



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-264 |

Lydopfattelse

Dansk demonstrationsflyvning

F-35A sammenlignet med F-16A/B

KUNDE: Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse



NLR – Netherlands Aerospace Centre

Lydopfattelse Dansk demonstrationsflyvning

F-35A sammenlignet med F-16A/B



Problemområde

Der vil i fremtiden befinde sig kampfly af typen Lockheed Martin F-35A Lightning II (F-35A) på Flyvestation Skrydstrup. Der er blevet gennemført en demonstrationsflyvning for at give beboerne i nærheden af Flyvestation Skrydstrup muligheden for at opleve lyden fra en F-35A og sammenligne lyden med deres daglige oplevelse af flystøj.

Beskrivelse af arbejdet

Målingerne blev udført under demonstrationsflyvningerne den 22. maj 2019 omkring Flyvestation Skrydstrup. Flyvningen bestod af to dele, imellem hvilke flyene landede på flyvestationen for optankning. Under demonstrationsflyvningerne fløj en F-35A med en Pratt & Whitney F135-PW-100 motor (F-35A) og en Lockheed Martin F-16A/B Fighting Falcon med en Pratt & Whitney F100-220E motor (F-16) med 3-4 minutters afstand fra hinanden i de mest anvendte fraflyvnings- og anflyvningsprofiler.

De flyveprofiler, der blev fløjet under demonstrationsflyvningen, er også medtaget i støjberegningerne som beskrevet i reference 1.

RAPPORTNUMMER

NLR-CR-2019-264

FORFATTER(E)

R.H. Hogenhuis

G.D.R. Zon

RAPPORTKLASSIFIKATION

UKLASSIFICERET

DATO DK UDGAVE

Januar 2020

VIDENSOMRÅDE(R)

Flystøj

DESKRIPTOR(ER)

F-35A
F-16A/B
demonstrationsflyvning
opfattelse
lyd

De flyveprofiler, der blev fløjet under demonstrationsflyvningen, afviger dog fra den modellering af flyveprofilerne, der anvendes i beregningerne. Eksempelvis blev en del af flyveprofilerne fløjet i medvind, og nogle af flyveprofilerne med efterbrænder blev ikke, som normalt, gennemført fra stilstand på landingsbanen. Dette blev gjort for at have anflyvninger og fraflyvninger (herunder med efterbrænder) i begge retninger af landingsbanen under demonstrationsflyvningen.

Forskellene i lydopfattelsen blandt lokalbefolkningen mellem F-35A og F-16 under demonstrationsflyvningerne blev målt ved hjælp af en onlineundersøgelse. Når flyene passerede, kunne lokalbefolkningen angive, hvordan overflyvningerne lød i forhold til den lyd, de hører næsten dagligt. Der blev gennemført analyser efter demonstrationsflyvningerne, og forskellene mellem F-35A og F-16 blev præsenteret.

Spidsværdierne blev målt på syv målepunkter i området omkring Flyvestation Skryds-trup. Målingerne blev udført for hver overflyvning. Derefter blev de målte spidsværdier kontrolleret, eksempelvis for forstyrrende baggrundsstøj.

Resultater og konklusioner

Resultaterne og konklusionerne fra denne undersøgelse er baseret på et relativt lille antal målinger og observationer. Derfor kan disse resultater og konklusioner overvurdere, undervurdere eller nogenlunde afspejle resultaterne af en større undersøgelse. Resultaterne og konklusionerne i denne rapport bør derfor fortolkes med forsigtighed og bør ikke betragtes som et udtryk for lydopfattelsen på længere sigt eller som udtryk for den årlige støjbelastning.

Resultaterne antyder, at forskellen i den lyd, som deltagerne i undersøgelsen oplever fra F-35A, er lille sammenlignet med F-16.

Målingerne af de maksimale lokale spidsværdier viser, at den gennemsnitlige forskel mellem spidsværdierne for de to flytyper på alle målepunkter under fraflyvning og anflyvning var henholdsvis 3 dB(A) og 8 dB(A), hvor F-35A gav de højeste gennemsnitlige spidsværdier. Den højeste spidsværdi for F-35A var 94 dB(A) og blev målt i Vedsted, hvorimod den højeste spidsværdi for F-16 var 91 dB(A) og blev målt mellem Gabøl og Åbøl. For individuelle overflyvninger blev der målt forskelle fra minus 12 til plus 18 dB(A). En positiv forskel betyder, at F-35A har en kraftigere lyd end F-16.

Anvendelsesområde

Resultaterne af undersøgelsen giver indsigt til lokalbefolkningen, lokale myndigheder og Forsvarsministeriet om lydopfattelsen af F-35A og de målte lokale spidsværdier.

Ansvarsfraskrivelse

Denne rapport bliver oversat fra engelsk. Hvis der af en eller anden grund er uoverensstemmelser i oversættelsen, har den engelske version forrang.

NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam, The Netherlands

p) +31 88 511 3113

e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-264 |

Lydopfattelse Dansk demonstrations-flyvning

F-35A sammenlignet med F-16A/B

KUNDE: Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse

FORFATTER(E):

R.H. Hogenhuis
G.D.R. Zon

Netherlands Aerospace Centre
Netherlands Aerospace Centre

Ingen dele af denne rapport må gengives og/eller videregives i nogen form eller på nogen måde uden forudgående skriftlig tilladelse fra ejeren.

KUNDE	Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse
KONTRAKTNUMMER	4502308195
EJER	Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse
DIVISION NLR	Aerospace Operations
DISTRIBUTION	Begrænset
KLASSIFIKATION AF TITEL	UKLASSIFICERET

GODKENDT AF:																	
FORFATTER						REVIEWER						ANSVARLIG AFDELING					
R.H. Hogenhuis						A.B. Dolderman						P.L.J. Eijssen					
DATO						DATO						DATO					

Indhold

Forkortelser og begreber	6
1 Introduktion	8
1.1 Formålet med undersøgelsen	8
1.2 Koncept	8
1.3 Læsevejledning	9
2 Resumé af undersøgelsen	10
2.1 Beskrivelse af plan for flyvninger og gennemførelsen af demonstrationsflyvningerne	10
2.2 Måling af lydopfattelsen	12
2.3 Måling af spidsværdier	14
3 Lydopfattelsesresultater	16
3.1 Undersøgelsens målsætning	16
3.2 Population	16
3.2.1 Undersøgelsens deltagere	17
3.3 Resultater af lydopfattelsesundersøgelsen	18
3.3.1 Resumé af lydopfattelsen	19
3.3.2 Opfattelsen af de forskellige forbiflyvninger	19
3.3.3 Fortolkning af lydopfattelsen	22
3.3.4 Bemærkninger fremsat af deltagerne	23
4 Støjniveauer	25
4.1 Målepunkter	25
4.2 Resultater	25
4.2.1 Maksimale spidsværdier for demonstrationsflyvningerne	25
4.2.2 Gennemsnitlige målte lydniveauer	27
4.2.3 Mulige årsager til forskelle i måleresultater	27
5 Konklusioner	29
5.1 Lydopfattelse	29
5.2 Støjniveauer	29
6 Referencer	31
Appendix A Beskrivelse af forbiflyvninger	32
Appendix B Oplysninger til deltagerne	33
Appendix B.1 Baggrund for demonstrationsflyvningen	33
Appendix B.2 Formålet med demonstrationsflyvningen	33
Appendix B.3 F-35 i Danmark	34
Appendix B.4 Generel borgerinddragelse	35

Appendix C	Spørgeskema	36
Appendix C.1	Prøveformular	36
Appendix C.2	Venter på lyden fra næste fly	37
Appendix C.3	Vurderer lyden fra flyet	38
Appendix C.4	Generelle data	39
Appendix D	Udførlig analyse af opfattelsesmålingerne	40
Appendix E	Målepunkternes placering	42
Appendix F	Resultater af støjmålinger	47
Appendix F.1	Måleresultater	47
Appendix F.2	Præsentation	47
Appendix F.3	Margener	47
Appendix F.4	Forskelle	48
Appendix F.5	Anvendeligheden af resultaterne og forholdet til lydopfattelsesmålingerne	48
Appendix F.6	Oversigt over alle måleresultater	49

Forkortelser og begreber

Følgende forkortelser anvendes i denne rapport.

AKRONYM	BESKRIVELSE
AB	Afterburner (efterbrænder)
dB(A)	A-vægtet decibel
F-16	Lockheed Martin F-16A/B Fighting Falcon med Pratt & Whitney F100-220E motor
F-35A	Lockheed Martin F-35A Lightning II med en Pratt & Whitney F135-PW-100 motor
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument Landing System
L _{Amax}	Det maksimale A-vægtede lydniveau
MIL	Military Power (motorkraft)
NLR	Netherlands Aerospace Centre
NV	Nordvest
AVB	Afvisningsberedskab
SØ	Sydøst
VFR	Visuel Flight Rules

I følgende tabel gives en forklaring på dansk på flere af de engelske udtryk, der bruges igennem rapporten.

ENGELSK BEGREB	DANSK BESKRIVELSE
<u>Afterburner</u>	Efterbrænder, maksimal motorkraft for en jetmotor.
<u>Departure</u>	Fraflyvning, som er flyvefasen efter en take-off eller low approach.
<u>Final Turn</u>	Afsluttende 180 grader nedadgående drej, inden landing.
<u>Instrument Flight Rules</u>	Instrumentflyveregler som anvendes når skydække eller sigt ikke er godt nok til godtvejrskyvning. Det er muligt at flyve efter instrumentflyveregler under gode vejrforhold.
<u>Instrument Landing System</u>	Landingssystem som hjælper piloten med at finde og navigere til landingsbanen.
<u>Low Approach</u>	Anflyvningsprocedure som afbrydes lige inden landingshjulende rammer landingsbanen. På denne måde reduceres risikoen for sprængning af dæk.
<u>Military Power</u>	Maksimal motorkraft uden brug af efterbrænder.
<u>Overhead Break</u>	Anflyvningsprocedure som anvendes under gode vejrforhold, som afsluttes med et kraftigt drej over landingsbanen for at fortsætte til finaledrejet.
<u>Straight-in.</u>	Anflyvningsprocedure direkte mod landingsbanen.
<u>Take-off</u>	Start fra landingsbanen.
<u>Visual Flight Rules</u>	Flyveregler som kun anvendes når vejrforholdene er godt nok til at tillade VFR flyvning (godtvejrskyvning).

1 Introduktion

Der vil i fremtiden befinde sig Lockheed Martin F-35A Lightning II med Pratt & Whitney F135-PW-100 motor (F-35A) kampfly på Flyvestation Skrydstrup. Beboere i nærheden af flyvestationen ville gerne vide, hvordan F-35A opleves. Derfor arrangerede det danske F-35 Fighter Program en demonstrationsflyvning med norske F-35A fly i Danmark for at give lokalbefolkningen en mulighed for at opleve lyden.

Det danske flyvevåben var ligeledes interesseret i lokalbefolkningens oplevelse af lyden fra F-35A. De anmodede derfor om en måling af forskellen i lydopfattelsen mellem en F-35A og en Lockheed Martin F-16A/B Fighting Falcon med en Pratt & Whitney F100-220E motor (F-16). Desuden gav de mulighed for at få foretaget en række støjmålinger omkring flyvestationen for at understøtte demonstrationsflyvningerne. Det danske F-35 Fighter Program bad Dutch Aerospace Center (NLR) om hjælp til at organisere flyvningerne. NLR fokuserede på en undersøgelse til at måle lokalbefolkningens respons og på at understøtte de støjmålinger, der blev udført af Sweco Danmark A/S. Resultaterne af disse målinger blev analyseret af NLR.

1.1 Formålet med undersøgelsen

Formålet med demonstrationsflyvningerne er at give lokalbefolkningen omkring Flyvestation Skrydstrup mulighed for at opleve lyden fra en F-35A og at give indsigt i forskellene mellem lyden fra en F-35A og en F-16.

Hovedformålet med denne undersøgelse var derfor at måle forskellen i lokalbefolkningens lydopfattelse af en F-35A og en F-16 under demonstrationsflyvningerne, samt at måle spidsværdierne på et antal målepunkter i nærheden af Flyvestation Skrydstrup under disse flyvninger.

1.2 Koncept

Under demonstrationsflyvningerne blev der fløjet forskellige flyveveje med de mest almindelige fraflyvnings- og anflyvningsprofiler med F-35A og F-16 fly. De flyveprofiler, der blev fløjet under demonstrationsflyvningen, er også medtaget i støjberegningerne som er beskrevet i reference 1. De flyveprofiler, der blev fløjet under demonstrationsflyvningen, afviger dog fra den modellering af flyveprofilerne, der anvendes i støjberegningerne. Eksempelvis blev en del af flyveprofilerne fløjet i medvind, og nogle af flyveprofilerne med efterbrænder blev ikke, som normalt, gennemført fra stilstand på landingsbanen. Dette blev gjort for at have fraflyvninger og anflyvninger (herunder med efterbrænder) i begge retninger af landingsbanen under demonstrationsflyvningen.

Lokalbefolkningen omkring Flyvestation Skrydstrup kunne opleve lyden og deltage i en undersøgelse af deres lydopfattelse. Spidsniveauerne blev målt med punktmålinger. Derefter blev resultaterne af undersøgelsen og målingerne af støjniveauerne analyseret. De udgør tilsammen grundlaget for de endelige konklusioner fra demonstrationsflyvningerne.

1.3 Læsevejledning

I kapitel 2 i denne rapport beskrives metodologien for og gennemførelsen af demonstrationsflyvningerne og nærværende undersøgelse. Kapitel 3 indeholder yderligere oplysninger om lokalbefolkningens oplevelser af demonstrationsflyvningerne, og i kapitel 4 beskrives gennemførelsen og resultaterne af støjmålingerne. Konklusionerne fra målingerne af lydopfattelsen og støjmålingerne fremgår af kapitel 5.

Rapporten anvender en række begreber og symboler i figurerne. Nogle af disse termer og symboler forklares i de indsatte blå bokse, og i kapitlet *Forkortelser og begreber* findes også en forklaring på flere begreber relateret til de forskellige flyveprofiler, der blev fløjet under perceptionsflyvningen.

Signifikans

Begrebet 'signifikans' anvendes i forbindelse med flere af graferne. Inden for forskningen anvendes begreberne signifikans¹ og signifikant forskel anderledes end i almindelig sprogbrug. I denne rapport betyder en signifikant forskel, at forskellen er en statistisk signifikant forskel, og at den ikke er baseret på tilfældighed. Forskelle, som ikke er signifikante, kan skyldes tilfældigheder. Signifikans siger ikke noget om størrelsen på en forskel, men det indikerer, at der reelt er tale om en forskel. Derfor kan tilsyneladende små forskelle i søjlediagrammet være signifikante, mens tilsyneladende store forskelle ikke nødvendigvis er det.

Spidsværdier

Flyets spidsværdier udtrykkes med lydmålet ' L_{Amax} ' (slow). L_{Amax} i decibel (dB), angiver det maksimale lydniveau, der er målt i forbindelse med en forbiflyvning. Dette niveau korrigeres for at tage højde for det menneskelige øres lydfølsomhed: den såkaldte A-vægtning. Dette vises med angivelsen dB(A). Tilføjelsen (slow) angiver indstillingen af lydmåleren, som definerer, hvor hurtigt måleren skal reagere på meget hurtige variationer i det målte lydniveau. For at indikere, at indstillingen slow er blevet anvendt til en måling, kan forkortelsen $L_{As,max}$ bruges.

Når der i denne rapport refereres til en spidsværdi, er dette L_{Amax} fra en konkret forbiflyvning. Hvor der henvises til en maksimal spidsværdi, er dette den højeste målte L_{Amax} værdi på dagen (dvs. den mest støjende forbiflyvning).

