

# **FLYGBULLERMÄTNING ÅR 2010**

**Bromma Stockholm Airport**

## Revisionsförteckning

Rev	Datum	Upprättad av	Information
00.01	2011-03-02	Christer Heed	Utkast
01.00	2011-03-21	Christer Heed	Kvalitetskontrollerad
01.01	2011-03-21	Christer Heed	Justerad

# FLYGBULLERMÄTNING ÅR 2010

## Bromma Stockholm Airport

### Källförteckning

ANOMS – Swedavias flygvägsuppföljningssystem  
NOISEdB – ICAO Noise Certification Database

## SAMMANFATTNING

Under 2010 installerades en fast bullermätstation i Flysta, nordväst om Brommas rullbana. Mätdata avser landningar bana 12 och starter bana 30 för perioden 11 juni 2010 till 31 december 2010. Syftet med mätningarna är att jämföra dessa med beräknade ljudnivåer i mätpunkten samt att kontrollera EPNL-värdet i en av mätpunkterna som används vid certifiering då EPNL för landning mäts, det så kallade Approach värdet, specificerad enligt ICAO<sup>1</sup>.

Bullerberäkningarna har baserats på en gruppering av flygplan, där ett typflygplan fått representera respektive grupp. Dessa flygplanstypers egenskaper hämtas från en databas. Mätdata har sammanställts för de olika flygplanstyperna och jämförts med beräknade resultat i mätpunkten. För att kontrollera valet av typflygplan har flygplanstyperna grupperas för mätdata också och ett medel för gruppen jämförs med den beräknade flygplanstypen som representerar gruppen.

Bullerberäkning av den största och en av de mest frekventa av flygplanskategorierna vid flygplatsen, fyrmotorigt jetflygplan avsett för kort- och medeldistansflygningar, indikerar på en liten överskattning (3 – 4 dB) jämfört med mätningar av den mest frekventa och bullrigaste typen i gruppen för både ekvivalent och maximal ljudnivå i mätpunkten. Detta gäller både landningar och starter. Den andra av de mest frekventa grupperna, två motorig turbopropeller har den största variationen inom gruppen. Mätningarna av landningsbuller visar att de bullrigaste typerna inom denna kategori orsakar ljudnivåer jämförbara med fyrmotorig jet medan de mindre bullriga flygplanstyperna är 10 dB(A) tystare. Sammantaget visar de uppmätta resultaten en god överensstämmelse med de beräknade resultaten.

Det certifierade EPNL-värdet i punkten "Approach" jämförs med mätningar i motsvarande punkt för 14 olika flygplanstyper. Det är de flygplan där det finns både certifierade värden och uppmätta värden. Ett medelvärde av alla mätningar för respektive flygplanstyp jämförs med ett medelvärde av dess certifierade Approach-värde. I de fall det endast finns en typ av flygplan med samma motortyp används ett medelvärde endast för mätdata och det exakta certifierade värdet används. Mätningarna indikerar överlag lägre värden än de certifierade. Certifieringsvärdena gäller med en glidbana som är 3 grader förutom i de fall där intyg lämnats in till flygplatsen som visar att medelvärdet från alla tre certifieringspunkter understiger gällande villkor som finns på Bromma. För tre typer finns certifieringsvärden för 3,5 graders glidbana och dessa tre typer har något mindre uppmätta nivåer än de certifierade. Den största skillnaden är det för flygplanstyperna: C550, RJ70 och RJ85 där certifieringsvärdet ligger 6 EPNdB under mätningen. Minsta skillnaden (< 1 EPNdB) är det för typerna SB20 och J328. Skillnaderna kan bl.a. bero på att mätpunkten inte ligger exakt på den höjd under glidbanan som specificeras av ICAO<sup>1</sup>, väderförhållanden och att flygbolagsspecifika procedurer (klaffsättning och gaspådrag m.m.) skiljer sig åt.

1. International Civil Aviation Organization, Annex 16, Volume 1, Part 2, Chapter 3

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>METOD .....</b>	<b>5</b>
2.1	Mätutförande .....	5
2.2	Dataanalys .....	6
2.3	Beräkningsmetod.....	6
2.4	Bullerberäkning för jämförelse med mätresultat .....	7
2.5	Certifierade värden för jämförelse med mätresultat .....	7
<b>3</b>	<b>RESULTAT.....</b>	<b>9</b>
3.1	Landningar bana 12.....	9
3.2	Starter bana 30.....	17
<b>4</b>	<b>DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>BILAGA .....</b>	<b>25</b>
5.1	Tabell, landningar bana 12, ca 1,7 km från tröskel .....	25
5.2	Tabell, starter bana 30, ca 3,4 km från brake release .....	26
5.3	Tabell, certifieringsvärde Approach jämfört med mätning .....	27

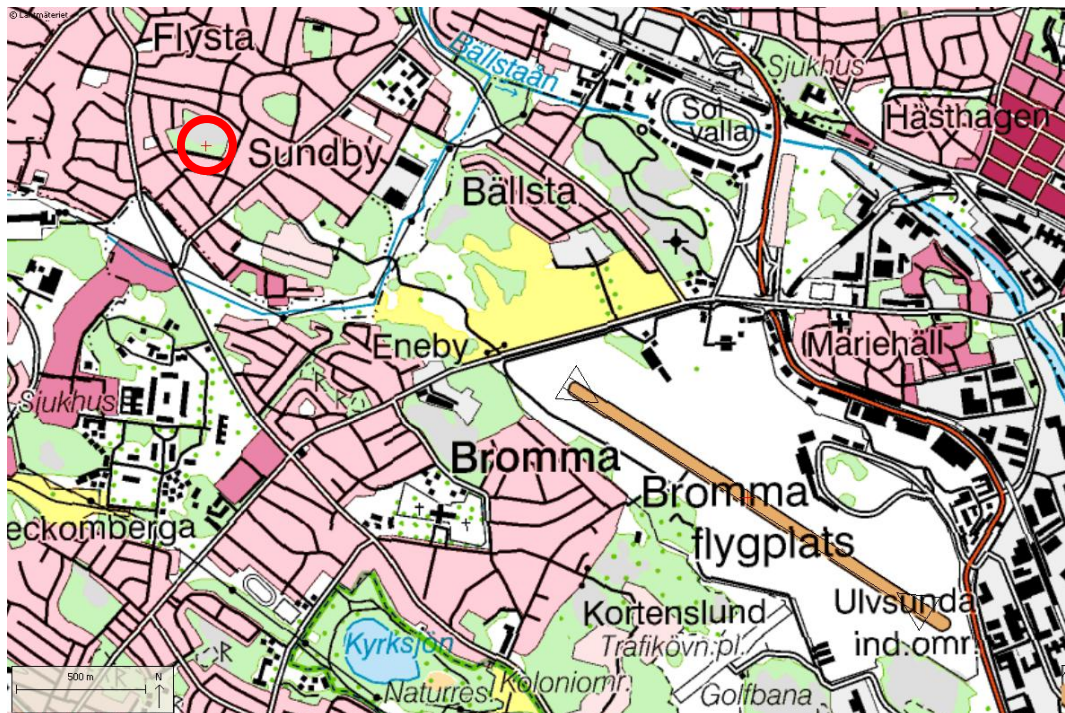
## 1 INLEDNING

Bromma Stockholm Airport har ett antal olika miljövillkor för att bedriva flygplatsverksamhet. Bland annat restriktioner beträffande flygbullernivåer av det så kallade certifieringsvärdet EPNdB. Vanligtvis förekommer vid flygplatsen en sammansättning av ca hundra olika flygplanstyper vilken förändras bland annat i takt med att flygplan moderniseras. Många av dessa flygplanstypers bulleregenskaper kan ses som likvärdiga samtidigt som användningsfrekvensen av några få flygplanstyper utgör majoriteten av rörelserna. Bullerberäkningarna i miljörapporten har baserats på en gruppering av flygplan. En vanligt förekommande flygplanstyp används som representant för respektive grupp. För bullerberäkning har dessa flygplanstypers egenskaper hämtats från en databas. För att jämföra det beräknade bullret med mätningar och kontrollera valet av flygplansrepresentant samt kontrollera EPNL-värdet för vissa flygplanstyper har bullermätningar vid flygplatsen genomförts vilka sammanfattas i denna rapport. Resultaten från denna rapport finns också med i miljörapporteringen för år 2010 på Bromma Stockholm Airport.

