störningar förväntas från andra ljudkällor, såsom väg- och spårtrafik samt annan mänsklig aktivitet. Svårigheten att genomföra långtidsmätningar som inte lider av bakgrundsstörningar återspeglas också i litteraturen då de flesta större flygplaster ligger i tätbefolkade områden vilket t.ex. försvårar validering av beräkningsprogram för flygbuller [Aircraft noise prediction AntonioFilippone]. Arlanda har på så vis ett gynnsamt läge och därför anses inspelningar från de relativt sett tystare miljöerna öst om bana 2 och norr om bana 1 och 3 på motsvarande avstånd från landningsbanorna som Upplands Väsby och Rosersberg vara mätpositioner där extra fokus planeras.

Ljudmätningarna är tänkta att genomföras med egenutvecklad mätutrustning för att minska kostnaderna och kunna utöka antalet mätstationer men också för att ge möjlighet att

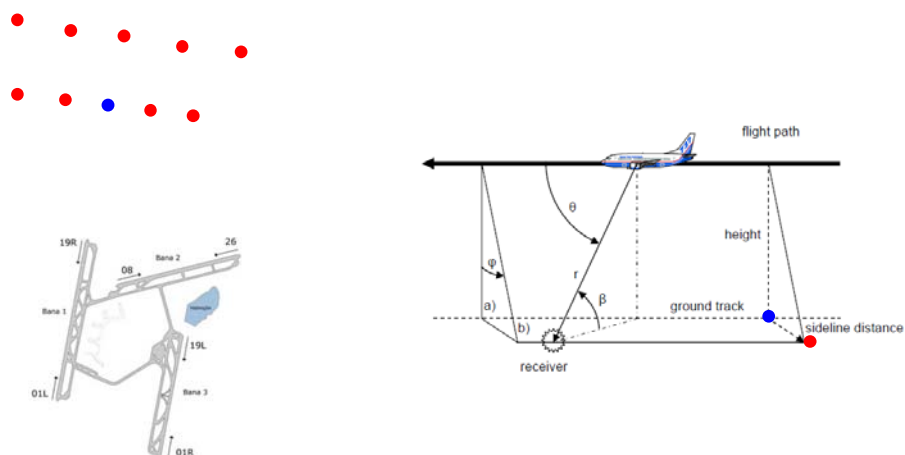
skräddarsy mätdata efter egna eller samverkande projekts/parts (t.ex. SAFT eller Swedavia) önskemål.

Mätstationernas uppbyggnad baseras på små enkortsdatorer som sköter beräkning och hantering av mätdata. Till datorn kan en eller flera mikrofoner kopplas och möjligheten har undersökts att bygga en s.k. kompakt mikrofon-array, som kan förbättra signal-brusförhållandet [Environmental Sound Monitor]. Ett ökade antal mikrofoner kopplade i en array bidrar till redundans i mätningarna och skapar på ett robustare mätsystem som inte blir lika känsligt för störningar eller tekniska fel. Vidare är enkortsdatorns strömförbrukning låg, vilket gör att mätstationerna kan göras helt autonoma med självförsörjning genom solceller och uppladdningsbara batterier. Detta ger oss stor frihet vad hänsyn till tyst omgivning vid utplacering av mätstationer, då tillgång till nätanslutning inte behöver beaktas.

Mätningarna kommer att i sekundupplösning logga ljudnivå (dBA) samt tersbandsspektrum. Med trådlös internetuppkoppling och GPS-klocka finns även möjlighet att styra mätningarna och starta inspelningar för specifika överflygningar, något CSA-projektet SAFT önskar. Av dessa inspelningar kan djupare analyser göras t.ex. kan olika ljudkvalitetsmått beräknas.

För att få tillgång till en så lång mätserie som möjligt är mätningarna avsedda att initieras relativt omgående med start våren/sommaren 2016 och pågå fram till 2019 för att skapa ett omfattande underlag för analysen i arbetspaket 2 och 3. Data från denna del av ULLA avses göras tillgängliga för andra projekt inom CSA för att på det sättet vara behjälplig med ljuddata för andra projekt potentiellt t.ex. SAFT. Mätresultat från ULLA ska diskuteras inom referensgruppen innan publicering för att på detta sätt informera partners inom CSA och ge möjlighet till återkoppling till projektet.