¹ Signifikans er et begreb fra statistikkens verdens. En grundig forklaring på dette begreb kan blandt andet findes på: https://en.wikipedia.org/wiki/Statistical_significance.

2 Resumé af undersøgelsen

Under demonstrationsflyvningerne fløj F-35A og F-16 flyene med 3 til 4 minutters afstand fra hinanden, og de fløj en række forskellige flyveprofiler. Begge fly fløj de samme flyveveje, som indeholdte de mest almindelige fraflyvnings- og anflyvningsprofiler, der vil blive fløjet i fremtiden, når F-35A kommer til Flyvestation Skrydstrup. På den måde fik lokalbefolkningen mulighed for at opleve lyden fra begge fly under forskellige forbiflyvninger. Samtidig kunne spidsværdierne måles.

Demonstrationsflyvningen bestod af to dele. Den første del begyndte, da de norske F-35A ankom. Efter første del landede begge fly, så de kunne tanke op. Derefter begyndte den anden del af demonstrationsflyvningen, hvorefter de norske F-35A fløj tilbage til Norge. Under demonstrationsflyvningen var der to norske F-35A-fly til rådighed, men kun det ene fly deltog i selve demonstrationsflyvningen, mens det andet fly afventede et stykke væk fra flyvestationen.

Dette afsnit beskriver forberedelsen af demonstrationsflyvningen, målingen af lydopfattelsen og målingen af spidsværdier.

Til denne undersøgelse blev der gjort brug af erfaringerne fra de demonstrationsflyvninger, der fandt sted i Holland den 26. maj 2016. Den metode og de erfaringer, der blev gjort under disse flyvninger, blev brugt som grundlag for de danske flyvninger. Metodologien blev dog tilpasset for at tage højde for lokale forhold og ønsker fra lokalbefolkningen. En beskrivelse af fremgangsmåden og resultaterne af den hollandske undersøgelse kan findes i reference 2.

Selv om erfaringerne fra de hollandske flyvninger tages i betragtning, skal det bemærkes, at resultaterne ikke direkte kan sammenlignes med de hollandske resultater, da der eksempelvis kan være forskelle på den måde, lyd opleves på i forskellige lande og endda mellem forskellige lufthavne. Derudover er støjmålingerne fra demonstrationsflyvningerne af ren informativ karakter, og målingerne udføres fra placeringer, der har en anden position i forhold til flyvevejene sammenlignet med de hollandske målinger. Målingerne resulterer i spidsværdier på specifikke målesteder og under lokale (vejr)forhold.

2.1 Beskrivelse af plan for og gennemførelsen af demonstrationsflyvningerne

For at lokalbefolkningen kunne opleve lyden af F-35A og F-16 flyene, var det nødvendigt at lade de to fly flyve samme flyveveje med 3 til 4 minutters afstand. Derudover blev der fløjet forskellige fraflyvnings- og anflyvningsprofiler, så lokalbefolkningen kunne opleve lyden af de mest almindeligt forekommende flyveprofiler. Derfor blev der udarbejdet en beskrivelse af flyveprofilerne. Beskrivelsen af flyveprofilerne beskrev de flyveveje samt fraflyvnings- og anflyvningsprofiler, som flyene skulle flyve under demonstrationsflyvningerne.

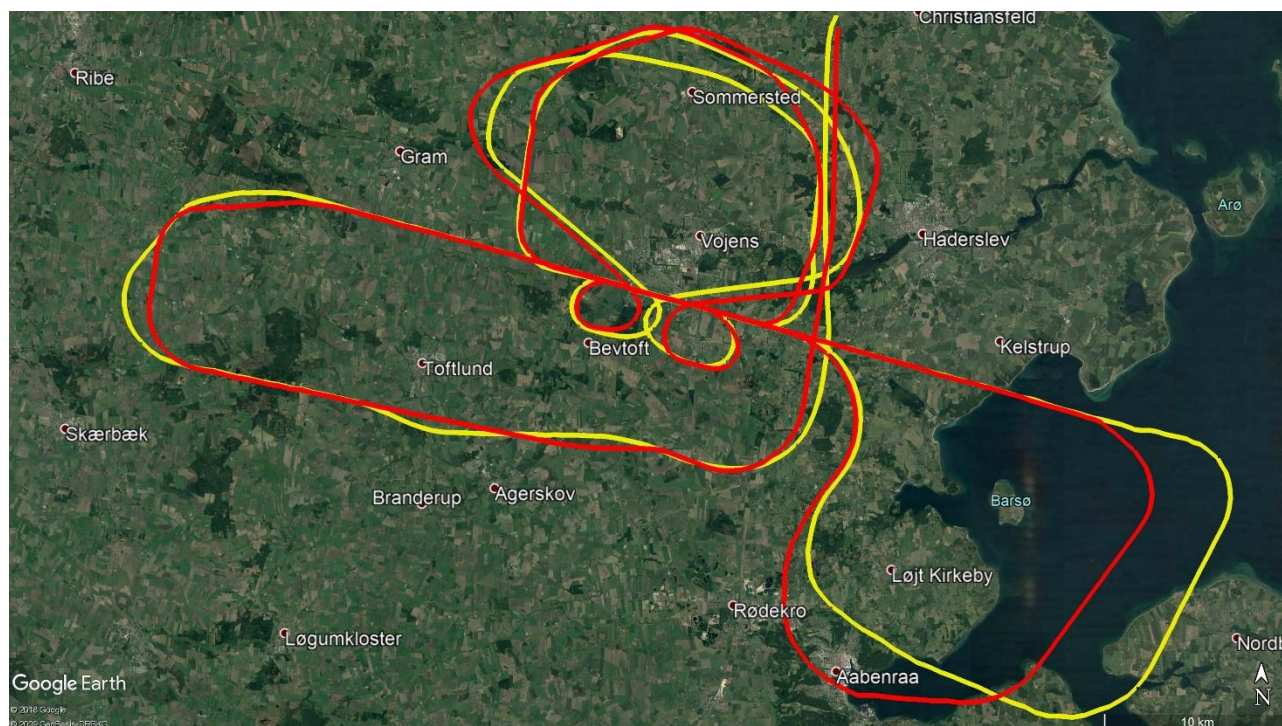
For at opnå den bedst mulige lydoplevelse blev beskrivelsen af flyveprofilerne udformet som følger:

- Beskrivelsen af flyveprofilerne omfattede så mange fraflyvnings- og anflyvningsprofiler som muligt, der tilsammen repræsenterer størstedelen af de flyveprofiler, der årligt flyves omkring Flyvestation Skrydstrup. Eksempelvis bestod beskrivelsen af flyveprofilerne af en fraflyvning med efterbrænder, da disse ofte anvendes af F-16, men den indeholdt ikke en skarp fraflyvningsprofil med afvisningsberedskabet (AVB), fordi disse flyveprofiler sjældent flyves. Derudover indgik en almindeligt brugt flyveprofil ikke i demonstrationsflyvningen.

Det er det såkaldte 'closed circuit', der er en flyveprocedure, hvor et fly flyver en runde tæt på flyvestationen. Denne flyveprocedure blev ikke medtaget i demonstrationsflyvningen, da den kun sjældent vil blive fløjet af F-35A flyene fremadrettet.

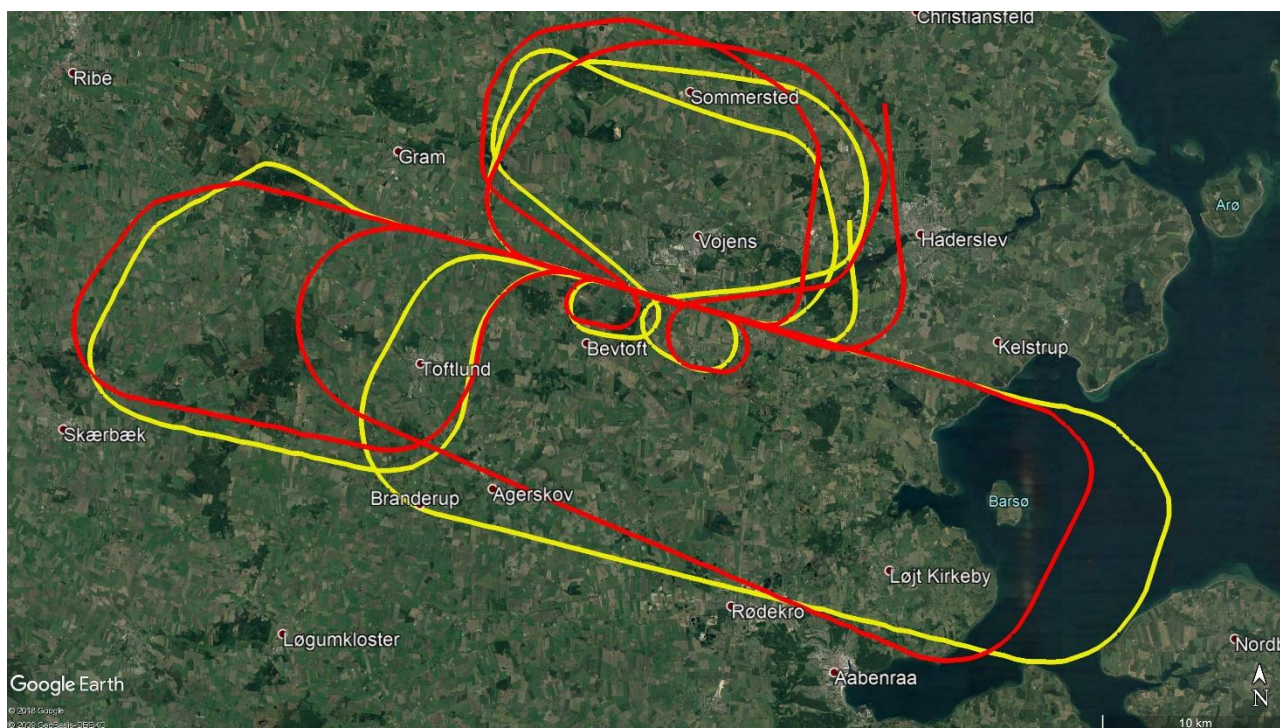
- For at maksimere lokalbefolkningens oplevelse af lyden, blev der foretaget fraflyvninger og anflyvninger i begge retninger af landingsbanen.
- F-35A og F-16 flyene var 3 til 4 minutter fra hinanden for at sikre, at lyden fra det første fly var væk, inden det næste fly passerede.
- F-35A og F-16 flyene fløj fraflyvnings- og anflyvningsprofiler i henhold til de beskrevne procedurer og hastigheder, så lokalbefolkningen kunne danne sig et realistisk billede af flyene. Generelt fulgte de to fly de samme flyveje, selv om der i nogle tilfælde var mindre afvigelser. Derudover kunne flyvehøjden variere mellem de to fly, da F-35A og F-16 har forskellige flyveegenskaber.
- I forbindelse med hver anflyvningsprofil gennemførte flyet en såkaldt "low approach", hvor flyet afbrød landingen lige over landingsbanen og påbegyndte derefter den næste fraflyvningsprofil² (den eneste undtagelse er den full-stop landing, der blev foretaget efter den første del af demonstrationsflyvningen).

I appendix A findes en beskrivelse af hver fraflyvnings- og anflyvningsprofil, der flyves på Flyvestation Skrydstrup. Figur 1 og Figur 2 viser flyvevejene for begge dele af demonstrationsflyvningen. F-35A flyets flyvej er vist med en rød linje, mens F-16 flyets flyvej er vist med en gul linje.



Figur 1: Fraflyvnings- og anflyvningsprofiler for første del af demonstrationsflyvningen (F-35A rød, F-16 gul)

² Det betyder, at en low approach faktisk refererer til en fraflyvningsprofil.



Figur 2: Fraflyvnings- og anflyvningsprofiler for anden del af demonstrationsflyvningen (F-35A rød, F-16 gul)

Den første mulighed for at gennemføre demonstrationsflyvningerne var den 22. maj 2019. Da vejrudsigten viste, at vejret ville være godt nok til at gennemføre flyvningerne, blev de gennemført denne dag. Flyvningens første del begyndte ca. kl. 15:15 lokal tid, og den blev afsluttet ca. kl. 15:55. Efter tankning af flyene begyndte den anden del ca. kl. 17:00, og demonstrationsflyvningen sluttede ca. kl. 17:45.

Flyvningerne blev overvåget med radar. Disse radarinformationer blev anvendt under flyvningen til at holde piloterne informeret om flyvningens forløb og for at sikre den rette afstand mellem de to fly. Radardataene blev lagret og brugt efter flyvningen til at knytte deltagernes svar på undersøgelsen til de specifikke forflyvninger og til at analysere resultaterne af støjmålingerne i nærmere detaljer. Afsnit 3.3 beskriver disse analyser.

De første resultater blev præsenteret for lokalbefolkningen og medierne dagen efter flyvningen (se reference 3 for præsentationerne). Denne rapport indeholder mere detaljerede resultater, og resultaterne af undersøgelsen afviger endvidere en smule fra de første resultater, da disse ligeledes indeholder resultaterne af undersøgelser, der først blev afsluttet om aftenen efter flyvningen. Disse resultater var ikke medtaget i de første analyser, da disse analyser blev påbegyndt kort efter afslutningen på flyvningen.

2.2 Måling af lydopfattelsen

Demonstrationsflyvningerne gav lokalbefolkningen mulighed for at sammenligne lyden af en F-35A med en F-16. For at få indsigt i deres lydopfattelse blev lokalbefolkningen anmodet om at deltage i denne undersøgelse. Lokalbefolkningen kunne registrere sig på webstedet 'www.f-35iluften.dk' og deltage ved at udfylde et spørgeskema online.

Hjemmesiden blev også brugt til at informere lokalbefolkningen om demonstrationsflyvningerne og lydopfattelsesundersøgelsen før flyvningen fandt sted (se appendix B). På hjemmesiden kunne man finde:

- Formålet med undersøgelsen,
- Oplysninger om støjmålingspunkter og
- Resultater af lydopfattelsesundersøgelsen (efter demonstrationsflyvningen).

Derudover kunne lokalbefolkningen registrere sig på hjemmesiden for at deltage i undersøgelsen.

Udover de tilgængelige oplysninger på hjemmesiden, kunne lokalbefolkningen også deltage i et informationsmøde om aftenen den 8. maj 2019. På informationsmødet blev lokalbefolkningen informeret om gennemførelsen af demonstrationsflyvningerne, undersøgelsen og støjmålingspunkterne.

De lokale indbyggere, der registrerede sig for at deltage i undersøgelsen, modtog en e-mail med en adgangskode, der gav adgang til deres personlige online-undersøgelse. I perioden op til demonstrationsflyvningerne fandt sted kunne deltagerne øve sig i at udfylde undersøgelsen. Undersøgelsen indeholdt bl.a. en lydprøve med tilhørende spørgsmål, som deltagerne kunne øve sig på.

Undersøgelsen bestod af spørgsmål om deltagerens opfattelse af hver forbiflyvning samt nogle baggrundsspørgsmål (se Appendix C). I forhold til lydopfattelsen besvarede deltagerne spørgsmålet: "Hvordan var lyden af det fly, der lige er fløjet forbi, i forhold til den lyd, du hører til dagligt?"

Hvordan var lyden af det fly, der lige er fløjet forbi, i forhold til den lyd, du hører til dagligt?

Dybere	--	-	0	+	++	Højere
Svagere	--	-	0	+	++	Kraftigere
Svagere vibration	--	-	0	+	++	Stærkere vibration

Deltagerne blev bedt om at angive, om lyden af et forbigående fly var dybere - højere, svagere - kraftigere og svagere - stærkere vibrerende i forhold til den lyd, de oplever til daglig. Deltagerne kunne angive deres svar på en fempunktsskala, som muliggjorde sammenligning af svarene fra alle deltagere. Deltagerne kunne bedømme hver forbiflyvning.