## 2 METOD

### 2.1 Mätutförande

En mätstation är placerad i förlängningen med rullbanan omkring 1,7 km nordväst om tröskel 12, se Figur 1.



**Figur 1:** Mätstationens placering, nordväst om rullbanan, ca 3,4 km från brake release punkten för starter bana 30.

Bullermätningen är genomförd i huvudsak obemannad under perioden 2010-07-07 – 2010-12-31. Mätmikrofonen är placerad ungefär 7,5 m över mark. Mätplatsen överflygs av landningar bana 12 och starter bana 30. Mätmikrofonen ligger ungefär 35 meter över närmsta bantröskel och ca 65 meter under glidbanan. Mätpunkten ligger ungefär 3,4 km från brake release i samband med starter bana 30. Mätstandard ISO 3891 används i tillämpliga delar, vilket bl.a. innebär kriterier för vilka väderförhållanden som kan godtas. Mätutrustningen uppfyller standard IEC61672-1 klass 1. Mätutrustningen registrerar momentana och ekvivalenta ljudnivåer. Ljudmätningarna genomförs med tidsvägningen slow och frekvensvägningen A. Akustisk nivåkalibrering utförs vid mätperiodens start och elektrisk nivåkontroll utförs 4 gånger per dygn under mätperioden.

## 2.2 Dataanalys

Mätdata, färdplansdata, väderinformation och radarinformation hämtas från ett flygvägsuppföljningssystem. De mätdata som ingår i analysen bestäms med hjälp av ISO 3891. Mätdata redovisas som aritmetiska medelvärden inom +/- 1 dB för ett 90 procentigt konfidensintervall.

## 2.3 Beräkningsmetod

Den internationellt allmänt accepterade metod som återfinns i det amerikanska beräkningsprogrammet INM version 7.0b har använts vid beräkningar av flygbuller i denna mät rapport. INM 7.0b innehåller också den buller- och prestandadatabas som allmänt används internationellt.

På Bromma används en glidbana på 3,5°, (glidbanesändarens anflygningsvinkel), vilket inte är standard i profildata som används i INM 7.0. Revidering av dessa data för att anpassa dem till Brommas förhållanden har därför gjorts.

I beräkningarna ingår också höjd- och gaspådragsdata för den specifika startproceduren som används av den operatör som flyger RJ1H. Dessa data har kontrollerats i Swedavias radaruppföljningssystem (där höjd kan avläsas) och beräkningsresultat har jämförts med tidigare uppmätta data.

På grund av den stora mängden flygplanstyper har flygplanen, (utifrån inmätta data samt officiella bullerdata från FAA, USA's myndighet i luftfartsfrågor), indelats i sex grupper för att underlätta beräkningarna. Den fördelning av för trafikfallet representativa flygplanstyper i INM buller databas som visas i tabell 1 har använts som indata i beräkningen. Grupperingen i tabell 1 av flygplanstyperna för bullerberäkning är vald med hänsyn till maximal startvikt (MTOW), luftfartygstyp (L = Landplane), antal motorer (1 – 4), motortyp (P = propeller, T = Turbopropeller, J = Jet) och turbulenskategori (L = Light, M = Medium).

**Tabell 1:** I bullerberäkning tillämpad flygplansgruppering för utfallsberäkning år 2010

Gruppering	MTOW (ton)	Typisk operatör	Grupprepresentant (INM-typ)
L,1,P,L	0 – 2	Privat	1985 1-ENG FP PROP
L,2,P,L/M	2 – 11	Privat	Baron 58P
L,1/2,T,L/M	2 – 24	Frakt	Saab SF340B/CT7-9B
L,2,J,L/M	2 – 16	Affärsjet	CIT 3
L,2/3,J,M	17 – 45	Tyngre affärsjet	GULFSTREAM G IV
L,4,J,M	40 – 45	Linjetrafik	BAE 146-300

## 2.4 Bullerberäkning för jämförelse med mätresultat

Storheten SEL (engelska för *Sound Exposure Level*) är den ekvivalenta ljudnivån av en enskild bullerhändelse normerad till en sekund och påverkas av bullerhändelsens varaktighet. SEL tillsammans med trafikmängd utgör grunden vid beräkning av viktad medelnivå utomhus FBN.

Den maximala ljudnivån är den högsta momentana ljudnivån av en bullerhändelse. Tre överskridande om 70 dB(A) tillämpas för närvarande som riktvärde för flyg.

Maximal ( $L_{Amax}$ ) och ekvivalent ljudnivå (SEL) beräknas för respektive grupprepresentant i mätpunkten med hjälp av INM 7.0b. Dessa beräknade värden jämförs med uppmätta resultat för flygplanstyper som ingår i gruppen, samt med medelvärdet av gruppen.

I bilagan finns tabeller med de flygplanstyper som ingår i respektive grupp tillsammans med ljudnivåer med standardavvikelse, samt antal mätningar som uppfyller standard ISO 3891. Mätningarnas medelvärde benämns ”Medel av MAX” och ”Medel av SEL” medan de beräknade värdena benämns ”Beräknad MAX” och ”Beräknad SEL”.

## 2.5 Certifierade värden för jämförelse med mätresultat

EPNL, Effective Perceived Noise Level, är ett sk certifieringsvärde som baseras på inmätt ljudnivå i tre mätpunkter kring respektive flygplanstyp i samband med landning och start. De mätta ljudnivåerna justeras sedan för ljudets frekvens, varaktighet och hastighet för att få fram aktuellt certifieringsvärde. Varje flygplanstyp som nyregistreras måste miljöcertifieras enligt internationell standard. EPNL anges i EPNdB. Ofta används medelvärdet av de tre certifieringspunkterna som gränsvärde för tillåtlighet såsom det angivits på Bromma flygplats.

Mätningarna jämförs med beräknade ljudnivåer i mätpunkten för att kontrollera EPNL-värdet i den av mätpunkterna som används vid certifiering då EPNL för landning mäts, det så kallade Approach värdet, specificerad enligt ICAO<sup>2</sup>.

Endast de flygplanstyper som finns i både mätdata och ICAO's certifieringslista och där det finns tillräckligt många bra mätningar för att kunna ange ett medelvärde inom +/- 1 dB för ett 90-procentigt konfidensintervall jämförs. Eftersom varje flygplanstyp finns i många olika varianter (t.ex. motortyp, pluggar och propellertyp), används ett medel av EPNL av dessa varianter från ICAO's databas för jämförelsen. Dessa benämns "Medel av Cert Approach EPNL". Medel av det uppmätta EPNL-värdet benämns "Medel av mätn. Approach EPNL". Certifieringsnivåerna gäller 3 grader glidbana förutom de flygplanstyper vilka medelvärdet av de tre mätpunkterna överstiger 89 EPNdB. För dessa typer finns ett certifikat för 3,5 graders glidbana och med specifik procedur för klaffsättning och gaspådrag som ger ett medel av de tre mätpunkterna som är under 89 EPNdB och i de fallen används det Approach-värdet.