Mätningar kommer att ske året runt och i alla typer av väder och inte enbart under väderförhållanden som uppfyller specifikationen i ISO 3891. Detta tillsammans med en geografisk spridning av mätdata anses vara värdefullt för att ge en tydlig bild av ljudnivåer kring Arlanda.



Figur 4: Arlandas banor, de prickarna illustrerar mätpositioner som dels är på olika avstånd från förlängningen av bana 1 samt dels på olika vinkelräta avstånd (sideline distance) från dessa, den blå prickerna visar referenspositionen.

Mätningarna kommer även att vara utmärkta att validera modellverktyg som SAFT vilket och resultaten kommer även att vara tillgängliga för Swedavia för validering av mer generella

beräkningsprogram som t.ex. INM [Including atmospheric propagation effects in aircraft take-off noise modelling] som möjligtvis kan modifieras för att ge ökad noggrannhet likt metodiken föreslagen för flygplatsen Helsinki-Vantaa, se referens [7].

## 4.2 Mätninganalys meteorologi

Det är tidigare känt att stora variationer i ljudnivå kan erhållas för tillsynes lika mätförhållanden, vilket till stor del tros bero på variation i atmosfärsdämpningen [Noise attenuation directly under the flight path in varying atmospheric conditions]. Detta arbetspaket är därför inriktat på att analysera och kvantifiera hur de meteorologiska förhållandena påverkar ljudnivåerna i långtidsmätningarna.

Här undersöks eventuella samband emellan ljudnivåer och rådande ljudhastighetsprofil samt utvärderas hur relevanta standardvärden för att beräkna atmosfärsdämpning som SAE AIR 1845 [8] är relativt ISO 9613-1 [9] atmosfärsdämpningsmodell som beror av temperatur, luftfuktighet och atmosfärstryck. Vidare avses att samverka med SAFT för att undersöka med vilken noggrannhet avancerade modellverktyg kan prediktera ljudet från enskilda landningar.

Ljudhastighetens vertikala profil har avgörande påverkan på ljudutbredningen genom luften genom refraktionseffekten. Det är därför angeläget att studera aktuella ljudhastighetsprofiler om man önskar förstå hur ljud sprids till olika områden. Ljudhastigheten bestäms huvudsakligen av vindhastighet och temperatur men även av luftfuktighet och atmosfärstryck och det är därmed viktigt att analysera hur dessa parametrar varierar med avseende på höjd och tid för att förstå hur ljud sprids. Meteorologiska data som finns tillgängliga för analys i ULLA är dels SMHIs AROME [10] data för mesoskaliga väderprognoser och Weather Research and Forecasting Model [11] som används på Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära, Meteorologi. KTH/MWL har goda kontakter på SMHI och pågående forskningssamarbete med Uppsala universitet vilket bedöms underlätta att meteorologiska data kommer att bli tillgängliga för analys till en rimlig kostnad. Mjukvaror för statistisk analys, till exempel R, SPSS eller MATLAB kommer att användas i denna del av projektet för beräkningar.

## 4.3 Mätanalys flygoperationella parametrar

I denna del analyseras hur uppmätta ljudnivåer beror av flygoperationella parametrar. En rad undersökningar har gjorts på hur variation av flygbanor vid landning och start påverkar uppmätta ljudnivåer. Ett exempel är Continuous Descent Approach (CDA) vars bullereffekter har undersökts i stora mätstudier som t.ex. i Louiseville 2006 [Development, design, and flight test evaluation of a continuous descent approach procedure for nighttime operation at Louisville International Airport]. I detta arbete redovisas inte hur t.ex. klaffar och landningsställ påverkar bullernivån. Dessa komponenter har identifierats som de källor som bidrar mest till buller utöver flygplanets motorer [Aeroacoustic Evaluation of Flap and Landing Gear Noise] där effekterna på ljudet huvudsakligen är undersökta i kontrollerade labbmiljöer och inte i verklig miljö. Swedavia har i projektet Stenvändning 2005, på uppdrag av LfV tidigare undersökt hur dessa komponenter påverkar bullernivån under verkliga operationella förhållanden vid en rad anflygningar. Det noterades bl.a. att en ton uppstår när

klaffens vinkel ändras. Antalet överflygningar var dock begränsade, vilket försvårade en statistik analys av klaffställningens betydelse för bullernivån.