Ud fra en antagelse om, at deltagerne kender lyden fra et F-16 fly nær Flyvestation Skrydstrup, var det forventet, at opfattelsen af F-16 flyet ikke ville afvige meget fra "den lyd, som en deltager hører til daglig." De specifikke forhold på testdagen kan dog resultere i små forskelle i forhold til gennemsnitssituationen. Det kan f.eks. skyldes vejrforholdene og det, at flyene foretog fraflyvninger og anflyvninger i medvind, hvilket normalt sker i modvind. Dette blev gjort for at have fraflyvninger og anflyvninger i begge baneretninger. Derudover blev der ikke fløjet flyveprofiler, hvori der indgik flere fly samtidigt. Dette valg blev truffet, da flyene i så fald skulle flyve for tæt på hinanden, ligesom det ikke ville være muligt at udføre støj- og lydopfattelsesmålinger af de individuelle forbiflyvninger. Da dette sker under normale forhold på flyvestationen, kan det påvirke lydopfattelsen af F-16 flyet i forhold til den normale situation.

Som tidligere nævnt, kunne alle fra lokalbefolkningen omkring flyvestationen, som var villige til at deltage i undersøgelsen, registrere sig via hjemmesiden ' www.f-35iluften.dk '. Flyvevåbnet søgte at få så bred deltagelse i undersøgelsen som muligt og besluttede sig for at udstede en åben invitation til hele lokalbefolkningen med muligheden for at deltage. Det blev ikke undersøgt, om deltagerne udgjorde et repræsentativt udsnit af lokalbefolkningen, og resultaterne af undersøgelsen gælder derfor kun for deltagerne og ikke for den samlede population af lokalbefolkningen. Som det fremgår af afsnit 3.2, var deltagerne imidlertid geografisk godt spredt i området omkring flyvestationen.

Efter demonstrationsflyvningerne blev resultaterne analyseret. Først blev deltagernes besvarelser af undersøgelsen knyttet til de forskellige forbiflyvninger ved hjælp af oplysninger om deltagernes og flyenes placering. Da respondenterne angav deres placering, var tidspunktet for deltagernes svar kendt, og da det ligeledes var kendt, hvor flyene befandt sig på et hvilket som helst tidspunkt under flyvningerne, var det muligt at knytte hvert svar til en forbiflyvning.

2.3 Måling af spidsværdier

Formålet med demonstrationsflyvningerne og denne undersøgelse er at give lokalbefolkningen omkring Flyvestation Skrydstrup en mulighed for at opleve lyden fra F-35A fly og give dem en forståelse af forskellen i lyd mellem en F-35A og en F-16. For at give lokalbefolkningen så udførlig en oplevelse som muligt, blev der fløjet en række fraflyvnings- og anflyvningsprofiler, som tilsammen udgør størstedelen af de flyveprofiler, der årligt flyves omkring Flyvestation Skrydstrup. Flyveprofilerne blev fløjet i begge retninger af landingsbanen.

Det betød samtidig, at der var visse begrænsninger på målingen af spidsværdier under demonstrationsflyvningerne. Gennemførelsen af flyvninger i begge retninger betød for eksempel, at flyene lettede og landede i medvind i godt halvdelen af tilfældene, selv om de normalt kun letter og lander i modvind. Under fraflyvninger i medvind stiger flyet langsommere, og ved anflyvninger i medvind vil piloten sandsynligvis være nødsaget til at udføre flere korrektioner med gashåndtaget, som fører til flere variationer i motorkraften.

Derudover havde flyene forholdsvis meget brændstof om bord, især i begyndelsen af den anden del af demonstrationsflyvningen. Derfor var flyene tungere ved anflyvningerne i den indledende fase, hvor der derfor var behov for ekstra motorkraften og potentielt flere korrektioner, hvilket kunne resultere i højere støjniveauer under anflyvningen. På den anden side var flyene relativt lette ved fraflyvning i den sidste del af den første flyvning, hvilket kunne føre til lavere støjniveauer for fraflyvninger i denne del af demonstrationsflyvningen. Endelig blev flyvningen udført af mennesker, hvilket kunne medføre forskelle på de flyveveje, der blev fløjet. Alle disse forhold kan medføre variationer i spidsværdierne. Disse kan både være forskelle i forhold til den normale situation og forskelle mellem forbiflyvninger af F-16 og F-35A flyene, som ikke skyldes forskelle i de to flys flyveegenskaber.

Spidsværdien (L_{Amax}) er et almindeligt anvendt mål til at udtrykke støjniveauet fra en individuel flyvning. De målte spidsværdier udtrykkes i A-vægtet decibel, også angivet som dB(A). Denne enhed anvendes over hele verden til at beskrive støjniveauer fra fly (se reference 4 for flere detaljer).

Under demonstrationsflyvningen blev der udført støjmålinger af Sweco Danmark A/S for at måle spidsværdierne objektivt på syv målepunkter omkring Flyvestation Skrydstrup. Placeringerne af målepunkterne var udpeget af lokalbefolkningen. Til denne undersøgelse blev der udført punktmålinger. Punktmålinger resulterer i spidsværdier på et specifikt målepunkt og under de lokale (vejr)forhold. Det betyder, at målingerne ikke giver indsigt i spidsværdierne andre steder, og det er derfor ikke muligt at overføre måleresultaterne til lydopfattelsen hos personer, der ikke var på målestedet.

Det er ønskeligt at begge fly måles under samme betingelser, så der kan foretages en ordentlig sammenligning mellem de to fly. Men målingen af spidsværdier under lydopfattelsesmålinger har visse begrænsninger. For eksempel kan der forekomme afvigelser som følge af forskelle i temperatur, lufttryk, fugtighed, vindhastighed og vindretning. Afvigelser kan også skyldes forskelle i flyveveje, hvis afstanden og højden mellem målepunktet og flyet er forskellige.

Målingerne blev udført med støjmålere³ af god kvalitet og med indstillinger til måling af flystøj. Under målingerne blev spidsværdierne fastlagt og gemt af støjmålerne. Observatører registrerede tidspunktet for en forbiflyvning og opførte det i en journal. Disse observatører registrerede også andre observationer, såsom tilstedeværelsen af baggrundsstøj fra forbipasserende trafik. Oplysningerne blev anvendt i de analyser, der lå til grund for de første resultater, der blev præsenteret dagen efter demonstrationsflyvningerne.

I forbindelse med de endelige resultater blev der foretaget tre yderligere former for verifikation. På baggrund af radardataene blev tiderne for alle forbiflyvninger fastlagt igen for at sikre, at det korrekte fly blev detekteret. Optagelserne af alle relevante forbiflyvninger blev genafspillet for at kontrollere for evt. baggrundsstøj, der kunne påvirke målingen. Det blev også kontrolleret, om flyene fløj i samme afstand og højde fra støjmålerne under forbiflyvningen. De verificerede resultater er nærmere beskrevet i afsnit 4.2 og angives separat for hvert målepunkt i Appendix F.

Endelig bemærkes det, at målingerne foretaget under demonstrationsflyvningerne er af informativ karakter. Målingerne repræsenterer ikke støjniveauerne som udtrykt i årlige støjkonturer og må ikke anvendes i en en-til-en-sammenligning med andre data. Støjmålingerne er ikke egnede som input til modeller til beregning af støj fra fly. Der er særlige standarder, som er beregnet til at beskrive de krav, der skal overholdes i forbindelse med indsamling af data til støjbergningsmodeller, såsom ANSI S12.75 (se reference 5), der giver anbefalinger til denne type af målinger af højtydende militære kampfly. Hvis anbefalingerne i ANSI S12.75 overholdes, kan resultaterne af målingerne reproduceres. ANSI S12.75 standarden omhandler alle de relevante forhold, der har indflydelse på egenskaberne for lydkilden, lydudbredelse og mikrofonen. De støjmålinger, der er foretaget under demonstrationsflyvningerne, overholder ikke denne standard.

³ Til disse målinger anvendes SVAN 959 og SVAN 979 støjmålere.

3 Lydopfattelsesresultater

Under demonstrationsflyvningerne udfyldte deltagerne et spørgeskema om deres oplevelse af lyden fra forbiflyvningerne af F-35A og F-16 flyene. I dette kapitel beskrives forskellen i opfattelse af lyden fra de to flytyper. Herunder præsenteres forskellene i lydoplevelsen mellem flyene.

3.1 Undersøgelsens målsætning

Denne undersøgelse undersøgte de lydegenskaber, der er vigtige for opfattelsen af lyd. Derudover vurderede undersøgelsen de forskellige flyveprofilers indflydelse på lydopfattelsen. Til det formål er følgende spørgsmål blevet undersøgt:

1. Er der forskel på hvor høj lydfrekvensen på de to flytyper opleves?
2. Er der forskel på hvor høj lydstyrken (volumen) på de to flytyper opleves?
3. Er der forskel på hvor stærkere vibrationerne fra lyden på de to flytyper opleves?

Hver forskel testes for statistisk signifikans. Signifikans betyder i denne sammenhæng, at man med 95% sikkerhed kan konkludere, at lydoplevelsen fra et fly adskiller sig fra det andet fly. Afsnit 1.3 indeholder en mere detaljeret beskrivelse af, hvordan udtrykkene signifikans og signifikant anvendes i denne rapport.

3.2 Population

Der var 471 personer, som registrerede sig til at deltage i undersøgelsen i forbindelse med demonstrationsflyvningerne. Af disse deltog 245 personer i spørgeskemaundersøgelsen. Der kan være flere årsager til, at der er forskel på antallet af personer, der tilmeldte sig og antallet af personer, der deltog. Eksempelvis kan nogle have tilmeldt sig for at modtage informationer om demonstrationsflyvningerne uden at have haft til hensigt at deltage. For 87 af deltagere var deres data ikke var brugbare, da deres spørgeskemaer ikke blev udfyldt korrekt. I alt blev data fra 158 deltagere analyseret. Én deltager gennemførte spørgeskemaundersøgelsen på papir. I gennemsnit vurderede hver deltager 6,5 af de i alt 32 forbiflyvninger, som F-16 og F-35A flyene gennemførte tilsammen.

3.2.1 Undersøgelsens deltagere

Tabel 1 viser fordelingen af undersøgelsens deltagere omkring Flyvestation Skrydstrup.

Tabel 1: Deltagernes placering omkring Flyvestation Skrydstrup

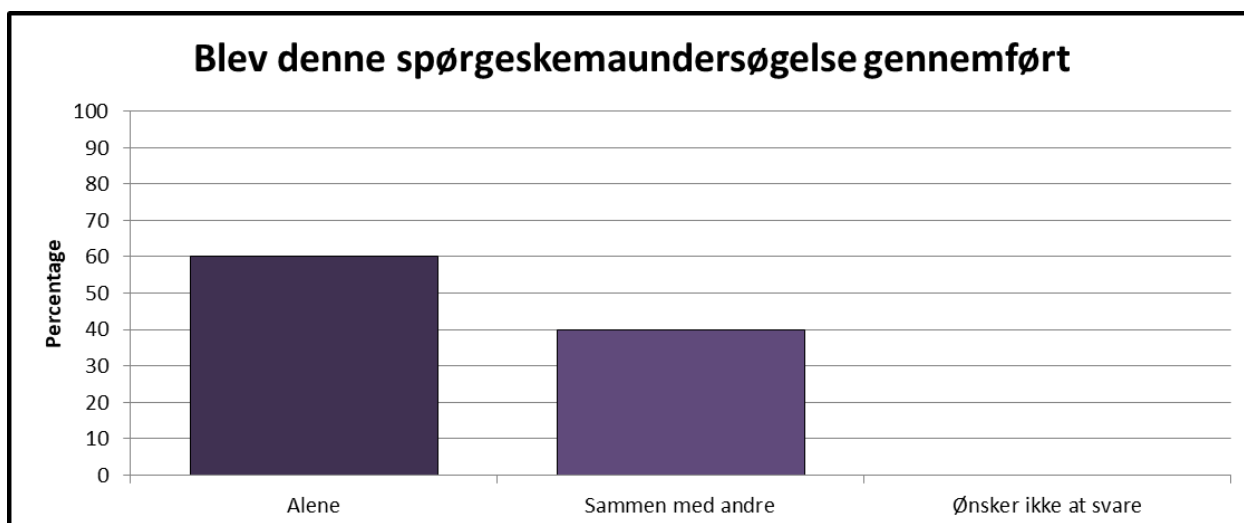
Deltagere fra Skrydstrup / Uldal	46
Deltagere fra Vojens	20
Deltagere fra Bevtøft	7
Deltagere fra Over Jerstal	25
Deltagere fra Vedsted / Høgelund / Ustrup / Vedbøl	17
Deltagere fra Marstrup / Haderslev	8
Deltagere fra Gabøl / Åbøl / Ålkær	7
Deltagere fra andre byer	28

Figur 3 viser, hvor deltagerne befandt sig på tidspunktet for demonstrationsflyvningerne. De befandt sig i de fleste tilfælde på deres bopæl.



Figur 3: Procentdel af deltagere efter lokationstype

Figur 4 viser, hvor mange deltagere der gennemførte undersøgelsen alene eller sammen med andre, for eksempel med deres ægtefælle eller i et klasseværelse. Ca. 40 procent af deltagerne gennemførte undersøgelsen sammen med andre.



Figur 4: Procentdel af deltagere efter der gennemførte undersøgelse alene eller sammen med andre

3.2.1.1 Databehandling

Der blev modtaget og behandlet spørgeskemaer fra alle deltagere. Alle undtagen én deltager udfyldte spørgeskemaerne i deres webbrowser. Denne undtagelse var en deltager, der indsendte en e-mail med en beskrivelse af hans/hendes opfattelse af støjen. Desværre var beskrivelsen ikke af samme format som de andre spørgeskemaer (tid samt vurdering på tre forskellige skalaer). Vurderingerne fra denne deltager kunne derfor ikke medtages i den statistiske analyse. Hans/hendes subjektive vurdering blev imidlertid medtaget i analysen af svarene på de åbne spørgsmål.

For at kunne behandle vurderingerne af lydoplevelsen fra flyene, blev kun de svar medtaget, der blev indsendt på et tidspunkt, hvor en F-16 eller F-35A var i nærheden af deltageren. Der var flere deltagere, som (også) besvarede spørgsmål på tidspunkter, hvor der ikke var nogle fly i nærheden. Disse svar blev ignoreret.

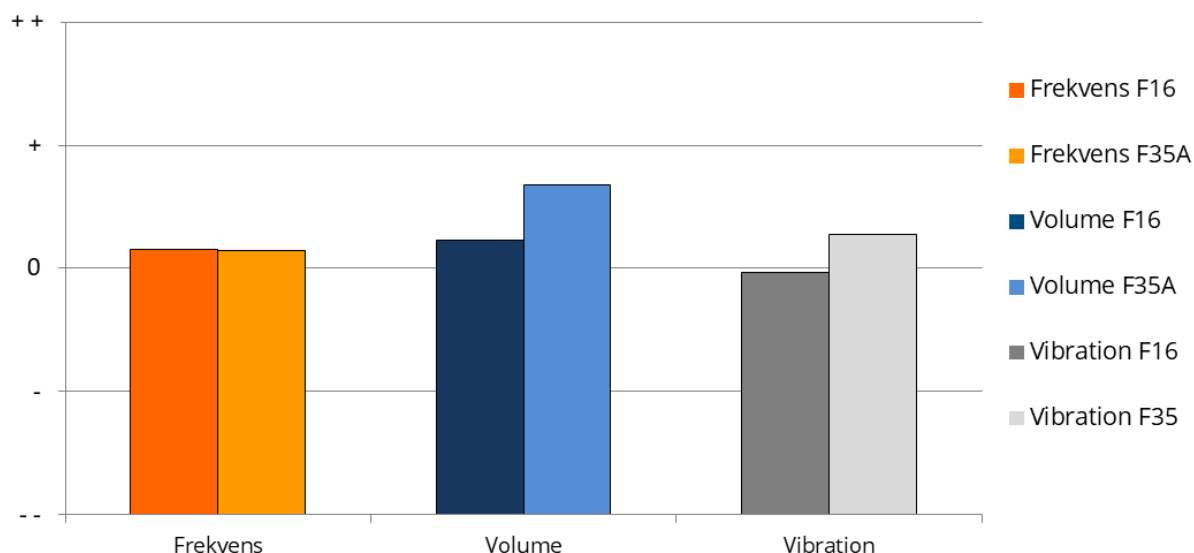
De gennemsnitlige scorer blev visualiseret i histogrammer og søjlediagrammer. Yderligere statistiske tests blev gennemført for at kontrollere for signifikante forskelle.