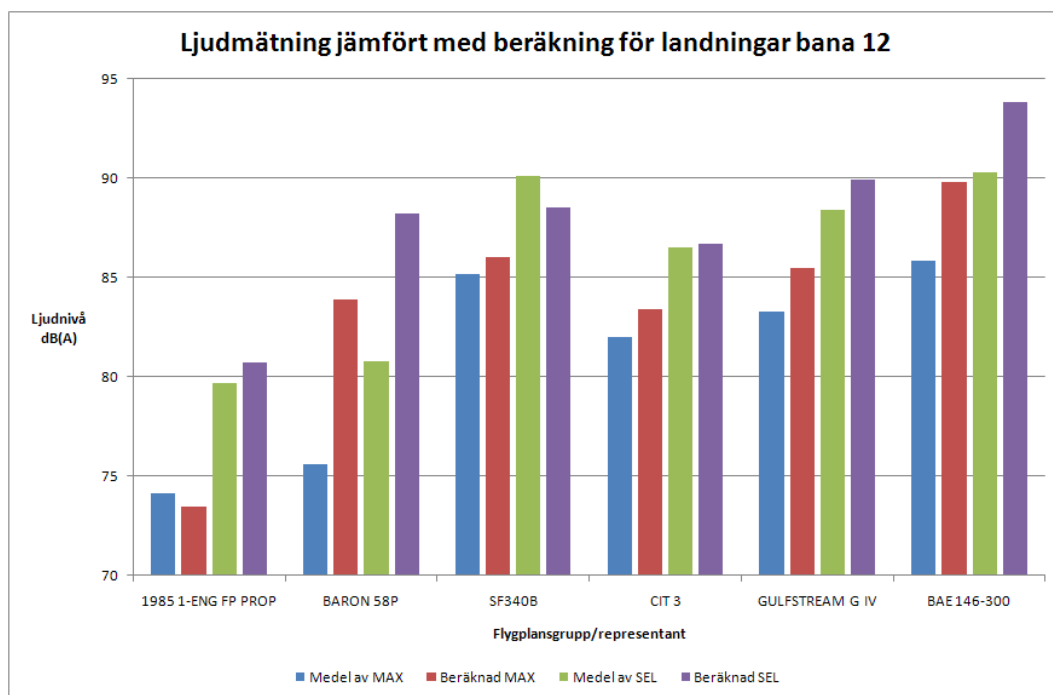
2. International Civil Aviation Organization, Annex 16, Volume 1, Part 2, Chapter 3

### 3 RESULTAT

#### 3.1 Landningar bana 12

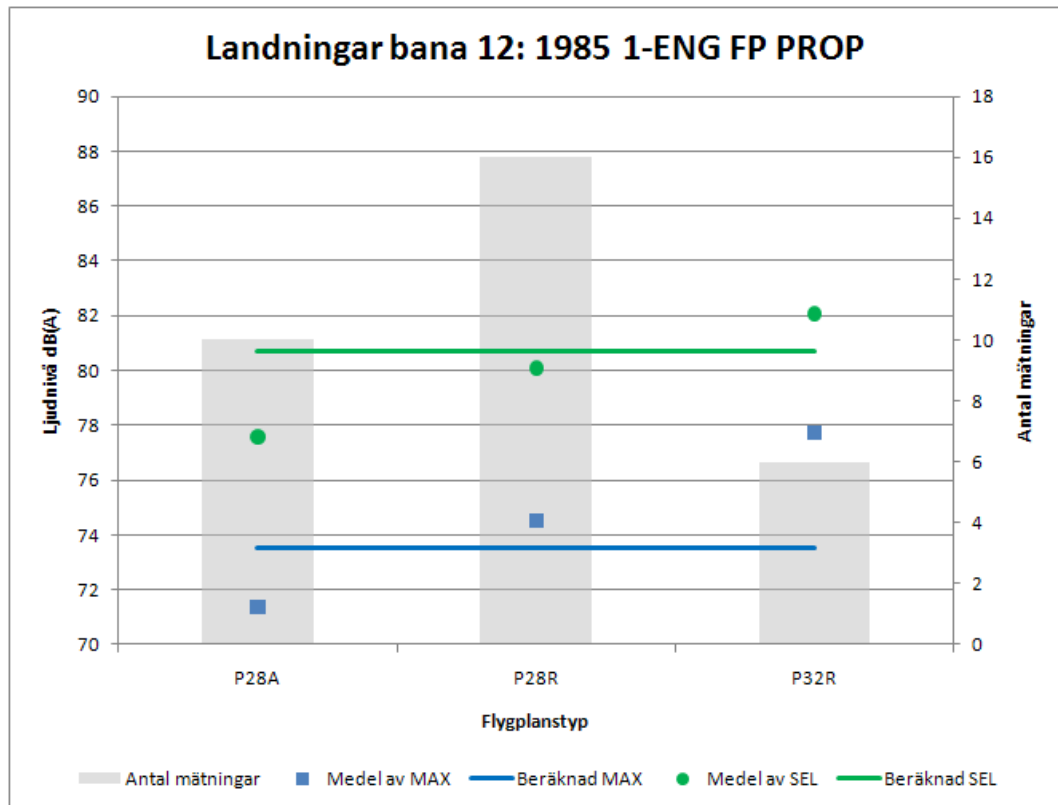
I figur 2 till 9 redovisas resultatet för bullermätningarna av landningar utförda i mätpunkt ca 1,7 km från tröskel 12. Data finns även redovisad i tabellform i bilagd tabell.

I figur 2 visas medelvärden av uppmätt ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för de sex olika grupper som flygplansflottan är indelad i för bullerberäkning. Beräknad MAX och Beräknad SEL illustrerar beräknad ljudnivå för vald grupprepresentant. Det beräknade bullret ligger ungefär 2 – 4 dB högre jämfört de uppmätta värdena för flygplansgrupperna som representeras av typerna: GULFSTREAM G IV och BAE146-300. Uppmätta värden för grupperna: 1985 1-ENG FP PROP, SF340B och CIT 3 ligger i nivå med de uppmätta. För gruppen BARON 58P ligger det beräknade bullret ca 8 dB över det uppmätta.



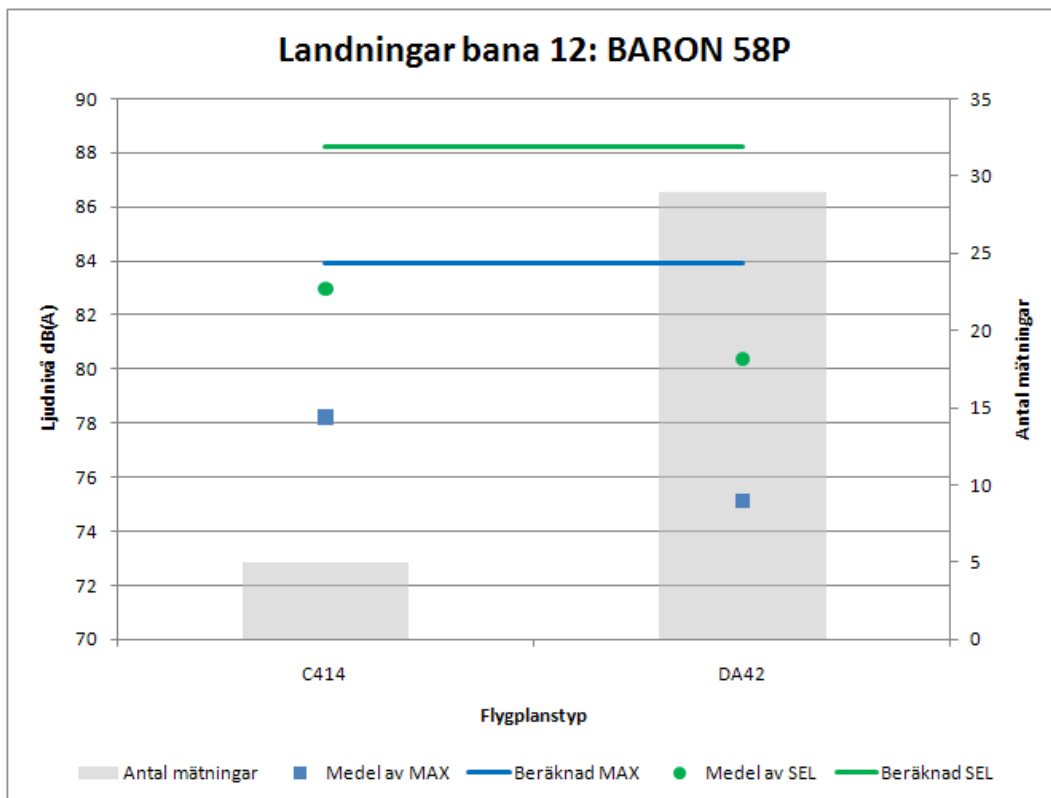
**Figur 2:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel med grupperade flygplanstyper. Blåa staplar representerar gruppens medelvärde av uppmätt  $L_{Amax}$ , gröna staplar är gruppens medelvärde av uppmätt SEL, röda och lila staplar är  $L_{Amax}$  respektive SEL beräknad för respektive grupprepresentant.