För att undersöka hur klaffsättning och landningsställ påverkar ljudet analyseras ljudmätningarna tillsammans med Flight Data Record (FDR) från Novair som Brantare till 99,9% sannolikhet lovat att göra tillgängliga för analys i ULLA. Under projektets gång uppskattas att flera hundra överflygningar utförs med tillgänglig FDR-data, vilket ger en mycket stabil statistik grund att analysera samband mellan ljudet och FDR-data något som är något unik för ULLA. Secondary surveillance radar, till exempel eINOM, kan även användas för att ansätta olika flygkonfigurationer för flygplan utan tillgänglig FDR-data, se exempel i tabell 1 från Tuparinne [7], och samtliga överflygningar över mätstationerna kan därmed analyseras med dessa data som utgångspunkt. Det är bl.a. känt att Emirates fäller ut landningsställ och klaffar mycket tidigt i anflygningsproceduren jämfört med andra flygbolag, vilket anses intressant att studera ur akustisk synpunkt.

Ljud- och flygresultaten kommer att jämföras med noggrann tidsupplösning för att på detta sätt ge en hög korrelation mellan ljudnivåer och de flygoperativa parametrarna som orsakar ljudet. Det finns även möjligheter att mäta och analysera ljudinspelningar som sedan kan föras vidare till SAFT och utvärderingar av ljudkvalitet i ULLA.

ID	Configuration	Speed range (TAS)
CLEAN	Clean configuration	>220
FLAP 1	Slats 18°, no flaps, no LG	200-220
FLAP 2	Slats 22°, flaps 15°, LG extended	160-200
FLAP 3	Slats 22°, flaps 20°, LG extended	150-160
FLAP FULL	Slats 27°, flaps 35°, LG extended	130-150

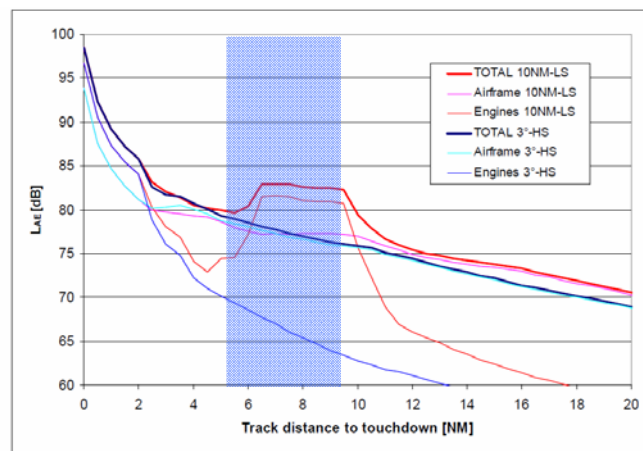
Tabell 1: Visar ett antagande baserat på FDR information om hur olika flygplanskonfigurationer varierar för en A320 beroende på hastighet, tabell från Tuparinne [7] tabell 11.

#### 4.4 Ljudkvalité

Det finns ett flertal akustiska variabler förutom ljudnivån som påverkar hur ljud upplevs [12]. Studier på hur landningsljud upplevs beroende på flygoperationellt handhavande kan ge ytterligare hjälp att begränsa störande flygplansljud i närheten av Arlanda utöver effekten av att minska ljudnivån. För att undersöka ljudkvalité-aspekten planeras därför högkvalitativa inspelningar med där vid lag lämplig utrustning och lyssningsförsök som använder dessa inspelningar att ingå i ULLA.

Ett exempel på hur olika flygkonfigurationer kan ge drastiskt olika ljudbild ses i figur 3 där ljudnivåer från en kontinuerligt sjunkande flygbana jämförs med en flygbana med motorpådrag mellan 7-10 NM vilket resulterar i drastiskt ökande ljud. Motorpådraget sker på motsvarande avstånd som Upplands Väsby ligger på från bana 3 och ljudkvalitémässigt kan det antas att ett snabbt ökande ljud är mer obehagligt än ett stadigare och mer förutsägbart ljud vidare kan det vara så att samspelet mellan olika ljudkällor på flygplanet kan resultera i mer eller mindre störande ljudkaraktärer. Ett annat exempel som motsäger ovanstående hypotes är denna förstudie från Holland 2014 [[Continuous Descent Approach \(CDA\) compared to Regular Descent Procedures: Less Annoying?](#)] som visar på motsatt

effekt. Det är därför viktigt att undersöka och försöka förstå dessa perceptionella effekter för att kunna förbättra ljudmiljön.