3.3 Resultater af lydopfattelsesundersøgelsen

For at måle lydopfattelsen af hver forbiflyvning, blev spørgsmålet "Hvordan var lyden af det fly, der lige er fløjet forbi, i forhold til den lyd, du hører til dagligt?" besvaret af de enkelte deltagere under demonstrationsflyvningerne. Deltagerne besvarede onlineundersøgelsen umiddelbart efter hver forbiflyvning. Svarene blev indsamlet efter hver flyvning. Derefter blev svarene koblet sammen med de korrekte forbiflyvninger. I dette afsnit beskrives deltagernes svar og undersøgelsens resultater. Appendix A beskriver forbiflyvningerne i nærmere detaljer, og Appendix D viser resultaterne i en tabel, hvori er inkluderet den statistiske signifikans pr. forbiflyvning.

3.3.1 Resumé af lydopfattelsen

Hvordan oplevede du lyden i forhold til den lyd du normalt oplever?



Figur 5: Resumé, gennemsnittet af alle vurderinger.

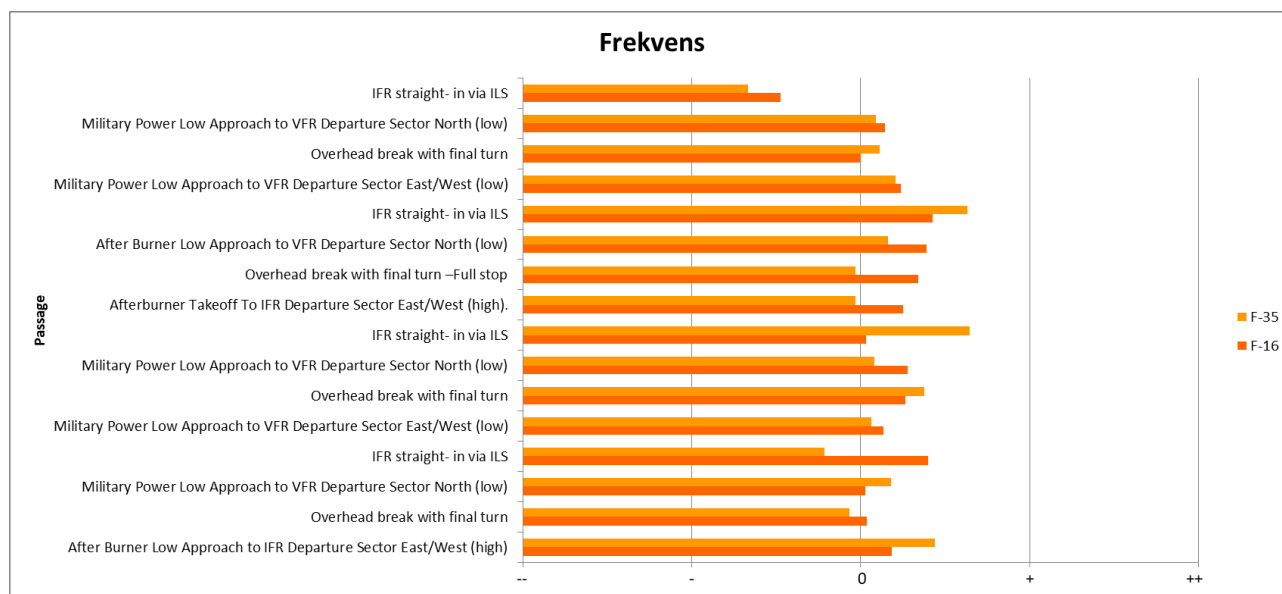
Figur 5 viser det samlede billede, gennemsnittet af alle vurderinger fra alle flyenes forbiflyvninger. Vurderingerne ligger en smule over 0, hvilket indikerer, at lyden fra begge fly blev opfattet lidt højere, kraftigere og mere vibrerende end normalt.

Lydfrekvensen blev oplevet ensartet på begge fly. Lyden fra F-35A flyet blev dog bedømt som kraftigere end fra F-16 flyet. Det oplevede vibrationsniveau fra F-35A flyet var ligeledes stærkere end vibrationsniveauet fra F-16 flyet. Statistisk set var der forskelle mellem flyene både i forhold til lydstyrken (volumen) og vibrationsniveau. Det vil sige, at der er en 95% sandsynlighed for, at de oplevede forskelle ikke skyldes tilfældigheder.

Den overordnede konklusion er, at de konstaterede forskelle blev opfattet som små.

3.3.2 Opfattelsen af de forskellige forbiflyvninger

Deltagerne vurderede, hvor højt de opfattede lyden per forbiflyvning. Figur 6 giver et overblik over, hvor høje eller dybe lydfrekvenserne ved hver forbiflyvning blev opfattet. Figuren viser, at vurderingerne ved hver forbiflyvning og flytype ikke ligger langt fra hinanden. Da små forskelle kan skyldes tilfældigheder, blev forskellene statistisk undersøgt nærmere. Ingen af forbiflyvningerne opnåede statistisk signifikans. Det vil sige, at alle de forskelle, der er vist i grafen og i Appendix D, kan skyldes tilfældigheder.

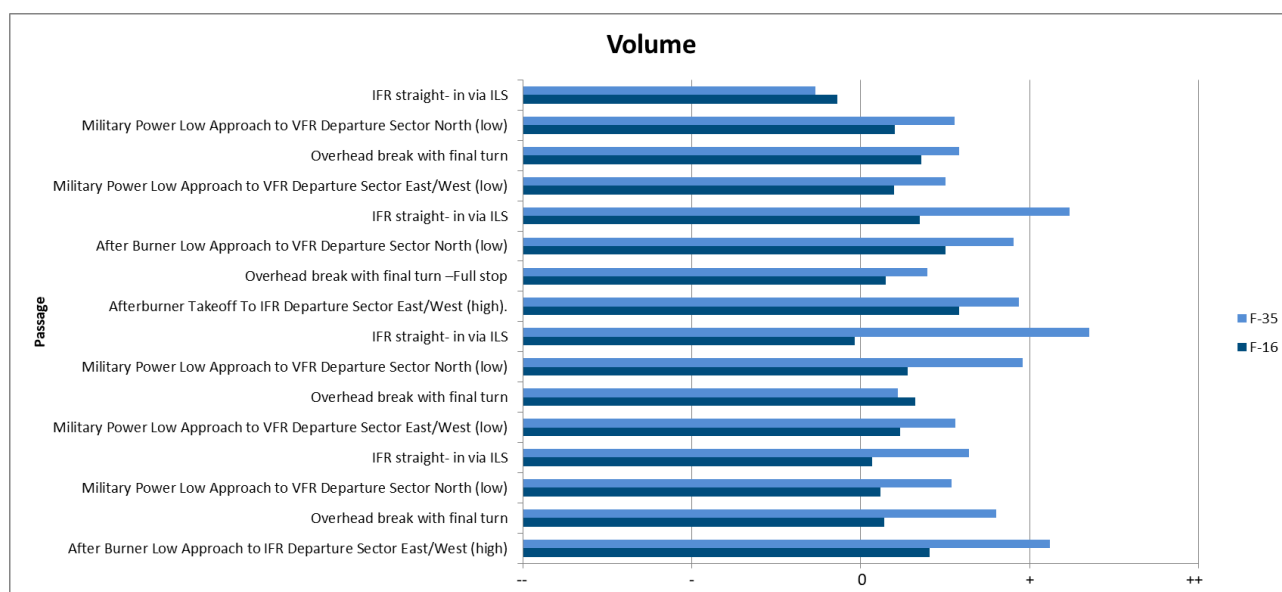


Figur 6: Lydopfattelse ved hver forbiflyvning: hvor høj var lyden?

Figur 7 viser, hvor kraftigt lyden blev opfattet. Figuren viser, at der for nogle forbiflyvninger var klare forskelle mellem flytyperne. Da små forskelle kan skyldes tilfældigheder, blev forskellene statistisk undersøgt nærmere. For de følgende fem forbiflyvninger blev lyden af F-35A oplevet statistisk signifikant kraftigere end lyden af F-16:

- After Burner Low Approach to IFR Departure Sector East/West (high) (én gang)
- Overhead break with final turn (én gang)
- Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low) (én gang)
- IFR straight-in via ILS (to gange)

Det vil sige, at der er 95% sandsynlighed for, at forskellene mellem disse flyveprofiler ikke skyldes tilfældigheder (se Appendix D for de præcise tal).

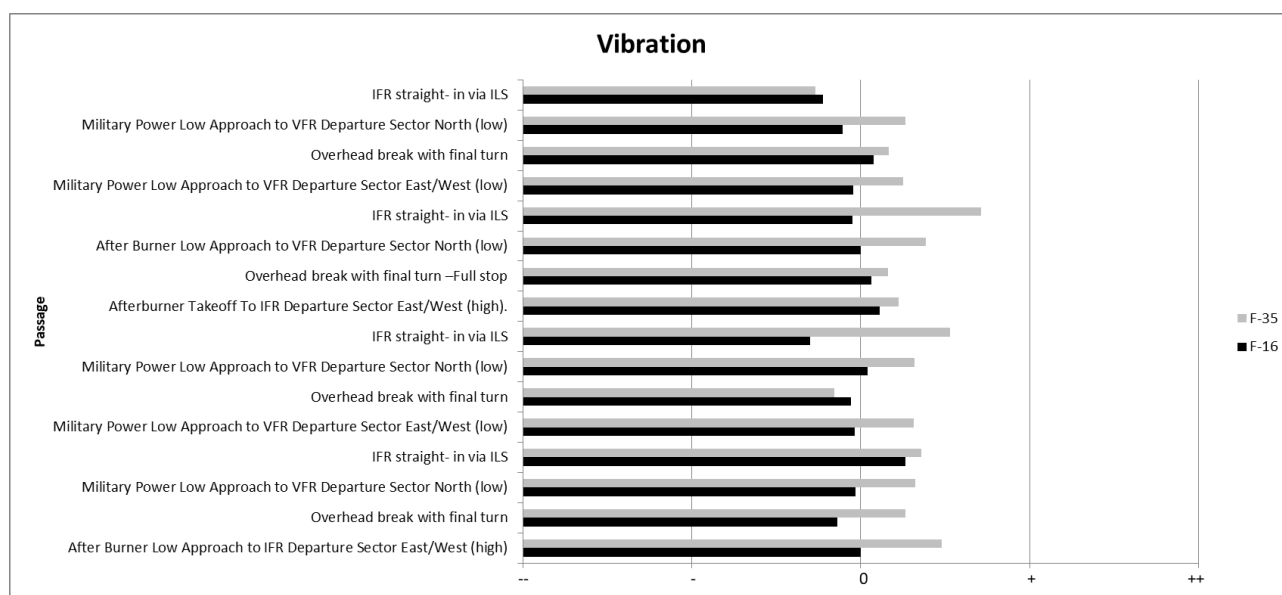


Figur 7: Lydopfattelse ved hver forbiflyvning: hvor kraftig var lyden?

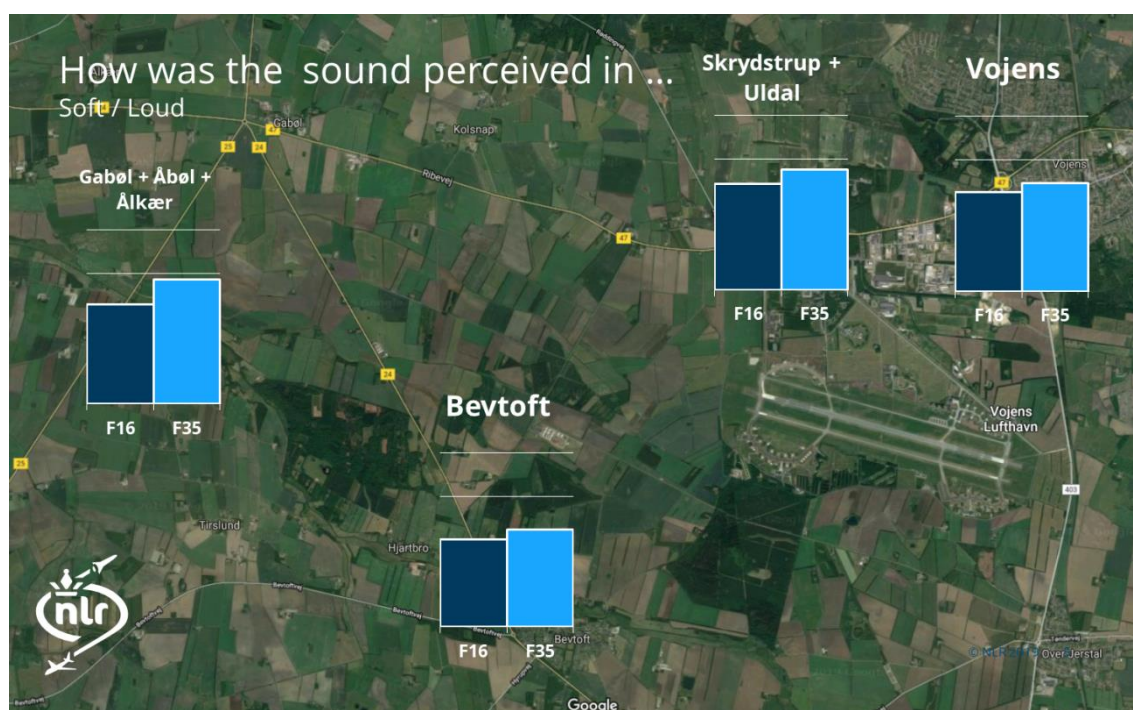
Figur 8 viser, hvordan vibrationsniveauerne ved lyden blev opfattet. Vurderingerne af de forskellige forbiflyvninger og flytyper ligger generelt ikke langt fra hinanden. Da små forskelle kan skyldes tilfældigheder, blev forskellene statistisk undersøgt nærmere. For de følgende tre forbiflyvninger blev vibrationerne fra F-35A oplevet statistisk signifikant stærkere end vibrationerne fra F-16:

- After Burner Low Approach to IFR Departure Sector East/West (high) (én gang)
- IFR straight in via ILS (to gange)

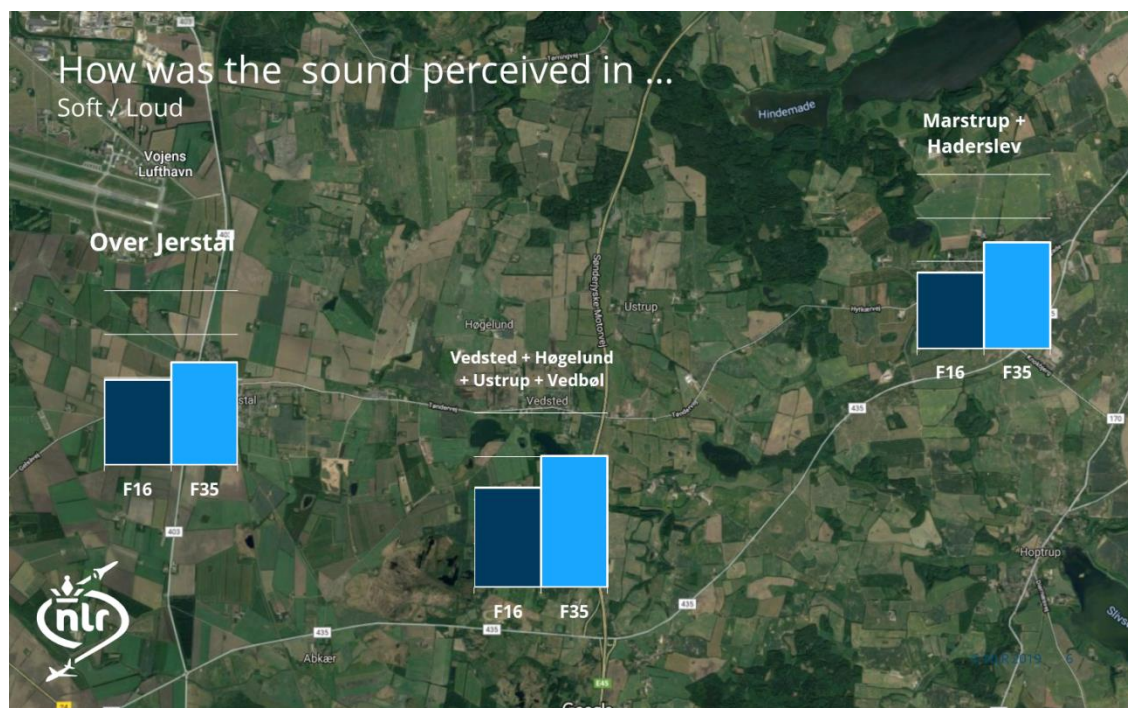
Det vil sige, at der er 95% sandsynlighed for, at forskellene mellem disse flyveprofiler ikke skyldes tilfældigheder (se Appendix D for de præcise tal).