Figur 3 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för tre olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen 1985 1-ENG FP PROP som är en ersättningstyp för små enmotoriga propellerplan med maximal startvikt 0 – 2 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Skillnaden mellan det tystaste och det bullrigaste flygplanet är omkring 6 dB och det beräknade bullret för aktuell grupprepresentant ligger inom det spannet.



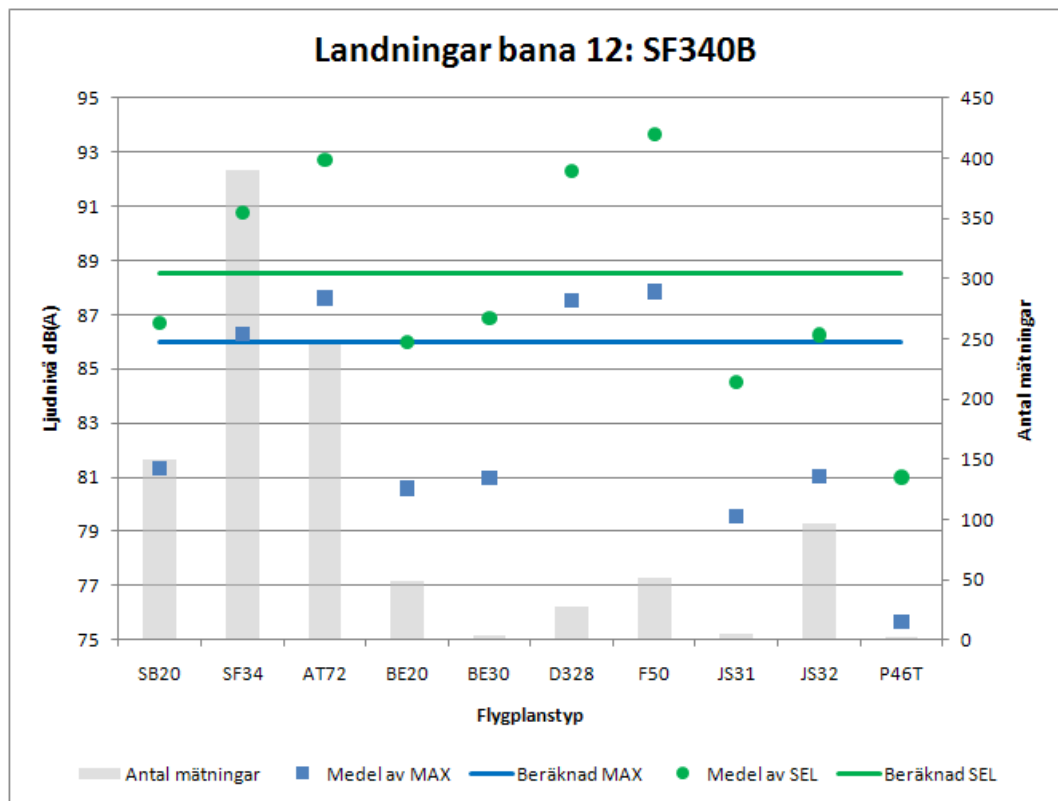
**Figur 3:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 4 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för två olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen BARON 58P som innefattar lätta och medeltunga tvåmotoriga propellerplan med maximal startvikt 2 – 11 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån överskattas med 8 dB jämfört den uppmätta nivån för den mest frekventa typen i gruppen, DA42.



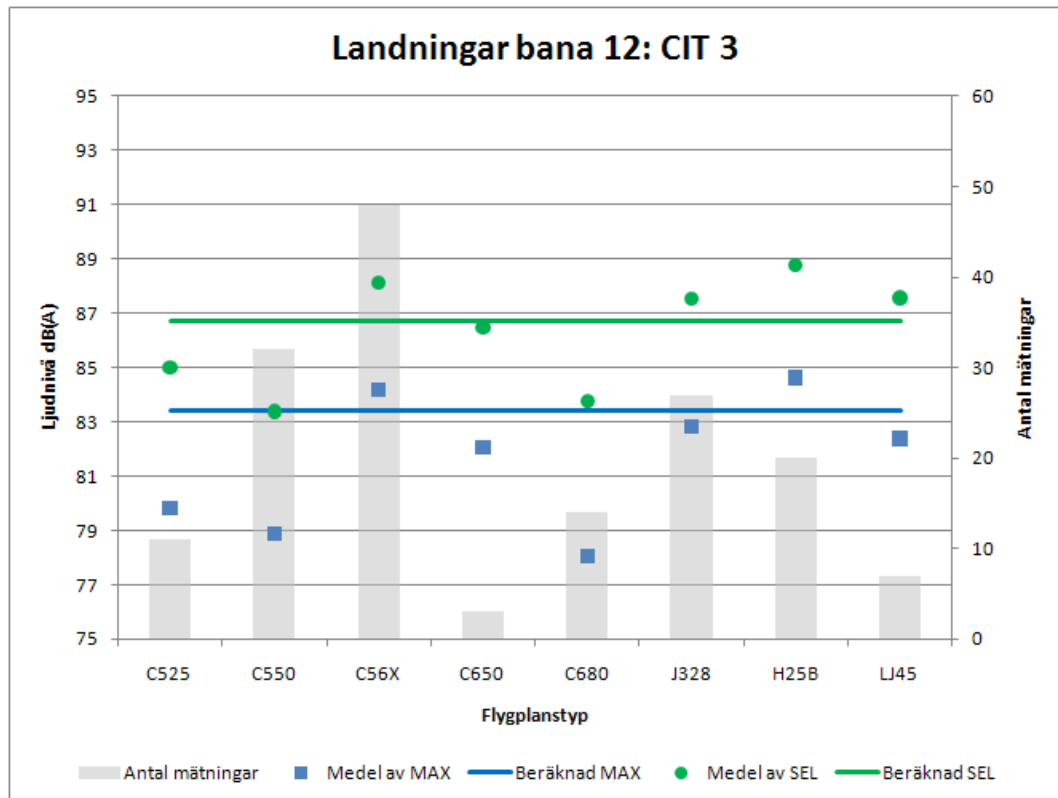
**Figur 4:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 5 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för tio olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen SAAB 340 som innefattar lätta och medeltunga en- och tvåmotoriga turbopropellerplan med maximal startvikt 2 – 24 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den största skillnaden mellan flygplanstyperna är 12 dB och den beräknade nivån ligger i det spannet. För den mest frekventa typen i gruppen, SF34, underskattas beräkningarna med mindre än 2 dB jämfört den uppmätta nivån.