Figur 3: Ljudnivå för två olika flygkonfigurationer med kontinuerlig sänkning (blå kurva) respektive med motorpådrag (röd kurva), från Tuparinne [7]. Upplands Väsby's avstånd till bana 3, 7-10 NM, är markerat med ljusblått område (ej från [7]) och sammanfaller med den snabba ökningen av ljudnivå för proceduren med motorpådrag.

Lyssningsförsök kräver att realistiska och störningsfria inspelningar av landningar utförs i projektet. För att verklighetstroga inspelningar ska kunna utföras kommer binauralhuvud och/eller ambisonic-mikrofon att användas för uppspelningar i lyssningsförsök. Med binauralhuvud-inspelningar kommer främst uppspelningar med hörlurar att användas vilket ofta ger överlägsen ljudkvalité jämfört med högtalare men med ambisonic-mikrofon kan uppspelningar utföras i "virtual reality labs" liksom Gösta Ekman Laboratoriet/Stockholms universitet, med vilket huvudsökande Karl Bolin har ett forskningssamarbete. Fördelen med högtalaruppspelningar blir främst att ljudet blir riktighetsberoende vilket leder till att öka realismen i försöket. Ännu en fördel är att olika vinklar mellan flygplan och mottagare kan simuleras vilket ger möjlighet att utvärdera om t.ex. flygplansljud direkt ovanför huvudet är mer störande än de som uppfattas från sidan.

En överflygning är ett relativt långvarigt och komplext ljud på ca 45-90 sekunder och om detta jämförs med "psykologisk nutid" [13, 14], den tid under vilken minnet av stimuli är gott, vilken rör sig om mindre än tio sekunder blir det ofta svårt att bedöma ett helhetsintryck eller jämföra två olika överflygningar med varandra. I dessa försök avses främst att använda en kontinuerlig metodik utvecklad på KTH/MWL för att utvärdera flygplansljud, se Dickson & Bolin [5], vilken har visat lovande resultat att kunna särskilja olika segment av en överflygning och dess effekter på hur störande ljudet upplevs.

## 5. Planering

ULLA planeras starta i september 2016 att pågå under fyra år enligt tidsplanen i tabell 2. En utförligare beskrivning av dessa moment återfinns i texten ovan.



	Arbetspaket	2016	2017	2018	2019	2020
1	Långtidsmätning					
2	Mätanalys-meteo					
3	Mätanalys- FDR					
4	Ljudkvalité					

Tabell 2: Planering av arbetet för respektive arbetspaket i ULLA, de markerade åren är de när aktiviteter planeras i de olika arbetspaketen.

## 6. Förväntade resultat

Projektet har som målsättning att ge ett utökat underlag av ljudmiljön kring Arlanda och bidra med omfattande mätdata för analys, inte bara i detta projekt utan även för vidare spridning inom såväl som utanför CSA.

Förutom detta kommer ULLA att utbilda en doktorand med specialområde inom flygbuller vilket kommer att långsiktigt stärka svensk kompetens inom detta område. Målsättningen är härvidlag att forskarstudenten både deltar aktivt i centrets informationsverksamhet, i trafikverkets doktorandprogram RESCOPE, i den allmänna debatten om ljudfrågor kring Arlanda, på internationella konferenser och tillsammans med handledarna publicerar forskningsresultaten i internationellt högkvalitativa tidskrifter.

### 6.1 Nyttiggörande

De mätningar som genomförs i ULLA ska täcka stora delar av landningsproceduren och fokusera ljudmätningarna på avstånd från landningsbanorna som motsvarar Bana 1–Rosersberg och Bana 3–Upplands Väsby för att i möjligaste mån nyttiggöra resultaten för dessa orter. ULLA kan därmed bidra till att ge ett viktigt underlag för hur bullersituationen är i dessa områden och i slutändan medverka till att utforska om meteorologiska förhållanden och flygoperativa parametrar kan minska bullerbelastningen på boende i dessa områden. I förlängningen kan ULLA ge underlag för piloter att flyga med ljudoptimerade rutiner över framförallt Stockholms norra förorter. Projektet kopplar därigenom direkt till Centrum för Hållbar Luftfarts kärnområden, flygtrafikledning och flygbanor, ljudutbredning och åtgärder i omgivning.