Figur 8: Lydopfattelse ved hver forbiflyvning: hvor stærke var vibrationerne?



Figur 9: Lydopfattelse ved hver by nord og vest for flyvestationen: Hvor kraftig var lyden?



Figur 10: Lydopfattelse ved hver by syd og øst for flyvestationen: Hvor kraftig var lyden?

Figur 9 og Figur 10 viser, hvor kraftigt lyden fra flyene blev opfattet i beboelsesområderne omkring Flyvestation Skrydstrup. Det blev analyseret, hvor kraftigt deltagerne vurderede lyden ved at tage gennemsnittet af alle vurderinger for F-16 og alle vurderinger for F-35A for hver by. Figuren viser, at der var en tendens til at bedømme lyden af F-35A som lidt kraftigere end F-16.

3.3.3 Fortolkning af lydopfattelsen

Forskellene mellem F-35A og F-16 blev vurderet som små. Generelt var F-35A kraftigere end F-16. Dette er ingen overraskelse, da F-35A vejer mere og har en kraftigere motor end F-16. Der blev identificeret signifikante forskelle for enkelte af forbiflyvningerne. Der var dog ingen forbiflyvninger, eller grupper af forbiflyvninger, som kunne tilskrives flertallet af forskellene. Eksempelvis stod en af IFR straight-in via ILS forbiflyvningerne for den største forskel i opfattelsen af lydstyrken (volumen) fra begge fly, mens andre forbiflyvninger med samme flyveprofil ikke resulterede i nogen signifikant forskel.

Deltagerne oplevede ingen signifikant forskel i lydstyrken på begge fly ved fraflyvning med efterbrænder. F-35A flyet accelererer med sin kraftige motor meget hurtigere end F-16 flyet, hvilket gør det muligt for F-35A at slukke efterbrænderen tidligere og at have en stejlere opstigning. Dette kan på nogle placeringer resultere i mindre støj for de beboere, som bor under flyvevejen.

Deltagerne vurderede i gennemsnit 6,5 forbiflyvninger, mens flyene i alt foretog 32 forbiflyvninger. Det kan forklares med, at de fleste af deltagerne ikke bor så tæt på flyvestationen, at de kunne høre alle forbiflyvninger. De fleste deltagere havde ikke mulighed for at høre dem alle. Flere har muligvis kun hørt en eller to forbiflyvninger.

I gennemsnit blev lydene fra begge fly som lidt højere, kraftigere og mere vibrerende end normalt. Der er mange potentielle årsager til et sådant resultat. Eksempelvis vejrforholdene, eller det forhold, at deltagerne var stærkt fokuse-

rede på lyden i forhold til i hverdagen. Undersøgelsen havde ikke desto mindre til formål at undersøge forskellene mellem de to fly under forhold, der kan sammenlignes med normale hverdagssituationer. Og det blev opnået.

3.3.4 Bemærkninger fremsat af deltagerne

Efter at have vurderet lydene blev deltagerne også bedt om at give yderligere kommentarer. Generelt angik en hel del af bemærkningerne det, at flyene ikke, efter deltagerens opfattelse, fløj som normalt. Det kan skyldes forskellige faktorer, såsom:

- Closed circuit-proceduren blev ikke fløjet under demonstrationen. Det blev besluttet, da F-35A ikke kommer til at flyve denne procedure særligt ofte i fremtiden, og fordi udelukkelsen af denne flyveprofil fra demonstrationsflyvningen gav mere tid til flyveprocedurer, som faktisk vil blive fløjet af F-35A i fremtiden. Det betyder, at folk, der bor i det område, hvor closed circuit-procedurerne normalt flyves, kan have oplevet lavere støjni-veauer, end de er vant til.
- Der blev ikke fløjet nogen flyveprofiler med flere fly samtidig. Dette valg blev truffet, da flyene i så fald skulle flyve for tæt på hinanden, og da det ikke længere ville være muligt at udføre støj- og lydopfattelsesmålinger af de individuelle forbiflyvninger.
- Halvdelen af flyveprofilerne blev udført i medvind. Det blev gjort for at sikre, at beboerne både kunne opleve lyden fra anflyvninger og fraflyvninger. Da flyene normalt flyver i modvind, kan medvindsflyveprofilerne dog have lydt anderledes end normalt.
- Bemærk, at de fleste vurderinger lå omkring 0, hvilket indikerer, at forskellen fra den lyd, der normalt høres, er ganske lille.

Nogle af de modtagne kommentarer er angivet herunder for at give et indtryk af, hvad deltagerne synes om demonstrationsflyvningen.

“Det var super professionelt udført, tak for denne mulighed. Jeg kunne godt høre forskel, F35 larmer lidt mere, men det vil ikke genere mig mere end en F16, hvis man kan gå ud fra at de flyver tilsvarende. Generelt overraskende lidt forskel her i Vedsted ift. den mediedækning, der har været omkring sagen.”

“Vi synes ikke de larmede som de plejer at kunne, de var ikke i fuld fart, vores hund plejer at hyle, når de larmer meget og det gjorde den kun en lille smule i 7. og 15. flyvning. Slet ikke larm som det kan være!”

“Der hvor jeg bor kunne vi ikke høre alle fly og heller ikke høre ret meget forskel på de to flytyper, larmen var mindre end jeg regnede med.”

“F35 som kom forbi først kommer med en anden lyd end normalt ved F16, Men ikke noget der chikanerer.”

“Et flot fly, larmer ikke mere end F 16 i det område jeg var.”

“Hvordan flyene virkelig flyver. De fløj ikke på noget tidspunkt som vi normalt oplever det. De larmede heller ikke tilnærmelsesvis på samme måde. Så for mig har denne test været rent til grin, den har overhovedet ikke vist et rigtigt billede af hvordan flyvningerne normalt foregår.”

“Forbiflyvninger er foregået i færre områder som normalt.”

“Vi bor i flyruten for afvisningsflyene. Flyene har ikke været så tæt på eller fløjet med den kraft i dag. Vores vinduer har ikke klirret. Så ved ikke hvordan det bliver med F-35”

“At flyene ikke fulgte samme bane og desuden fløj i forskellige højder. Hvilket gør sammenligningen umulig! Dernæst fløj de med lavere hastighed, end de plejer og der er normal max 2 min mellem flyene.”

4 Støjniveauer

I tillæg til undersøgelsen af lydopfattelsen blev der foretaget støjmålinger under demonstrationsflyvningerne for at give en indsigt i de spidsværdier, der produceres af F-35A og F-16 flyene. Støjmålingerne omtales også som punktmålinger. Punktmålinger resulterer i spidsværdier på et specifikt målepunkt og under de lokale (vejr)forhold.

4.1 Målepunkter

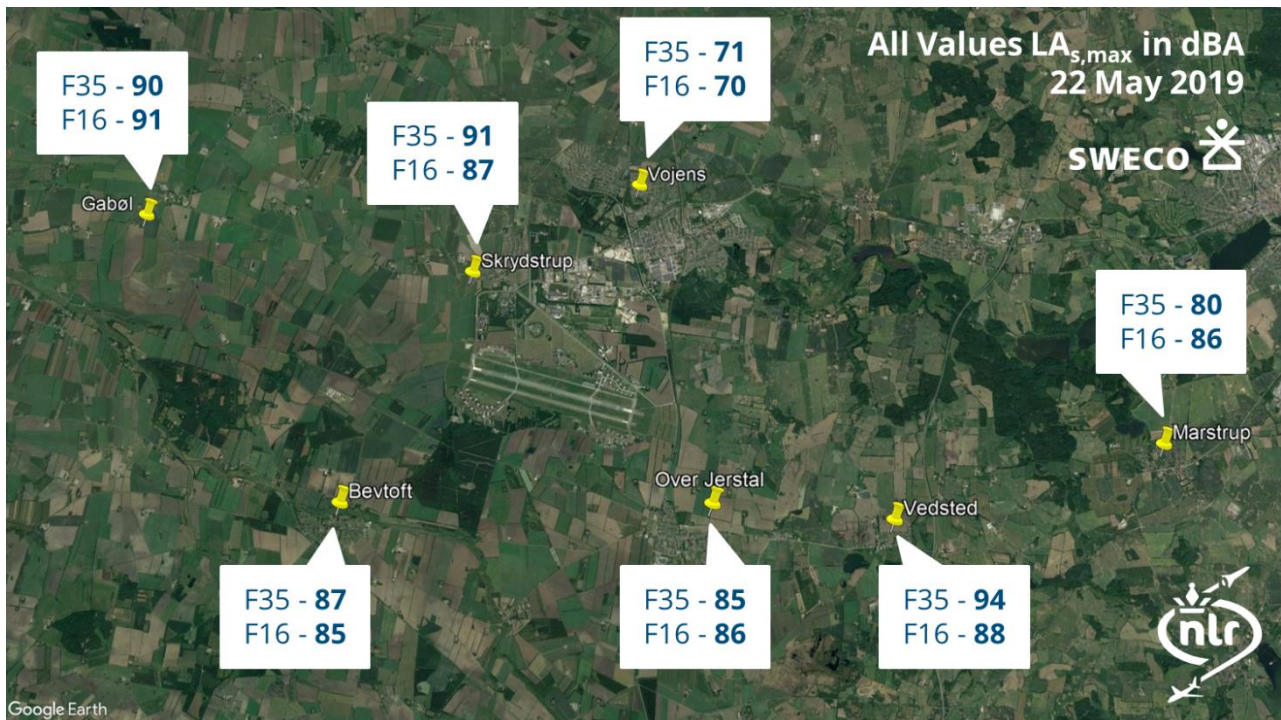
Støjmålingerne blev udført på syv forskellige målepunkter i nærheden af Flyvestation Skrydstrup. Figur 11 giver et overblik over de forskellige målepunkter. De præcise målepunkter er vist i appendix E. Målepunkterne blev besluttet i samråd med lokalbefolkningen. Målepunkterne blev udvalgt med henblik på at få et overordnet billede af spidsværdierne i de forskellige beboelsesområder omkring flyvestationen.

4.2 Resultater

Under demonstrationsflyvningerne blev der foretaget støjmålinger på hvert enkelt målepunkt. Spidsværdier blev målt for hver enkelt hørbar forbiflyvning fra F-35A og F-16 flyene. På grund af det lille antal målinger og den begrænsede måleperiode kan den årlige støjbelastning, som udtrykt med L_{DEN} for Flyvestation Skrydstrup, ikke bestemmes alene på grundlag af disse målinger. Det er dog muligt at sammenligne de målte spidsværdier for nogle forbiflyvninger.

4.2.1 Maksimale spidsværdier for demonstrationsflyvningerne

Begge fly gennemførte flere forbiflyvninger, og spidsværdien for hver forbiflyvning blev målt, hvis forbiflyvningen var hørbar. Appendix F giver et overblik over de målte forbiflyvninger for hvert fly på hvert målepunkt. De maksimale målte spidsværdier pr. målepunkt er angivet i Figur 11. Denne figur viser den højeste spidsværdi ved hvert målepunkt, som blev registreret for samtlige forbiflyvninger af F-35A og F-16 flyene. Det vil sige, at den højeste værdi for F-16 flyet kan være fremkommet ved en anden forbiflyvning end den højeste værdi for F-35A flyet.



Figur 11: Maksimale målte spidsværdier $L_{A_{s,max}}$ i dB(A). Bemærk: De maksimale værdier kan være målt under forskellige forflyvninger

Den højeste spidsværdi for F-35A var 94 dB(A) og blev målt i Vedsted, hvorimod den højeste spidsværdi for F-16 var 91 dB(A) og blev målt mellem Gabøl og Åbøl.

Baseret på resultaterne fra alle målepunkter kan man drage følgende konklusioner i forhold til de maksimale spidsværdier, der er blevet målt:

- F-35A gav det højeste støjniveau på fire målepunkter (Skrydstrup, Vojens, Vedsted og Bevtoft), mens F-16 gav det højeste støjniveau på de andre tre målepunkter (mellem Gabøl og Åbøl, Marstrup og Over Jerstal).
- På to målepunkter var de maksimale spidsværdier for F-35A mere end 3 dB(A) højere end for F-16. Det gælder målepunkterne i Vedsted og Skrydstrup. I Skrydstrup var den maksimale spidsværdi for F-35A 4 dB(A) højere end for F-16, og i Vedsted var den maksimale spidsværdi for F-35A 6 dB(A) højere end for F-16.
- I Marstrup var den maksimale spidsværdi for F-16 6 dB(A) højere end for F-35A.
- I gennemsnit var forskellen mellem alle de maksimale spidsværdier for begge fly for alle målepunkter på 1 dB(A), hvor gennemsnittet af de højeste spidsværdier for F-35A er højere.
- De laveste støjniveauer blev målt på målepunktet i Vojens. Det skyldes, at mikrofonen er placeret relativt langt væk fra flyvevejene, og at flyene flyver i lav højde, når de er tættest på mikrofonen. Det giver en større sandsynlighed for, at lyden bliver afskærmet af objekter mellem mikrofonen og flyet.

Ud over de forskelle, der er nævnt i dette afsnit, er det vigtigt at bemærke, at forskellene på 3 dB(A) og derunder er svære at høre for den gennemsnitlige observatør, en forskel på 5 dB(A) er tydeligt hørbar, og en forskel på 10 dB(A) opfattes generelt som dobbelt så høj (se reference 6).

4.2.2 Gennemsnitlige målte lydniveauer

Begge fly gennemførte flere forbiflyvninger, og hver forbiflyvning i nærheden af et målepunkt producerede en spidsværdi. Appendix F indeholder en liste over alle målte forbiflyvninger for begge fly ved hvert målepunkt. Forbiflyvninger er kun sammenlignet, når de skilte sig klart ud fra baggrundsstøjen, og hvor det er sikkert, at spidsværdien kun er genereret af et enkelt fly. De gennemsnitlige støjniveauer er bestemt for alle tilfælde, hvor både F-35A og F-16 flyene genererede en valid måling.