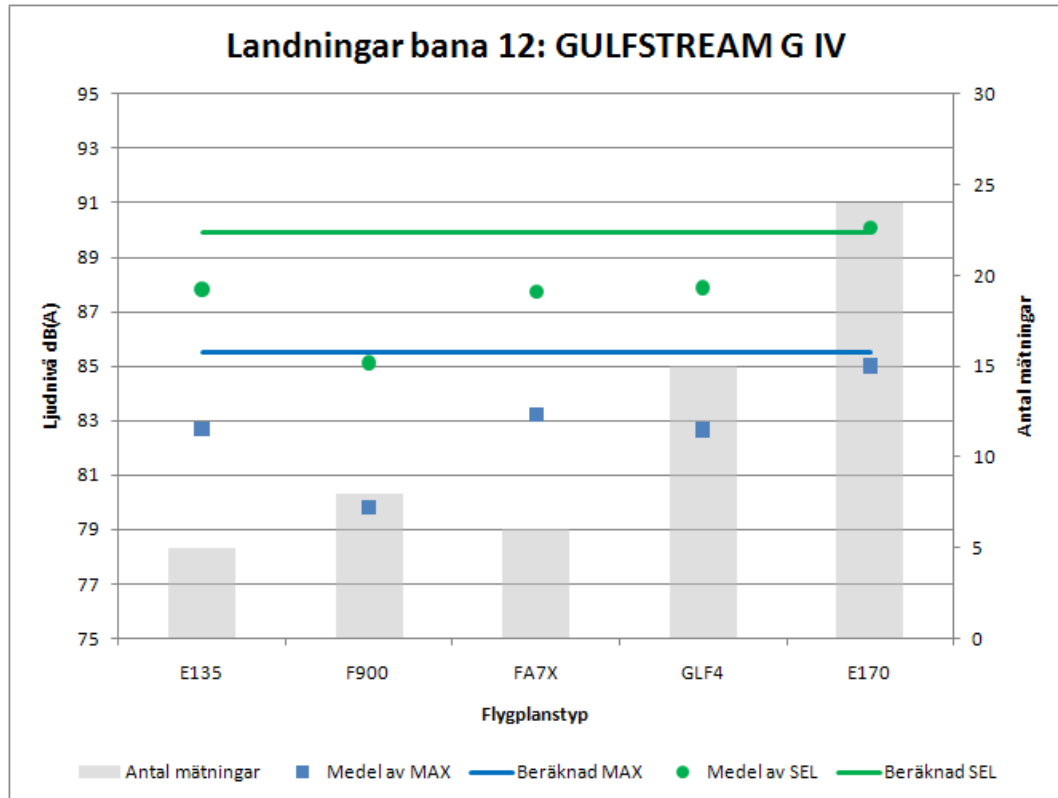
**Figur 5:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 6 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för två olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen CIT 3 som innefattar lätta jetplan med maximal startvikt 2 – 16 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den största skillnaden mellan flygplanstyperna är 6 dB och den beräknade nivån ligger i det spannet. För den mest frekventa typen i gruppen, C56X, underskattas beräkningarna med mindre än 2 dB jämfört den uppmätta nivån.



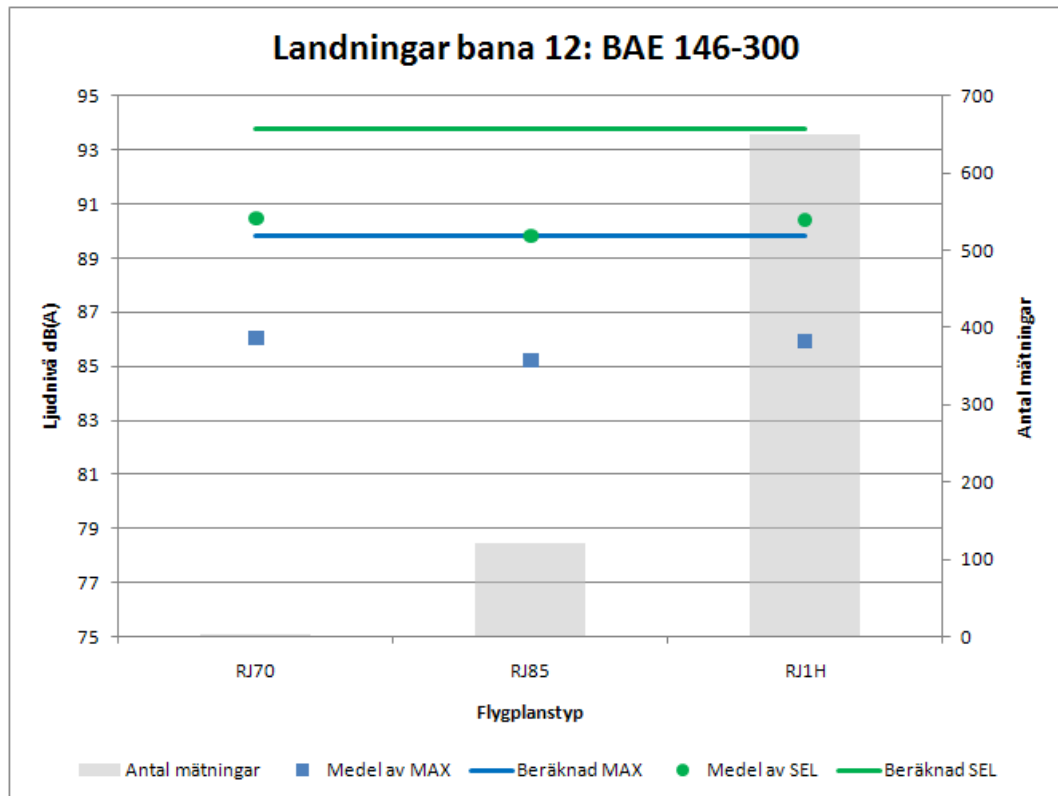
**Figur 6:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 7 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för elva olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen GIV som innefattar medeltunga två- och tre motoriga jetplan med maximal startvikt 17 – 45 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån ligger något över den uppmätta nivån för alla flygplanstyper, utom för Embraer E170 som ligger i nivå med den uppmätta.



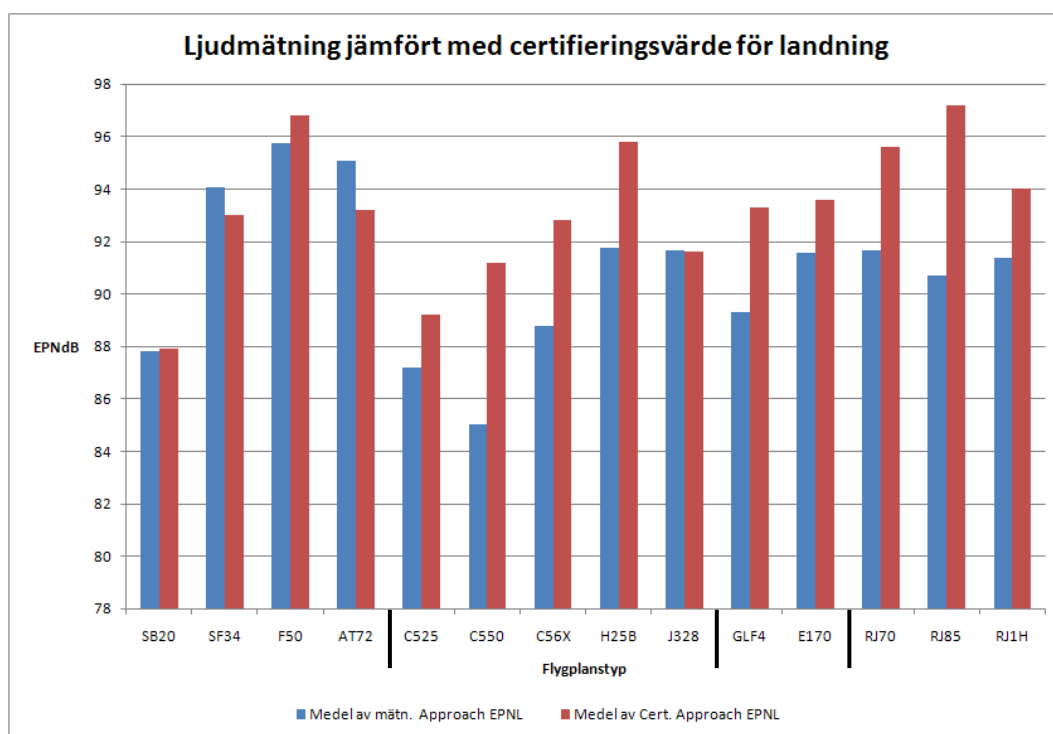
**Figur 7:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 8 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för tre olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen Avro RJ1H som innefattar medeltunga fyrmotoriga jetplan med maximal startvikt 40 – 45 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån överskattas med 4 dB jämfört den uppmätta nivån för den mest frekventa flygplanstypen, RJ1H.



**Figur 8:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

I figur 9 visas uppmätta medelvärden av EPNL jämfört med certifieringsdata för 14 av de vanligaste typerna som har trafikerat Bromma under 2010. Turbopropeller- och jetgrupperna finns representerade. Certifieringsdata är 4 – 6 EPNdB högre jämfört med medel av de uppmätta värdena för flygplanstyperna: C550, C56X, GL4, H25B, RJ70 och RJ85. Minsta skillnaden (< 1 EPNdB) är det för typerna SAAB 2000 (SB20) och Fairchild Dornier J328, medan typerna: SF34, AT72, F50, C525, E170 och RJ1H ligger mindre än 3 EPNdB under det certifierade värdet. Tio av flygplanstypernas certifieringsvärde är medelvärden av de olika motortyper och konfigurationer som är aktuella på Bromma och som hämtas från en databas som tillhandahålls av ICAO (NoisedB database). För tre typer finns specifika certifieringsintyg som gäller för situationen på Bromma: Embraer E170, Avro RJ70 och Avro RJ1H. Även för dessa ligger uppmätta nivåer under det certifierade ”Approach”-värdet. Certifieringsvärdet för F50 är hämtat från FAA<sup>3</sup> som tillhandahåller en referensdatabas för EPNL-certifieringsvärden.