## 7 Organisation och samverkan i CSA

### 7.1 Projektets organisation

I projektet kommer TDr Karl Bolin och Doc Leping Feng att handleda en doktorand som rekryteras vid projektstart och denne kommer att utföra det huvudsakliga vetenskapliga arbetet. En referensgrupp bestående av representanter från CSAs partners och projektledare

inom CSA ska organiseras för att underlätta samarbete och resultatspridning med centrets partners och andra projekt inom CSA.

Projektets huvudsakliga arbete utförs av forskarstudenten med vägledning från handledarna (Karl Bolin och Leping Feng) där Leping Feng har huvudansvar för arbetspaket 1 och Karl Bolin har huvudansvar för arbetspaket 2-4. Handledarna och KTH/MWL har genom mångåriga forskningserfarenheter goda möjligheter att genomföra projektet och en geografisk närhet till Arlanda som väsentligt kommer att underlätta mätarbetet.

Personal från Swedavia flygakustik (Gustav Grundfeldt) kommer att vara delaktig i ULLAS utvecklande av mjukvara för långtidsmätningarna.

## 7.2 Referensgrupp

En referensgrupp ska organiseras i projektet. Gruppen har två huvudsakliga funktioner, dels att dra nytta av gruppmedlemmarnas kompetens för att styra projektet i en fördelaktig riktning, dels kan referensgruppen sprida information om projektet inom sina organisationer. Föreslagen referensgrupp kan komma att kompletteras eller förändras efter projektstart men den preliminära gruppen består av:

- Conny Larsson, meteorolog vid Uppsala Universitet har accepterat att medverka i referensgruppen
- Gustav Grundfeldt på Swedavia Konsult, akustiker, har accepterat att medverka i referensgruppen
- Marie Hankanen, Transportstyrelsen har accepterat att medverka i referensgruppen
- Ulf Tengzelius på KTH/MWL, akustiker, har accepterat att medverka i referensgruppen
- Pernilla Ulfvengren vid KTH/INDEK, forskare, har accepterat att delta i referensgruppen

Planen är att hålla referensgruppsmöten två gånger per år och att vid dessa tillfällen stämma av projektets fortskridande, att diskutera resultat från projektet och anpassa fortsatt planering av arbetet efter dessa diskussioner. Resultat från ULLAs mätningar kommer att delges intresserade parter innan publikation för att säkerställa mätningarnas kvalitet och möjligheter för egen analys.

## 7.3 Samverkan inom Centrum för Hållbar Luftfart

Syftet med Centrum för Hållbar luftfart är att skapa en svensk världsledande forskning kring styrning och drift av luftfarten med hänsyn till miljön, särskilt buller. Det är därmed av stor vikt att centrets forskningssatsning samordnas så att centrets projekt kompletterar och förstärker varandra. Under ULLAs förstudie har det hållits ett flertal möten mellan företrädare för ULLA, SAFT och Brantare och samverkan mellan projekten planerats i en miljö av ömsesidigt intresse och välvilja. Hur ULLA kan samverka med Brantare och SAFT beskrivs mer konkret nedan:

- Brantare kan genom att delge FDR –data till ULLA drastiskt förstärka möjligheterna att finna samband mellan ljudnivåer och flygplanens aktuella konfiguration. ULLA kan i sin tur hjälpa Brantare och andra intressenter att validera hur ljudet från flygplanen påverkas av glidbanevinkeln.

- ULLA kommer att stödja SAFT genom att förse simuleringsverktyget med mätdata som behövs för att validera SAFT modellen. SAFT och ULLA kan samverka genom att dela meteorologiska data och flygoperationella analyser och därmed undvika dubbelarbete.

Nedan bifogas två bedömningar av samverkanspotential mellan ULLA och SAFT och Brantare från personer verksamma inom respektive projekt:

#### **SAFTs bedömning av synergieffekter med ULLA:**

"Projektgruppen bakom SAFT förordar starkt ett fullskaligt genomförande av ULLA. Flera anledningar finns till detta.