Målingerne viser, at under demonstrationsflyvningerne:

- I gennemsnit var spidsværdien under en fraflyvning for en F-35A 3 dB(A) højere end for en F-16.
- I gennemsnit var spidsværdien under en landing for en F-35A 8 dB(A) højere end for en F-16.

Hvis man ser på resultaterne ved hver målepunkt, kan følgende bemærkes:

- Under landingen var de gennemsnitlige forskelle mellem F-35A og F-16 størst for målepunkterne ved Skrydstrup og Gabøl, hvor spidsværdierne for F-35A var henholdsvis 12 og 11 dB(A) højere end for F-16.
- Under fraflyvninger blev de største gennemsnitlige forskelle også fundet på målepunkterne ved Skrydstrup og Gabøl, hvor spidsværdierne for F-35A var henholdsvis 6 og 4 dB(A) højere end for F-16.
- På målepunktet i Marstrup genererede fraflyvninger med F-16 højere gennemsnitlige spidsværdier.
- For individuelle forbiflyvninger blev der målt forskelle fra minus 12 til plus 18 dB(A). En positiv forskel betyder, at F-35A har en kraftigere lyd end F-16. Forskellen på -12 dB(A) blev identificeret ved en landing, hvor spidsværdierne for både F-35A og F-16 lå på under 70 dB(A). Forskellen på 18 dB(A) blev identificeret ved en landing, hvor F-35A flyet fløj i fast højde (level flight), mens F-16 flyet var i gang med nedstigningen. Dette kan give en forklaring på den store forskel, da et fly bruger mindre kraft (hvilket reducerer motorstøjen) under en nedstigning.

4.2.3 Mulige årsager til forskelle i måleresultater

Målingerne viser, at der er målt forskellige støjniveauer for F-35A og F-16. Disse forskelle skyldes ikke alene forskellene i støjproduktionen fra flyene, men kan også tilskrives andre faktorer. Disse faktorer behandles i dette afsnit.

Flyets konfiguration - flyets motor er den primære kilde til den støj, der bestemmer støjniveauet. Støjniveauerne afhænger af motorkraften, som er bestemt af positionen af gashåndtaget, som piloten justerer. Piloten har ikke kun brug for motorkraft til at accelerere eller få højde, men også til at foretage korrektioner under indflyvning og landing, så flyet ankommer i rette højde. Derudover er vægten på flyet en faktor. Der er brug for mere motorkraft til at lande et fly med mere brændstof om bord.

Flyvevejen - Flyvevejen har betydning for, hvor et fly passerer målepunktet. Flyvevejen bestemmes af flyveruten (ruten på kortet) og af flyets højde. Piloterne skal flyve de foreskrevne procedurer så nøjagtigt som muligt. Disse procedurer har dog en vis margin, som bliver mindre, efterhånden som afstanden til landingsbanen mindskes. Det var i nogle tilfælde vanskeligt at følge flyvevejen præcist, da flyet var nødt til at lande i medvind. I nogle tilfælde lå flyvevejen for F-35A eksempelvis på den anden side af et målepunkt i forhold til flyvevejen for F-16, som passerede det samme sted et par minutter senere. Målestationen målte naturligvis værdierne, men forskellene skyldtes til dels de forskellige flyveveje.

Anflyvningsprofil - Under anflyvningen skal piloten ofte justere nedstigningshastigheden eller endda afbryde nedstigningen for at følge den foreskrevne anflyvningsprofil til landingsbanen. Dette er næsten altid ledsaget af en (kortvarig) forøgelse af motorkraften, som derfor kan medføre højere spidsværdier (kortvarigt).

Afstand til målepunktet - i praksis passerer flyene målepunktet med forskellige afstande. Det kan medføre forskelle.

Vind - for at give hele lokalbefolkningen mulighed for at opleve flyvningen, blev der foretaget fraflyvninger og anflyvninger i medvind. Dette sker ikke under normal flyvning, hvor flyet altid vil lande i modvind. Derfor måles der også andre værdier, end der normalt kan forventes, og der vil også, i hvert fald under fraflyvningen, blive genereret højere støjniveauer.

Drej - I nogle tilfælde fløj flyet et anderledes drej (radius), hvilket for den samme flyveprofil vil kræve mere motorkraft for et snævert drej i forhold til et bredere eller normalt drej (radius).

Højder - I nogle tilfælde fløj flyene i forskellige højder langs eller over et målepunkt efter en anflyvning og go-around. Dette giver også forskellige værdier.

Afskærmning - Ved lave flyvehøjder kan lyden blive afskærmet fra målepunktet. Hvis et af flyene flyver lavere end det andet, kan der måles forskellige værdier, som ikke er repræsentative for den absolutte forskel mellem de to forskellige flytyper.

Atmosfære - Atmosfæren består af forskellige lag med forskellig temperatur, tryk, fugtighed, vindretning og vindhastighed. Disse faktorer påvirker udbredelsen af lyd fra flyet til jorden. Temperatur, tryk og luftfugtighed ændrer sig over tid, men vindretningen og vindhastigheden kan ændre sig på få sekunder. Dette bliver til en målbar og hørbar effekt.

Menneskelige variationer - Flyvning udføres af mennesker. Så selv om flyvevejene er godt planlagt, er det i sidste ende piloten, der bestemmer retningen. Under fraflyvningen er antallet af de valg, som piloten skal træffe, begrænsede (næsten altid den samme vægt og fuld motorkraft, samme hastighed), men under landingen er piloten nødt til at håndtere en vis variation: der er stor set aldrig tale om den samme vægt, hvilket kræver forskellige (nedstignings) hastigheder, forskellige anflyvninger, og kravet til præcision øges, i takt med at afstanden til landingsbanen mindskes. Eksempelvis vil måleresultaterne ved anflyvning af to F-16 fly være forskellige.

5 Konklusioner

Under demonstrationsflyvningen den 22. maj 2019 undersøgte NLR lydoplevelsen hos lokalbefolkningen. Der blev derudover udført støjmålinger, foretaget af Sweco Danmark A/S, på syv forskellige målepunkter i nærheden af Skrydsstrup, og resultaterne af disse målinger blev analyseret af NLR. Dette kapitel indeholder konklusionerne fra denne undersøgelse. I afsnit 5.1 præsenteres konklusionerne fra lydopfattelsesundersøgelsen og i afsnit 5.2 præsenteres konklusionerne fra støjmålingerne.

Formålet med undersøgelsen var at give beboerne i nærheden af Flyvestation Skrydsstrup muligheden for at opleve lyden fra en F-35A og sammenligne den med deres daglige oplevelse. Dette resulterede i en undersøgelsesopsætning, der giver resultater og konklusioner, som er baseret på et relativt lille antal målinger og observationer. Derfor kan disse resultater og konklusioner overvurdere, undervurdere eller nogenlunde afspejle resultaterne af en større undersøgelse. Det betyder også, at resultaterne og konklusionerne i denne rapport bør fortolkes med forsigtighed, og at de ikke bør betragtes som et udtryk for lydopfattelsen på længere sigt eller som udtryk for den årlige støjbelastning.

5.1 Lydopfattelse

Demonstrationsflyvningerne var designet til at undersøge, om deltagerne oplevede lyden fra F-35A som forskellig fra lyden fra F-16. Da små forskelle kan skyldes tilfældigheder, blev den statistiske signifikans af forskellene undersøgt.

Undersøgelsen af lydopfattelsen førte til følgende konklusioner:

- Deltagerne opfattede små forskelle i lydstyrken (volumen) og vibrationsniveau på F-35A og F-16.
- Lyden fra en F-35A blev opfattet som en anelse kraftigere end lyden fra en F-16.
- Deltagerne vurderede lyden fra en F-35A som en smule mere vibrerende end lyden fra en F-16.
- Deltagerne opfattede ingen væsentlige forskelle på lydfrekvensen.

5.2 Støjniveauer

Under demonstrationsflyvningerne blev der, i tillæg til undersøgelse af lydopfattelsen, foretaget støjmålinger på syv målepunkter. Forskellene i støjniveauerne mellem F-35A og F-16 flyene var ikke kun relateret til de to flys forskellige generering af støj, men også til andre faktorer, så som forskelle i de fløjne flyveveje. Det relativt lille antal støjmålinger fører til følgende konklusioner:

- Den højeste spidsværdi for F-35A var 94 dB(A) og blev målt i Vedsted, hvorimod den højeste spidsværdi for F-16 var 91 dB(A) og blev målt mellem Gabøl og Åbøl.
- På fire af de syv målepunkter blev de maksimale spidsværdier på dagen forårsaget af F-35A flyet. På de andre målepunkter forårsagede F-16 flyet det højeste niveau.
- Den gennemsnitlige forskel mellem spidsværdierne for de to flytyper på alle målepunkterne under fraflyvning og anflyvning var henholdsvis 3 dB(A) og 8 dB(A), hvor F-35A gav de højeste gennemsnitlige spidsværdier.
- For individuelle forbiflyvninger blev der målt forskelle fra minus 12 til plus 18 dB(A). En positiv forskel betyder, at F-35A har en kraftigere lyd end F-16. Forskellen på -12 dB(A) blev identificeret ved en anflyvning, hvor spidsværdierne for både F-35A og F-16 lå på under 70 dB(A). Forskellen på 18 dB(A) blev identificeret ved en anflyvning, hvor F-35A flyet fløj i fast højde (level flight), mens F-16 flyet var i gang med nedstigningen. Dette

kan give en forklaring på den store forskel, da et fly bruger mindre kraft (hvilket reducerer motorstøjen) under en nedstigning.

6 Referencer

1. 731 Flyvestation Skrydstrup - Beregning af flystøjbelastning, SWECO Danmark A/S, april 2019.
2. G.D.R. Zon and R.H. Hogenhuis, Sound perception - F-35 compared to F-16A/B, NLR-CR-2016-115-EN, Netherlands Aerospace Centre, December 2016.
3. <http://www.fmi.dk/nyt-kampfly/byggeri-og-anlaeg/Pages/borgermoder.aspx>, citeret den 21. juni 2019.
4. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1994: "Støj fra flyvepladser" (på dansk).
5. ANSI/ASA S12.75-2012, Methods for the Measurement of Noise Emissions from High Performance Military Jet Aircraft, American National Standards Institute.
6. Berenice Goelzer, Colin H. Hansen, Gustav A. Sehrndt, Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control, World Health Organization, 2001.

Appendix A Beskrivelse af demonstrationsflyvningerne

I tabellerne nedenfor gives en nærmere beskrivelse af de flyveprofiler, der blev fløjet under første og anden del af demonstrationsflyvningen. Alle flyveprofiler blev udført af både F-35A og F-16 flyene. Først fløj F-35A flyet en anflyvning og en fraflyvning, efterfulgt af F-16 flyet, der fløj den samme fraflyvnings- og anflyvningsprofil.

Tabel A-1: Beskrivelse af de forbiflyvninger, som blev fløjet under første del af demonstrationsflyvningen

Nummer	RWY retning	Beskrivelse
1	SØ	Anflyvning: IFR straight- in via ILS
2	SØ	Fraflyvning: Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)
3	SØ	Anflyvning: Overhead break with final turn
4	SØ	Fraflyvning: Military Power Low Approach to VFR Departure Sector East/West (low)
5	NV	Anflyvning: IFR straight- in via ILS
6	NV	Fraflyvning: Afterburner Low Approach to VFR Departure Sector North (low)
7	NV	Anflyvning: Overhead break with final turn - Full stop
NV = nordvest (modvind), SØ = sydøst (medvind)		

Tabel A-2: Beskrivelse af de forbiflyvninger, som blev fløjet under anden del af demonstrationsflyvningen

Nummer	RWY retning	Beskrivelse
8	NV	Fraflyvning: Afterburner Take-off to IFR Departure Sector East/West (high)
9	NV	Anflyvning: IFR straight- in via ILS
10	NV	Fraflyvning: Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)
11	NV	Anflyvning: Overhead break with final turn
12	NV	Fraflyvning: Military Power Low Approach to VFR Departure Sector East/West (low)
13	SØ	Anflyvning: IFR straight- in via ILS
14	SØ	Fraflyvning: Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)
15	SØ	Anflyvning: Overhead break with final turn
16	SØ	Fraflyvning: Military Power Low Approach to IFR Departure Sector East/West (high)
NV = nordvest (modvind), SØ = sydøst (medvind)		

Appendix B Oplysninger til deltagerne

Lokale beboere og andre interesserede parter kunne tilgå oplysninger om demonstrationsflyvningen på hjemmesiden www.f-35iluften.dk. I dette appendix gives et overblik over de oplysninger, der fremgik af hjemmesiden.

Appendix B.1 Baggrund for demonstrationsflyvningen

BAGGRUND FOR DEMONSTRATIONSFLYVNINGEN

Forsvaret ønsker at skabe større åbenhed om støj ved Flyvestation Skrydstrup og afviklede derfor efter ønske fra lokalbefolkningen en demonstrationsflyvning. Dette gav lokalbefolkningen mulighed for selv at høre, hvordan et F-35 kampfly lyder sammenlignet med et F-16 kampfly.

Det hollandske flyvevåben gennemførte i december 2016 to flyvninger med støtte fra luft- og rumfartscentret Nederlands Lucht en Ruimtevaartcentrum (NLR). Erfaringerne fra de hollandske flyvninger viser, at lokalbefolkningen omkring de to hollandske flyvestationer, Volkel og Leeuwarden, havde en overvejende positiv oplevelse med gennemførelsen af demonstrationsflyvningen. Forsvaret indgik en aftale med NLR, så der kunne gennemføres en flyvning i stil med den, der blev gennemført i Holland. NLR assisterede planlægning, udførelse og analyse af den danske flyvning.

Da de danske kampfly først forventes leveret til Flyvestation Skrydstrup i 2023, gennemførte Forsvaret demonstrationsflyvningen med støtte fra det norske flyvevåben, der allerede opererer F-35 kampfly i dag.

De flyveprofiler, der blev anvendt under flyvningen, gav lokalbefolkningen et repræsentativt indblik i, hvad der kan forventes ift. støj, når der flyves med et F-35

Lokalbefolkningen blev inddraget i relation til placering af mikrofoner, og hvordan opfattelsen af støj under flyvningen blev indberettet.

Appendix B.2 Formålet med demonstrationsflyvningen

FORMÅLET MED DEMONSTRATIONSFLYVNINGEN

Formålet med demonstrationsflyvningen var at give lokalbefolkningen omkring Flyvestation Skrydstrup mulighed for selv at høre, hvordan et F-35 kampfly lyder sammenlignet med et F-16 kampfly. Flyvningen blev planlagt efter ønske udtrykt af lokalbefolkningen under tidligere borgermøder.

Demonstrationsflyvningen havde ikke indflydelse på flystøjsberegninger forud for Anlægsloven eller eventuelle kompensationsmodeller. Formålet var at give borgerne mulighed for at opleve støjen fra et F-35 kampfly, og dermed var der ikke tale om en videnskabelig undersøgelse, der kan danne grundlag for arbejde med Anlægsloven eller eventuelle kompensationsmodeller.

Appendix B.3 F-35 i Danmark

F-35 i Danmark

Demonstrationsflyvningen blev gennemført den 22. maj 2019

Demonstrationsflyvningen blev gennemført over to tidsperioder på hver ca. 40 minutter. Hver flyvning blev gennemført med et dansk F-16 kampfly og et norsk F-35 kampfly, som svarer til det fly, Danmark anskaffer. De to kampfly fulgte hinanden med ca. tre minutters afstand. Flyvningerne blev gennemført sen eftermiddag og gav borgerne mulighed for at opleve lyden fra flyene i deres hjem.