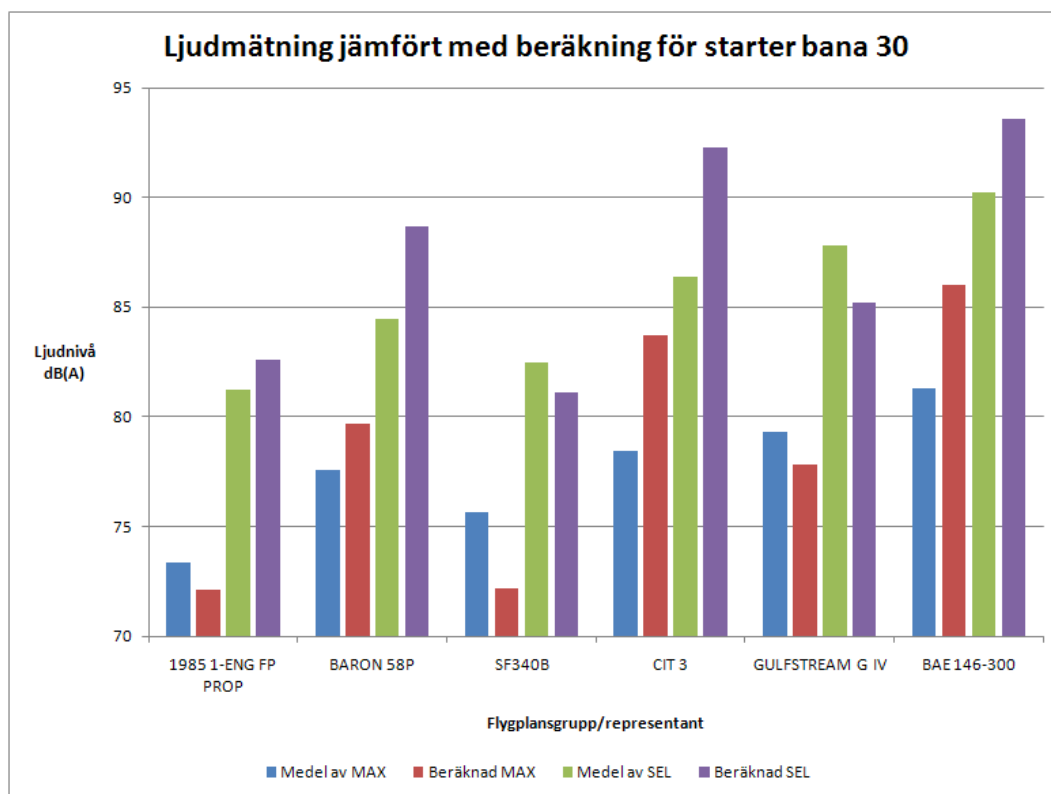
**Figur 9:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för landningar bana 12 omkring 1,7 km från tröskel med flygplanstyper från de tyngre grupperna. Blåa staplar representerar ett medelvärde av uppmätt EPNL, röda staplar representerar medelvärde av certifierade EPNL hämtat från ICAO Noise dB databas. För E170, RJ70 och RJ1H har certifieringsvärdet tagits från inlämnat intyg. Värdet för F50 är hämtat från FAA. Turbopropeller- och jetgrupperna finns representerade, i figuren avgränsade med vertikala streck.

### 3. Federal Aviation Administration, federal luftfartsmyndighet i USA

### 3.2 Starter bana 30

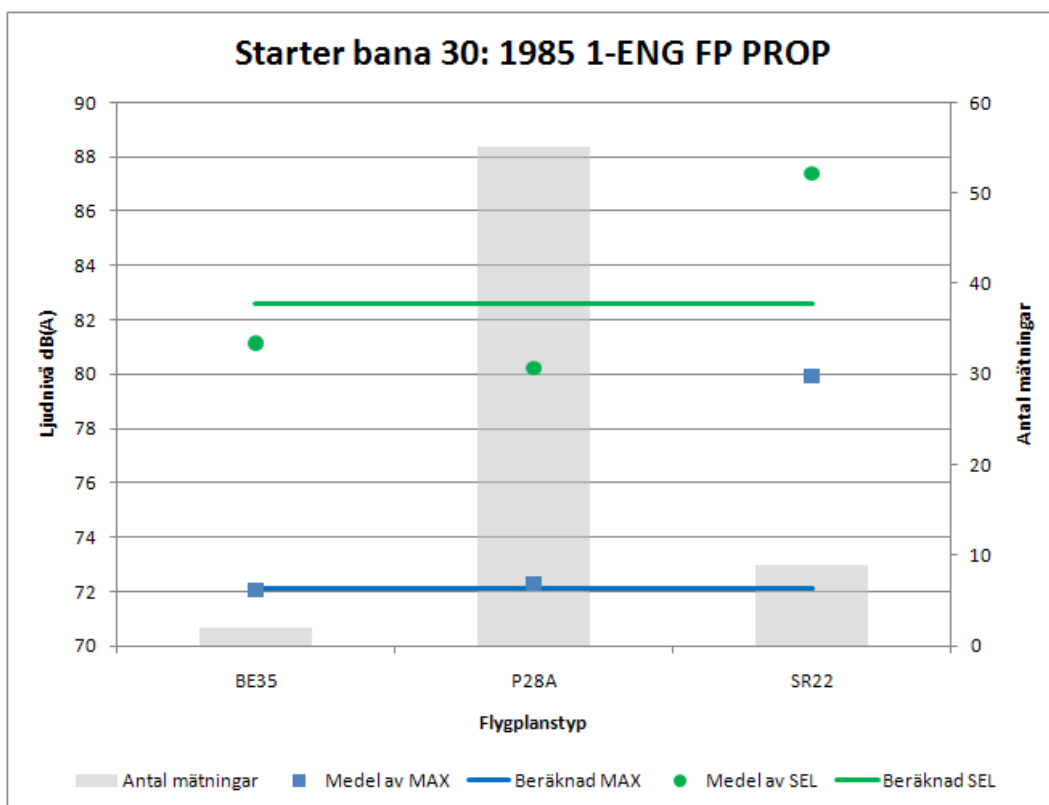
I figur 10 – 17 redovisas resultatet för bullermätningarna av starter bana 30 utförda i mätpunkt ca 3,4 km från brake release. Data finns även redovisad i tabellform i bilagd tabell.

I figur 10 visas medelvärden av uppmätt ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå från starter för de 6 olika grupper som flygplansflottan är indelad i för bullerberäkning. Beräknad MAX och Beräknad SEL illustrerar beräknad ljudnivå för vald grupprepresentant. Det beräknade bullret ligger ungefär 2 – 5 dB högre jämfört de uppmätta värdena för flygplansgrupperna som representeras av typerna: BARON 58P, CIT 3 och BAE 146-300. Uppmätta värden för grupperna: 1985 1-ENG FP PROP, SF340B och GULFSTREAM G IV ligger i nivå med eller något högre än de beräknade värdena.