- Data från mätningar av markljudnivåer med ett flertal mikrofoner i ett grid, tidskorrelerade med passerande flygplan position och drifttillstånd är bedöms som nödvändiga för att SAFT beräkningskedja (från flygoperation till bullerkonturer) ska kunna valideras med bästa möjliga resultat.
- Data från den här typen av mätningar finns inte öppet tillgängliga.
- Billigare teknik på mikrofon- och processorsidan (med tillräcklig) kvalitet har på senare år möjliggjort ljuddata insamling som tidigare var ekonomiskt ogenomförbara.
- Mätningar av den här typen, i kombination med FDR-data (Direct Access Recorders , DARs) och tidskorrelerade atmosfärsdata, skapar förutsättningar för SAFT och andra CSA-projekt att ligga i framkanten av vad som idag är möjligt att åstadkomma inom området flygbullerstudier och flygbullersimuleringar."

Skrivet av Ulf Tengzelius i e-brev till Karl Bolin den 2016-12-02 kl 09:52.

#### **Brantares bedömning av synergieffekter med ULLA:**

"Brantare- ULLA kan stödja Brantare genom att delge mätresultat till Brantare som kan användas i analys för hur glidbanevinkeln påverkar ljudnivåer på marken. Brantare kan stödja ULLA genom att leverera FDR data som kommer att underlätta analysen av hur flygoperationellt handhavande påverkar ljudet på marken.

Om man skall hårdra det så är ULLAs potentiella bullermätningar av mindre betydelse för projekt Brantare som enskilt projekt. Vårt uppdrag är primärt att studera de flygoperativa bitarna och öka kunskapen inom det området. Däremot ur ett CSA perspektiv, samhällsperspektiv osv kommer nyttan och synergieffekterna in i bilden. Där våra respektive projekt blir ömsesidigt stödjande och där potentiella synergieffekter kan uppnås. Från mitt perspektiv kan det vara klart intressant att enbart studera de flygoperativa aspekterna av en brantare inflygning, för att öka förståelsen för vad som är möjligt givet vissa väderförhållanden etc. Men utan ULLA, och SAFT för den delen, så missas i detta sammanhang hela möjligheten att koppla det potentiellt förändrade flygoperativa beteendet till en förändrad bullerspridning. Vilket vore synd."

Skrivet av XXXXXXXX den XXX kl XX.

## Referenser

- [1] Community Oriented Solutions to Minimize Aircraft noise annoyance (COSMA), EU/FP7 Project reference: 234118, <http://www.fp7-cosma.eu/>
- [2] Graham W. R., Hall C. A. och Vera Morales M., (2014) "The potential of future aircraft technology for noise and pollutant emissions reduction," *Transport Policy*, 34, 36 - 51
- [3] L. Bertsch, W. Dobrzynski och S. Guérin. (2008) Tool Development for Low-Noise Aircraft Design, 14th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (29th AIAA Aeroacoustics Conference), Aeroacoustics Conferences, Vancouver, Canada
- [4] Miedema, H. M. och Oudshoorn, C. G. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409–416.
- [5] Dickson, C. och Bolin, K. (2014) Continuous judgment by category-ratio scaling of aircraft noise, *Applied Acoustics*, 84, (3-8)
- [6] van Kempen, E. och van Kamp, I. (2005). Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships. Report 01/205 MGO RvK, reference 00265/2005
- [7] Tuparine S., (2004), Noise Mitigation by Altered Aircraft Approach Procedures, Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering, MSc thesis
- [8] SAE AIR 1845, (1995) Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports
- [9] ISO 9613-1. (1993) Attenuation of Sound During Propagation Outdoors, Part 1: Atmospheric Absorption (International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland)
- [10] Websida: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/meteorologiska-modeller-1.5932>, senast besökt 2016-04-21
- [11] Websida: <http://www.wrf-model.org/index.php>, senast besökt 2016-04-21
- [12] Fastl H. och Zwicker E. (2006) Psychoacoustics: facts and models, Springer Verlag
- [13] Kuwano S. (2000): Temporal aspects in the evaluation of environmental noise. Inter Noise 2000. D. Cassereau (ed.). Noise Control Foundation, Poughkeepsie, NY, 109–119.
- [14] Pöppel E. (1997) A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 56–61.