Der var under demonstrationsflyvningerne en ekstra norsk F-35, som landede og lettede fra Flyvestation Skrydstrup uafhængigt af de to fly, der fløj demonstrationen. Dette fly indgik ikke i selve demonstrationen, men agerede reservefly.

De to fly gennemførte under demonstrationen forskellige fra- og anflyvningsprofiler til og fra flyvestationen. Der blev anvendt flyveveje, som gav et repræsentativt billede af, hvilke flyveveje og -profiler, der planlægges anvendt i fremtiden med F-35.

Hver af de to flyvninger gav mulighed for to anflyvninger og to fraflyvninger til hver baneretning. Første demonstrationsflyvning blev gennemført da F-35 kampflyet ankom direkte fra Norge, mens den anden flyvning startede efter flyene havde fået påfyldt brændstof på Flyvestation Skrydstrup – ca. 1 time efter landing. Herefter fløj de 2 x F-35 kampfly tilbage til Norge.

Opstilling af mikrofoner

Under et arbejdsmøde den 30. januar 2019 på Flyvestation Skrydstrup fastlagde deltagende borgere i samarbejde med Forsvaret placering af syv mikrofoner rundt omkring Flyvestation Skrydstrup. Mikrofonerne blev opstillet af ingeniør- og rådgivningsvirksomheden SWECO.

Du kan læse mere om mikrofonplaceringer [her](#).

Deltagelse i spørgeskemaundersøgelse

Under udførelsen af flyvningen fik borgerne i lokalområdet mulighed for anonymt at tilkendegive deres oplevelse af støjen fra kampflyene. Indberetningen af støjoplevelsen skete via et spørgeskema på internettet, mens flyvningen blev gennemført.

Deltagelse i informationsmøde den 23. maj

Den 23. maj 2019 kl. 19:00 blev borgere inviteret til informationsmøde på Flyvestation Skrydstrup. Under mødet blev de foreløbige resultater for den afviklede demonstrationsflyvning gennemgået.

Du kan se præsentationen med de foreløbige resultater her:

- [Foreløbige resultater fra demonstrationsflyvningen den 22. maj \(NLR, 23. maj 2019\)](#)

Rapport med de analyserede og bearbejdede resultater

Senere offentliggøres en rapport med de analyserede og bearbejdede resultater. Den færdige rapport vil blive offentliggjort på www.f-35iluften.dk.

Du kan læse mere om borgerinddragelse [her](#).

Appendix B.4 Generel borgerinddragelse

PROCES FOR GENEREL BORGERINDDRAGELSE

Borgerne i lokalområdet omkring Flyvestation Skrydstrup har fået mulighed for at blive inddraget i gennemførelsen af demonstrationsflyvningen.

Demonstrationsflyvningen inddeles i tre faser: forberedelsesfasen, udførelsesfasen og analysefasen. Der planlægges borgerinddragelse i alle tre faser.

Under forberedelsesfasen har borgerne omkring Flyvestation Skrydstrup haft indflydelse på placeringen af de mikrofoner, der opstilles under demonstrationsflyvningen. Mikrofonerne blev opstillet på jorden omkring flyenes flyvevej, så de målte støjen fra flyene, når de passerede forbi. Klik [her](#) for at se, hvor de enkelte mikrofoner var opstillet under demonstrationsflyvningen. Målingerne fra mikrofonerne vil efter demonstrationsflyvningen blive sammenholdt med borgernes egen oplevelse.

Under udførelsen af flyvningen har borgerne i lokalområdet fået mulighed for anonymt at tilkendegive deres oplevelse af støjen fra kampflyene. Indberetningen af støjoplevelsen skete via et spørgeskema på internettet, mens flyvningen blev gennemført.

Statusopdateringer under flyvningerne

Forsvaret sendte på dagen for demonstrationsflyvningen løbende opdateringer om flyvningernes forløb på e-mail og SMS til de borgere som har tilmeldt sig dette.

Informationsmøde med de foreløbige resultater

Den 23. maj 2019 kl. 19:00 er borgere inviteret til informationsmøde på Flyvestation Skrydstrup. Under mødet gennemgås de foreløbige resultater for den afviklede demonstrationsflyvning. Du kan tilmelde dig til informationsmødet den 23. maj 2019 kl. 19:00 ved at sende en e-mail til fmi-ktp-nfp@fiin.dk.

Senere offentliggøres en rapport med de analyserede og bearbejdede resultater. Den færdige rapport vil blive offentliggjort på www.f-35iluftten.dk.

Appendix C Spørgeskema

Appendix C.1 Prøveformular

Testspørgsmål

Under testspørgsmålet vil der blive afspillet et lydclip. Vurdér lyden i lydklippet og besvar spørgsmålene herunder.

Afspil øvelseslyd 

(Lydklippet afspilles på Youtube og vil åbne en ny faneblad - husk lyd)

*Hvordan oplevede du lyden i forhold til den lyd du normalt oplever?

	--	-	0	+	++	
(Frekvens) Dyb	☐	☐	☐	☐	☐	Høj
(Volume) Svag	☐	☐	☐	☐	☐	Kraftig
(Vibration) Svagere	☐	☐	☐	☐	☐	Stærkere

 Klik på det felt, der bedst beskriver din oplevelse.

*Hvor befandt du dig mens flyet passerede?

 Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Indendørs
- ☐ Udendørs

Næste

Appendix C.2 Venter på lyden fra næste fly

Forbiflyvning af første fly

Afvent lyd fra flyet.

✱ Kan du høre et fly?

📌 Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Ja, vurder lyden
- ☐ Nej, afslut spørgeskemaet (alle planlagte forbiflyvninger er afsluttet).
Via din e-mail kan du finde de seneste opdateringer vedrørende flyvningerne.

📌 Besvar kun dette spørgsmål i starten af forbiflyvningen.

Bemærk, at du ikke kan returnere til tidligere side.

Næste

Appendix C.3 Vurderer lyden fra flyet

Vurdér lyden fra første forbiflyvning

*Hvordan oplevede du lyden i forhold til den lyd du normalt oplever?

	--	-	0	+	++	
(Frekvens) Dyb	☐	☐	☐	☐	☐	Høj
(Volume) Svag	☐	☐	☐	☐	☐	Kraftig
(Vibration) Svagere	☐	☐	☐	☐	☐	Stærkere

👉 Klik på det svar, der bedst beskriver din oplevelse.

*Hvor befandt du dig mens flyet passerede?

👉 Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Indendørs
- ☐ Udendørs

Næste

Appendix C.4 Generelle data

Først blev deltagerne bedt om at angive postnummeret på den adresse, hvor de befandt sig på tidspunktet. Efter at have vurderet lydene fra flyene blev de stillet et par generelle spørgsmål. Det var ikke obligatorisk at besvare disse spørgsmål.

Generelle oplysninger

*Lytter du til lyden fra flyene samme sted, som du normalt befinder dig på dette tidspunkt i hverdagen?

① Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Ja
- ☐ Nej
- ☒ Ønsker ikke at svare

*Hvor befinder du dig?

① Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Bopæl
- ☐ Arbejdsplads
- ☐ Rekreativt område (park, fodboldbane)
- ☐ Skole/uddannelsessted
- ☐ Ønsker ikke at svare

*Blev denne spørgeskemaundersøgelse gennemført:

① Vælg én af følgende svarmuligheder

- ☐ Alene
- ☐ Sammen med andre
- ☐ Ønsker ikke at svare

Næste

Appendix D Udførlig analyse af opfattelsesmålingerne

Tabel D - 1 viser den gennemsnitlige vurdering fra deltagerne for alle forbiflyvninger omkring Skrydstrup. Værdierne (0, 1, 2, 3, 4) repræsenterer de givne svar, der blev vist på en skala fra "mindre" til "mere" (--,-, 0, +, ++). Farvekoderne angiver konfidensintervallet til den statistiske forskel⁴. For "Overhead break med Final turn" fik F-16 flyet eksempelvis en vurdering på 2,14 for dets frekvens, men F-35A flyet fik 2,80. Cellerne er farvet grønne, i tilfælde hvor forskellen ikke skyldes tilfældigheder. Hvis farven er lysegrøn, har udsagnet en sandsynlighed på mindst 95%, og hvis er mørkegrøn er sandsynligheden på mindst 99%.

Tabel D - 1: Sammenligning mellem variabler for alle forbiflyvninger fra begge flytyper.⁵

Forbiflyvning	F-16						F-35					
	Lydfrekvens		Lydstyrke (Volume)		Vibration		Lydfrekvens		Lydstyrke (Volume)		Vibration	
	Middel	N	Middel	N	Middel	N	Middel	N	Middel	N	Middel	N
After Burner Low Approach to IFR Departure Sector East/West (high)	2,19	27	2,41	27	2,00	27	2,44	25	3,12	25	2,48	25
Overhead break med final turn	2,03	29	2,14	29	1,86	29	1,93	30	2,80	30	2,27	30
Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)	2,03	34	2,12	34	1,97	34	2,18	28	2,54	28	2,32	28
IFR straight- in via ILS	2,40	15	2,07	15	2,27	15	1,79	14	2,64	14	2,36	14
Military Power Low Approach to VFR Departure Sector East/West (low)	2,13	30	2,23	30	1,97	30	2,06	16	2,56	16	2,31	16
Overhead break med final turn	2,26	34	2,32	34	1,94	34	2,38	32	2,22	32	1,84	32
Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)	2,28	25	2,28	25	2,04	25	2,08	25	2,96	25	2,32	25
IFR straight- in via ILS	2,03	30	1,97	30	1,70	30	2,65	17	3,35	17	2,53	17
Afterburner Take-off to IFR Departure Sector East/West (high).	2,25	36	2,58	36	2,11	36	1,97	31	2,94	31	2,23	31
Overhead break med final turn –Full stop	2,34	47	2,15	47	2,06	47	1,97	61	2,39	61	2,16	61
After Burner Low Approach to VFR Departure Sector North (low)	2,39	18	2,50	18	2,00	18	2,16	31	2,90	31	2,39	31
IFR straight- in via ILS	2,43	40	2,35	40	1,95	40	2,63	38	3,24	38	2,71	38
Military Power Low Approach to VFR Departure Sector East/West (low)	2,24	46	2,20	46	1,96	46	2,20	44	2,50	44	2,25	44
Overhead break med final turn	2,00	39	2,36	39	2,08	39	2,11	36	2,58	36	2,17	36
Military Power Low Approach to VFR Departure Sector North (low)	2,15	55	2,20	55	1,89	55	2,09	45	2,56	45	2,27	45
IFR straight- in via ILS	1,53	36	1,86	36	1,78	36	1,33	15	1,73	15	1,73	15

Signifikant forskel på 0,01 (meget signifikant)

Signifikant forskel på 0,05

⁴ Der blev beregnet statistiske forskelle med den ikke-parametriske Mann-Whitney U test.

⁵ Middelværdien beregnes ved at tage gennemsnittet af vurderingerne. "N" repræsenterer antallet af deltagere, der har bedømt forbiflyvningen.

Tabel D-2 viser en oversigt over den gennemsnitlige vurdering af lydstyrke ved hver by omkring Flyvestation Skrydstrup. Byerne er opdelt efter postnumre.

Tabel D-2: Vurdering af, hvordan lyden blev opfattet i de forskellige boligområder omkring Flyvestation Skrydstrup.

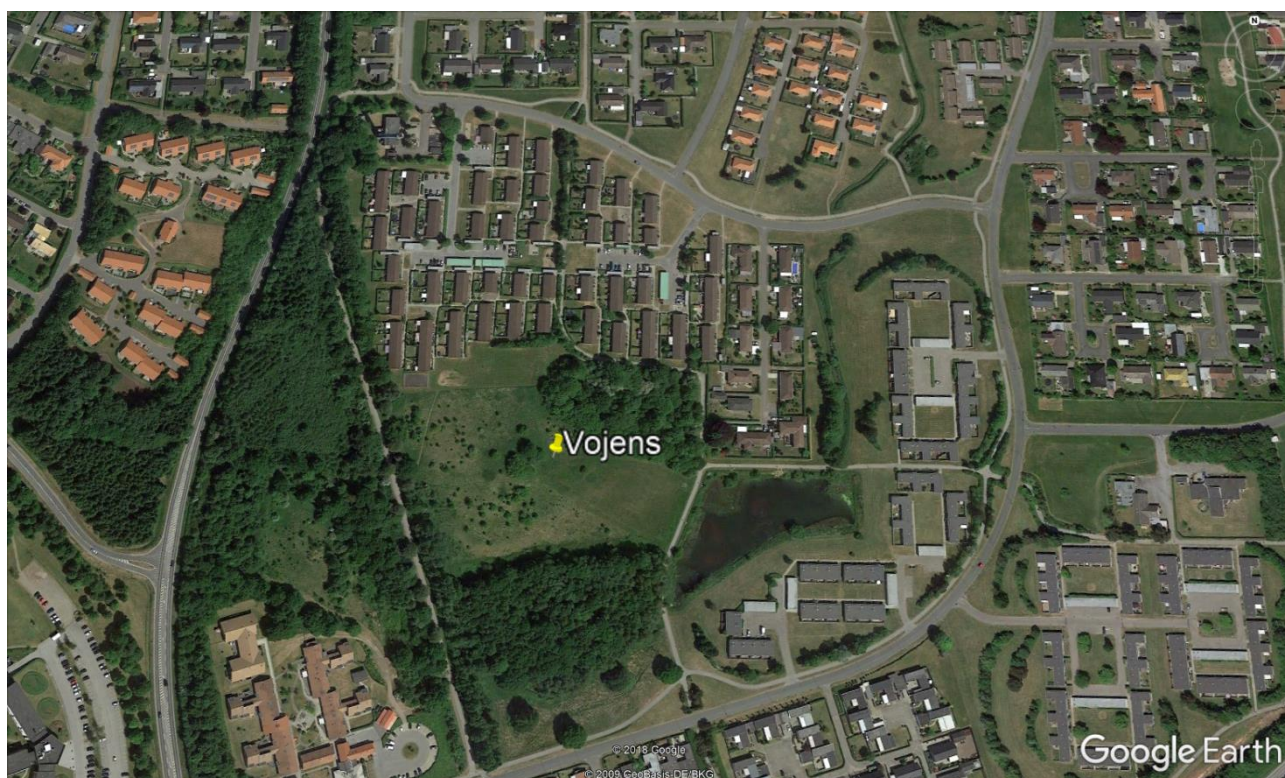
	F-16			F-35A		
	Lydfrekvens	Lydstyrke (Volume)	Vibration	Lydfrekvens	Lydstyrke (Volume)	Vibration
Skrydstrup / Uldal	2,20	2,43	1,92	2,02	2,75	2,20
Vojens	2,35	2,25	2,37	2,22	2,46	2,44
Bevtoft	1,83	2,00	1,96	2	2,24	1,90
Over Jerstal	2,04	1,95	1,82	1,95	2,36	2,06
Vedsted / Høgelund / Ustrup / Vedbøl	2,24	2,29	1,95	2,44	3,01	2,54
Marstrup / Haderslev	1,93	1,74	1,63	2,39	2,43	1,91
Gabøl / Åbøl / Ålkær	2,16	2,29	2,13	1,39	2,86	2,18