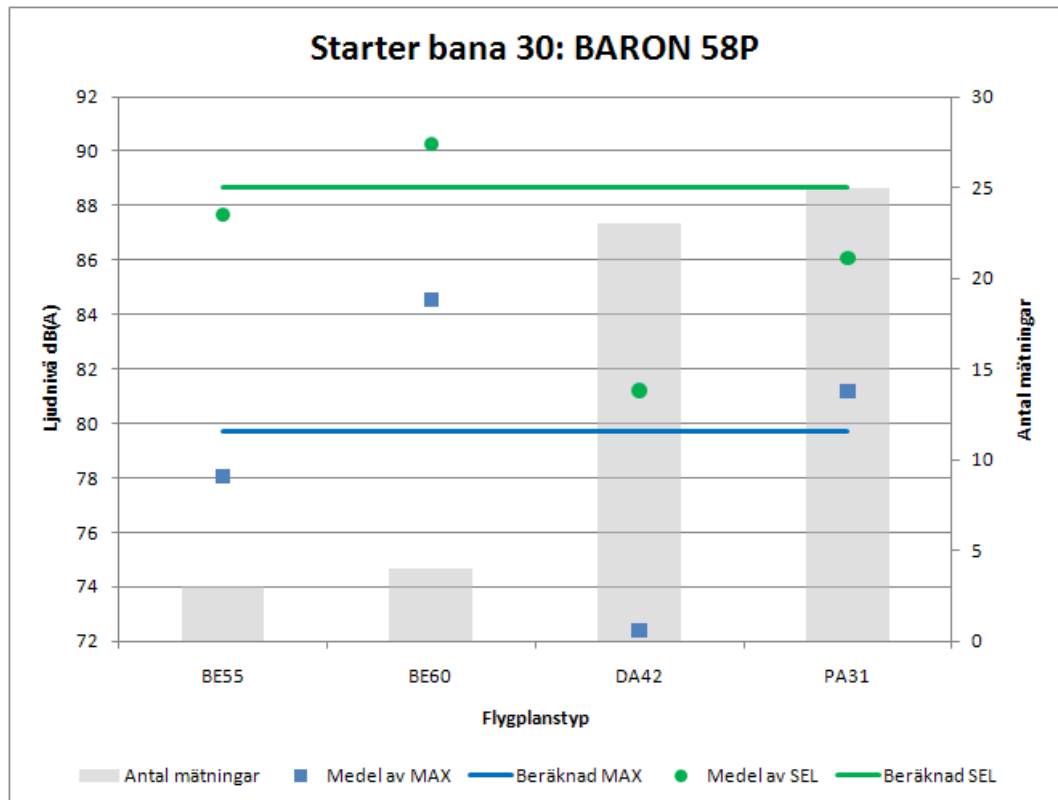
**Figur 10:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release med grupperade flygplanstyper. Blå staplar representerar gruppens medelvärde av uppmätt  $L_{Amax}$ , gröna staplar är gruppens medelvärde av uppmätt SEL, röda och lila staplar är  $L_{Amax}$  respektive SEL beräknad för respektive grupprepresentant.

Figur 11 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för tre olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen 1985 1-ENG FP PROP som är en ersättningstyp för små enmotoriga propellerplan med maximal startvikt 0 – 2 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Skillnaden mellan det tystaste och det bullrigaste flygplanet är omkring 8 dB(A) och det beräknade bullret för aktuell grupprepresentant ligger inom det spannet. Flygplanstypen Piper PA-28 (P28A) dominerar gruppen och där ligger det beräknade bullret ca 2 dB ifrån det uppmätta.



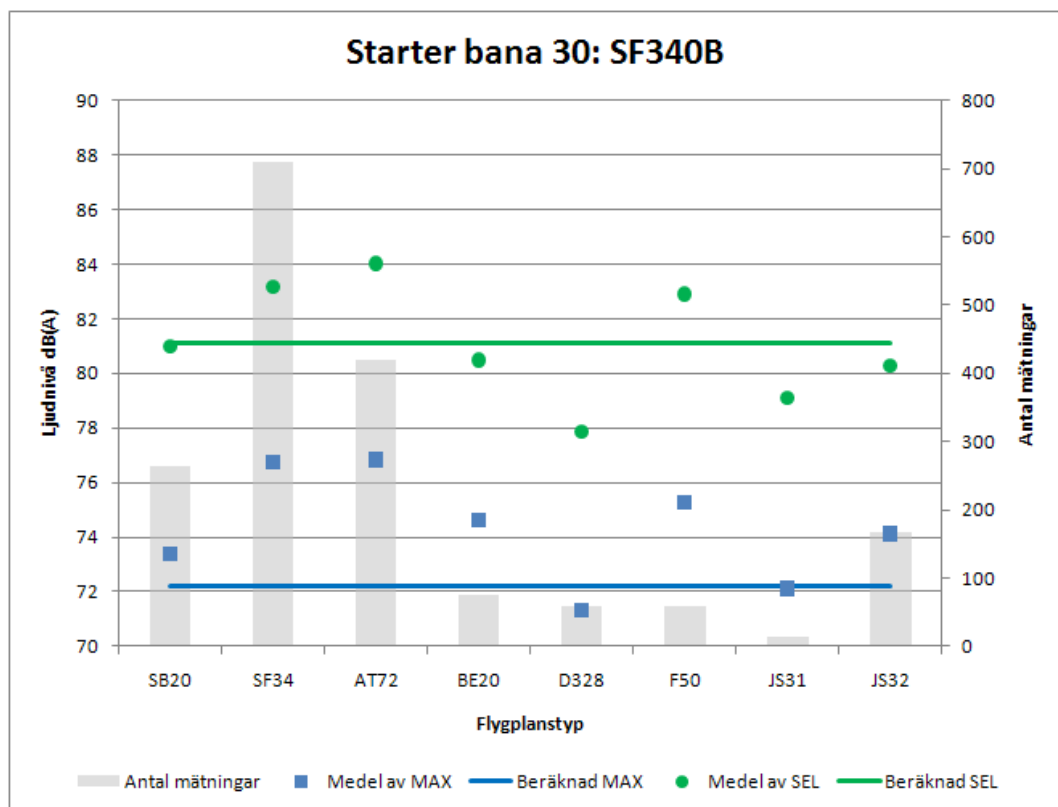
**Figur 11:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 12 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för fyra olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen BARON 58P som innefattar lätta och medeltunga tvåmotoriga propellerplan med maximal startvikt 2 – 11 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån överskattas med 2 – 7 dB jämfört den uppmätta nivån för de två mest frekventa typerna, DA42 och PA31.



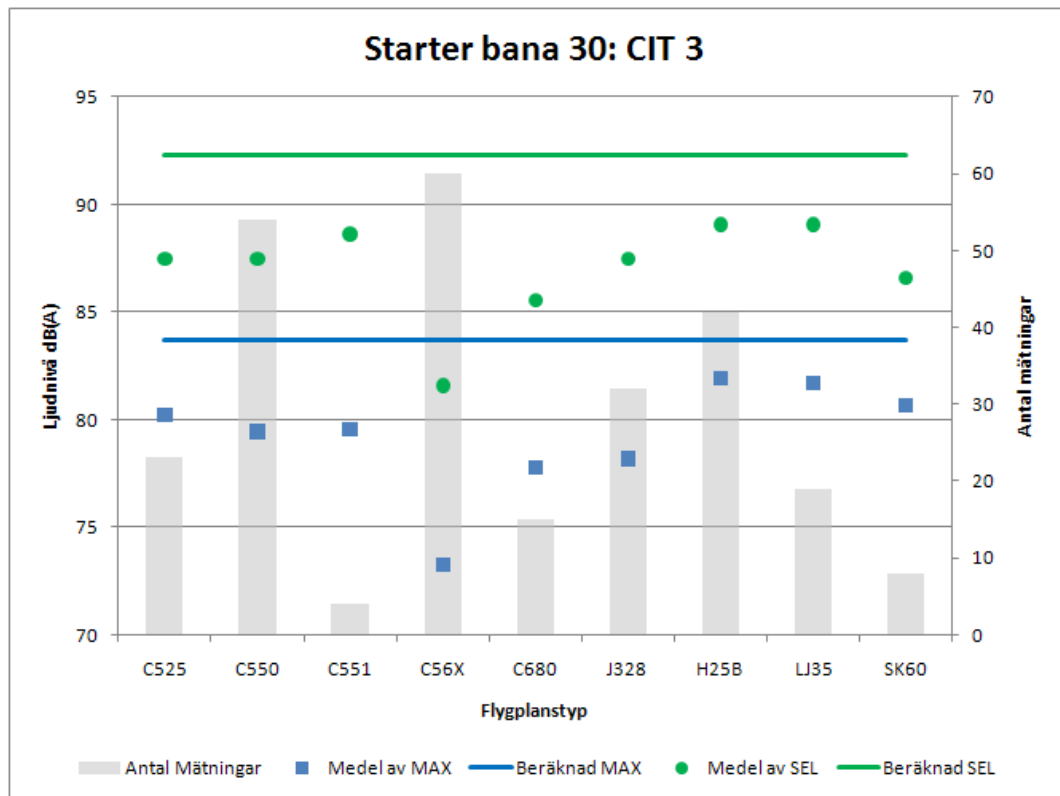
**Figur 12:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 13 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för åtta olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen SAAB 340 som innefattar lätta och medeltunga en- och tvåmotoriga turbopropellerplan med maximal startvikt 2 – 24 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den största skillnaden mellan flygplanstyperna är 6 dB och den beräknade nivån ligger i det spannet. För den mest frekventa typen och tillika grupprepresentant SF340B underskattas beräkningarna med mindre än 2 dB.