Appendix E Målepunkternes placering

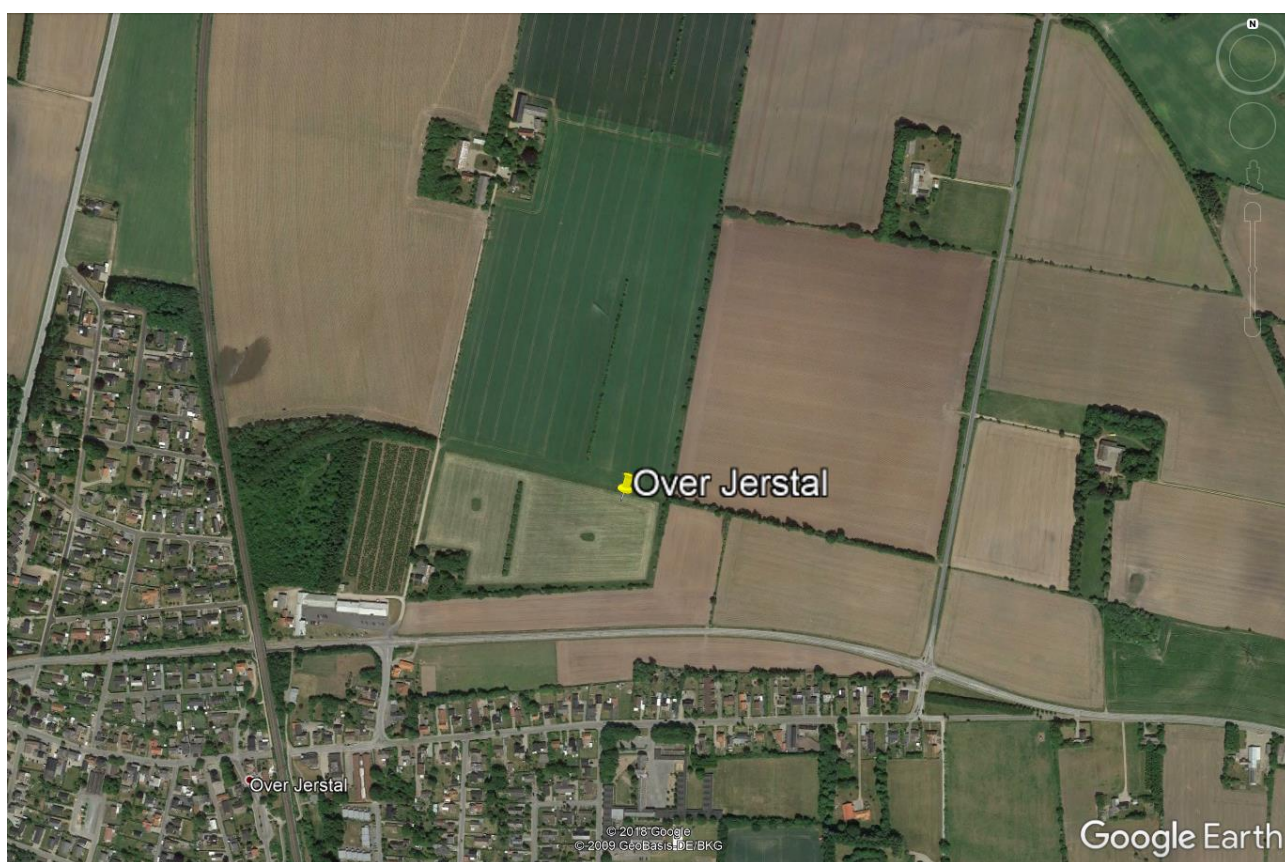
Dette appendiks indeholder figurer, som viser placeringen af de syv målepunkter. Figur E-8 viser en oversigt over alle målepunkter på en enkelt figur.



Figur E-1 Målepunkt 1: Skrydstrup



Figur E-2 Målepunkt 2: Vojens



Figur E-3 Målepunkt 3: Over Jerstal



Figur E-4 Målepunkt 4: Bevtøft



Figur E-5 Målepunkt 5: mellem Gabøl og Åbøl



Figur E-6 Målepunkt 6: Vedsted



Figur E-7 Målepunkt 7: Marstrup



Figur E-8 Alle målepunkter omkring flyvestationen

Koordinaterne på målepunkterne er angivet i tabellen nedenfor.

Tabel E- 1: koordinater på støjmålepunkterne

Placering	Breddegrad	Længdegrad
Skrydstrup	55°14'19.17"N	9°14'30.61"E
Vojens	55°15'12.03"N	9°17'27.58"E
Over Jerstal	55°12'0.94"N	9°18'37.63"E
Bevtøft	55°12'2.56"N	9°12'25.06"E
Mellem Gabøl og Åbøl	55°14'54.92"N	9° 8'41.59"E
Vedsted	55°11'52.09"N	9°21'42.08"E
Marstrup	55°12'37.15"N	9°26'19.18"E

Appendix F Resultater af støjmålinger

Appendix F.1 Måleresultater

For at understøtte lydopfattelsesflyvningerne blev der, i samråd med repræsentanter for lokalbefolkningen, udvalgt og placeret syv målepunkter omkring Flyvestation Skrydstrup. Resultaterne af disse målinger er anført i tabellerne i dette appendiks.

I dette appendiks er inkluderet målte spidsværdier, som opfylder følgende betingelser:

1. Flyet skal være tydeligt hørbart over baggrundsstøjen. I nogle tilfælde blev lyden af flyet overdøvet af eksempelvis trafikstøj.
2. Derudover skulle spidsværdien overstige 50 dB(A).

Hvis et af de to fly oversteg tærskelværdien, blev begge lydniveauer inkluderet i oversigten. Forbiflyvningerne blev udført af både et F-35A og et F-16 fly.

Appendix F.2 Præsentation

Målingerne vises separat for hhv. F-35A og F-16 flyene, og resultaterne grupperes efter type af manøvrer, såsom fraflyvning og anflyvning, men også efter flyveprofiltype (se appendix A for en beskrivelse af de forskellige flyveprofiler).

Hvis der ikke var en målt værdi tilgængelig for enten F-16 eller F-35A flyet, er det i tabellen angivet, hvorfor denne værdi ikke kunne bestemmes. Der er to mulige årsager angivet med en bogstavkode:

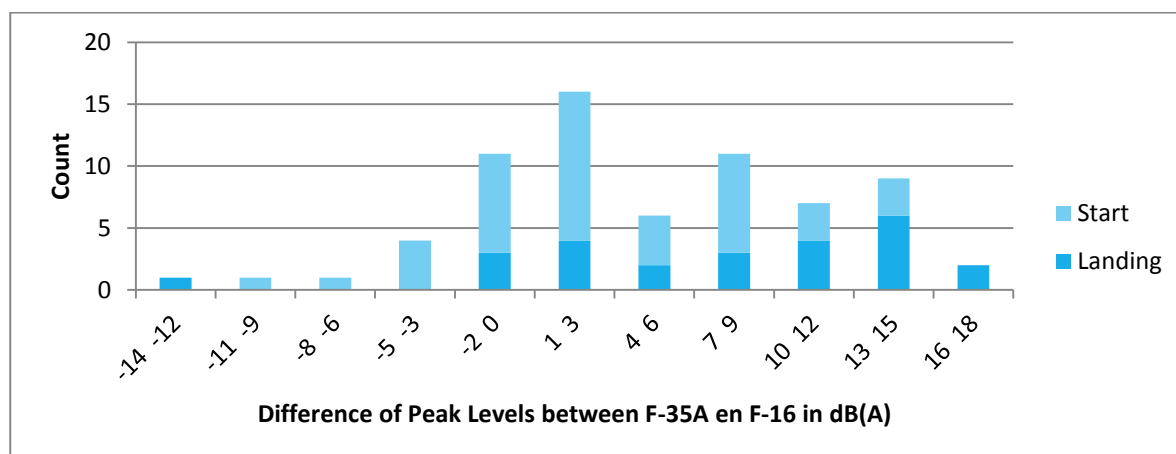
- B Der er ingen differentierbar spidsværdi over baggrundsstøjen.
- F Spidsværdien kan tilskrives en anden forbiflyvning (muligvis fra et andet fly), mens der ikke blev registreret nogen brugbar spidsværdi for den konkrete forbiflyvning.

Appendix F.3 Margener

Der er forskel på at styre et fly og køre et tog, hvor ruten ligger fuldstændig fast på grund af togsporene. En pilot har en vis margin med hensyn til flyvevej, højde, hastighed, osv. til at lande og lette sit fly sikkert og effektivt. Det betyder, at selvom to fly flyves med det intentionen om at flyve samme flyveprofiler, kan det aldrig garanteres, at dette sker ved nøjagtig samme højde, flyvevej og hastighed. Små variationer kan påvirke den lyd, der bliver skabt. Piloterne forsøger konstant på at flyve flyveprofilerne så præcist som muligt ved hjælp af flaps, justeringer i næsepositionen, drejeradius samt justeringer i motorkraften, hvilket forårsager udsving i lydniveauet.

Appendix F.4 Forskelle

Under lydopfattelsesflyvningerne blev der målt forskelle fra minus 12 (F-16 kraftigere end F-35A) til plus 18 dB(A) (F-35A kraftigere end F-16) mellem F-35A og F-16 flyene på forskellige målepunkter (se figur F-1).



Figur F-1: Spredningen på forskellene i de målte spidsværdier for F-35A og F-16 flyene

Målingerne er øjebliksbilleder, der er afhængige af forskellige faktorer. De forhold og faktorer, der har indflydelse på de målte spidsværdier, er uddybet i afsnit 4.2.3.

Appendix F.5 Anvendeligheden af resultaterne og forholdet til lydopfattelsesmålingerne

Generelt understøtter resultaterne af støjmålingerne resultatet af lydopfattelsesundersøgelsen, som viser, at F-35A opfattes lidt kraftigere end F-16. De større forskelle på de målte spidsværdier på målepunkterne kan ikke genfindes i undersøgelsens resultater. Det kan skyldes, at forskellene i flere tilfælde skyldes kortvarige variationer af motorens effekt, og forskelle i afstanden mellem forbiflyvning og observationssted. Derudover blev de største forskelle målt ved lavere spidsværdier og blev måske derfor i mindre grad bemærket af deltagerne i undersøgelsen.

Disse forskelle i spidsniveauer er ingen overraskelse. De foreskrevne flyveveje giver piloten tilstrækkelig margin til at kunne følge flyveprofilerne og lande sikkert under forskellige omstændigheder. Tilsvarende forskelle vil også forekomme i målinger af to fly af samme type. På grund af de stadigt skiftende forhold ved hver forbiflyvning kan man ikke bruge dette meget begrænsede sæt af måledata til at forudsige nogen strukturel forskel i støjen mellem de to fly. Med et permanent støjovervågningssystem kan man måle gennemsnittet af variationerne ved hver enkelt forbiflyvning, og der kan drages flere konklusioner på baggrund heraf.

Appendix F.6 Oversigt over alle måleresultater

Følgende tabeller viser resultaterne af alle målinger, der resulterede i pålidelige resultater.

Tabel F-1: Målepunkt 1: Skrydstrup

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	72	74	2
		MIL	2	1	63	74	11
			4	1	62	72	10
			14	2	62	77	15
	28	AB	6	1	85	86	1
			8	2	87	90	3
		MIL	10	2	83	89	6
			12	2	82	81	-1
Anflyvning	10	ILS Straight-In	1	1	52	67	15
			13	2	57	72	15
		Overhead Break, Final Turn	3	1	75	75	0
			15	2	73	91	18
	28	Overhead Break, Final Turn	7	1	55	B	

Tabel F-2: Målepunkt 2: Vojens

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	65	66	1
		MIL	2	1	62	63	1
			4	1	55	62	7
			14	2	61	68	7
	28	AB	6	1	70	65	-5
			8	2	67	68	1
		MIL	10	2	63	71	8
			12	2	60	67	7
Anflyvning	10	Overhead Break, Final Turn	15	2	56	60	4
	28	Overhead Break, Final Turn	7	1	51	57	6
			11	2	F	58	

Tabel F-3: Målepunkt 3: Over Jerstal

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	86	84	-2
			2	1	78	85	7
		MIL	4	1	77	79	2
			14	2	85	85	0
	28	AB	6	1	71	75	4
			8	2	72	85	13
		MIL	10	2	76	74	-2
			12	2	79	F	
Anflyvning	10	Overhead Break, Final Turn	3	1	67	55	-12
			15	2	65	67	2
	28	ILS Straight-In	5	1	60	70	10
			9	2	56	73	17
		Overhead Break, Final Turn	7	1	73	73	0
			11	2	72	84	12

Tabel F-4: Målepunkt 4: Bevtoft

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	60	63	3
			2	1	61	63	2
		MIL	4	1	58	62	4
			14	2	53	60	7
	28	AB	6	1	64	64	0
			8	2	73	69	-4
		MIL	10	2	67	75	8
			12	2	67	F	
Anflyvning	10	ILS Straight-In	1	1	B	55	
			13	2	B	55	
		Overhead Break, Final Turn	3	1	82	82	0
			15	2	85	87	2
	28	Overhead Break, Final Turn	7	1	51	54	3

Tabel F-5: Målepunkt 5: Mellem Gabøl og Åbøl

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	28	AB	6	1	91	87	-4
			8	2	84	86	2
		MIL	10	2	75	90	15
			12	2	64	66	2
Anflyvning	10	ILS Straight-In	1	1	68	82	14
			13	2	73	86	13
		Overhead Break, Final Turn	3	1	55	62	7
			15	2	F	75	

Tabel F-6: Målepunkt 6: Vedsted

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	88	86	-2
		MIL	2	1	79	90	11
			4	1	75	75	0
			14	2	86	94	8
	28	AB	8	2	52	54	2
		MIL	10	2	58	54	-4
			12	2	56	F	
Anflyvning	10	Overhead Break, Final Turn	15	2	F	54	
	28	ILS Straight-In	5	1	70	82	12
			9	2	78	89	11
		Overhead Break, Final Turn	7	1	73	75	2
			11	2	73	86	13

Tabel F-7: Målepunkt 7: Marstrup

Målinger					L _{Amax} i dB(A)		
Flyvning	Landings- bane	Type	Måling	Session	F-16	F-35	Forskel
Fraflyvning	10	AB	16	2	86	80	-6
		MIL	2	1	69	67	-2
			4	1	71	62	-9
			14	2	63	69	6
Anflyvning	28	ILS Straight-In	5	1	64	B	
			9	2	73	80	7
		Overhead Break, Final Turn	7	1	56	71	15
			11	2	59	68	9



Dedicated to innovation in aerospace

Netherlands Aerospace Centre

NLR er et førende internationalt forskningscenter inden for luftfart. Med sin tværfaglige ekspertise og unikke forskningsfaciliteter, leverer NLR innovative og integrerede løsninger til de komplekse udfordringer, der findes inden for luftfartsindustrien.

NLRs aktiviteter dækker hele spektret inden for forskning, udvikling, test & evaluering (RDT & E). Som følge af NLRs specialistviden og faciliteter, henvender virksomheder sig til NLR for opgaver inden for validering, verifikation, kvalifikation, simulering og evaluering. NLR bygger således bro mellem forskningen og dens praktiske anvendelser, samtidig med at den arbejder for både stater og erhvervsliv i ind- og udland.

NLR står for praktiske og innovative løsninger, teknisk ekspertise og en langsigtet designvision. Det gør det muligt for NLR's banebrydende teknologi at finde vej til succesfulde luftfartsprogrammer hos OEM'er, herunder Airbus, Embraer og Pilatus. NLR bidrager til (militære) programmer, såsom ESAs IXV re-entry køretøj, F-35, Apache-helikopteren og europæiske programmer som SESAR og Clean Sky 2.

NLR blev grundlagt i 1919 og har i dag omkring 600 medarbejdere og en omsætning på 76 mio. Euro i 2017, hvoraf 81% stammer fra kontraktforskning og de resterende fra offentlige midler.

For mere information, besøg: www.nlr.org

Postadresse

PO Box 90592
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

NLR Amsterdam

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

NLR Marknesse

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444