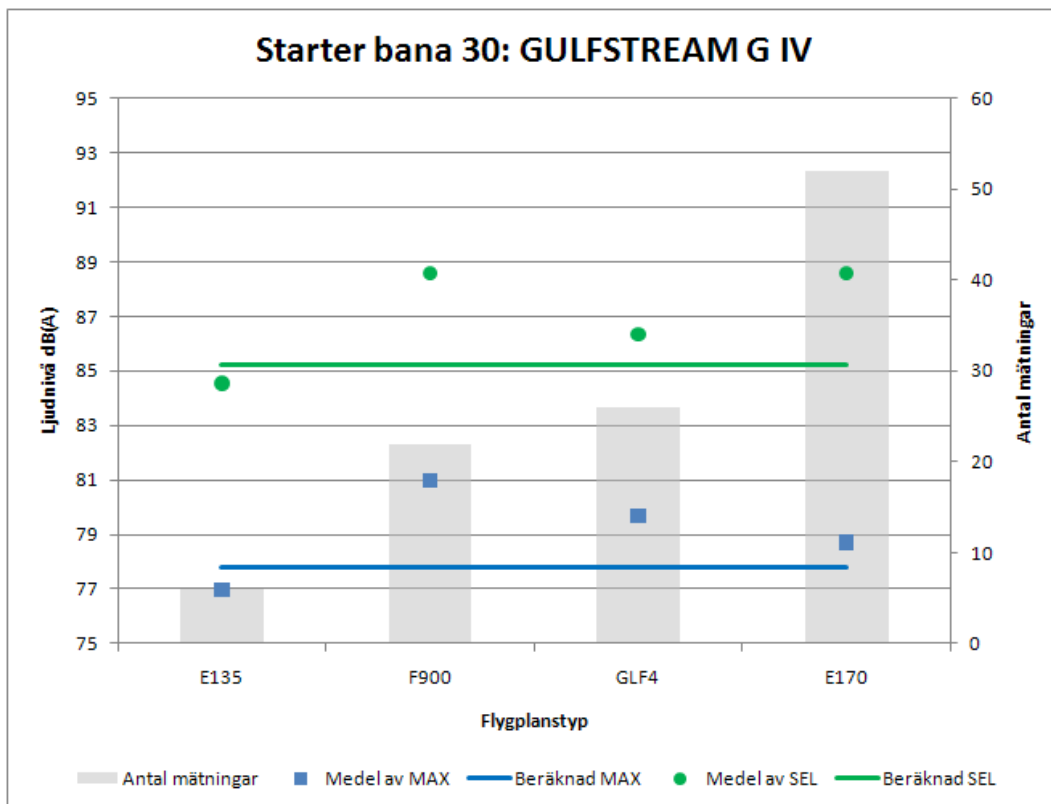
**Figur 13:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 14 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för fyra olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen CIT 3 som innefattar lätta jetplan med maximal startvikt 2 – 16 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån överskattas med 2 – 10 dB jämfört den uppmätta nivån.



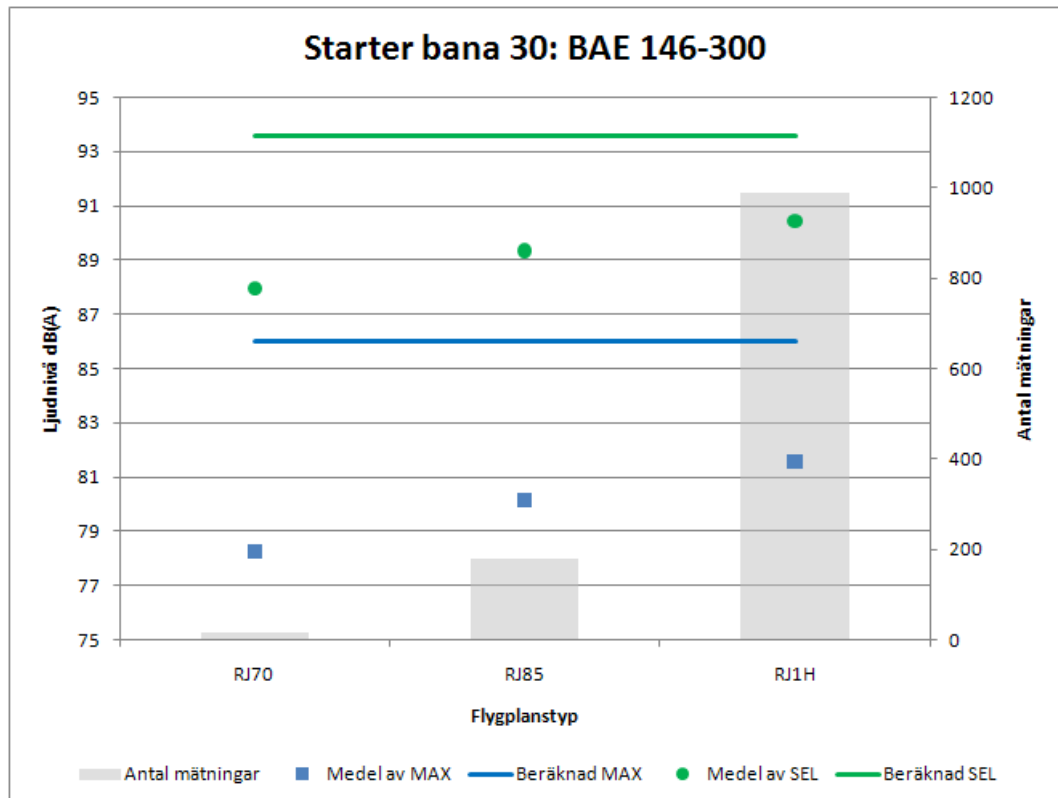
**Figur 14:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 15 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för nio olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen GIV som innefattar medeltunga två- och tremotoriga jetplan med maximal startvikt 17 – 45 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den största skillnaden mellan flygplanstyperna är 4 dB och den beräknade nivån ligger inom det spannet.



**Figur 15:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

Figur 16 visar uppmätta medelvärden av ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå för tre olika flygplanstyper inom gruppen som representeras av flygplanstypen Avro RJ1H som innefattar medeltunga fyrmotoriga jetplan med maximal startvikt 40 – 45 ton. Strecken illustrerar beräknad ljudnivå för grupprepresentanten. Den beräknade nivån överskattas med 3 dB jämfört den uppmätta nivån för den mest frekventa flygplanstypen, RJ1H.



**Figur 16:** Uppmätta aritmetiska medelvärden för starter bana 30 omkring 3,4 km från brake release jämförs med beräkningar av flygplanstyp som representerar gruppen. Blått streck representerar gruppens beräknade  $L_{Amax}$  och blå kvadrat representerar medel av uppmätt  $L_{Amax}$  för respektive flygplanstyp. Grönt streck representerar gruppens beräknade SEL och grön cirkel representerar medel av uppmätt SEL för respektive flygplanstyp.

## 4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I denna rapport har en flygbullermätning vid Bromma flygplats sammanställts. Flygplanstyperna har grupperats in i grupper och medel av uppmätta ljudnivåer har jämförts med beräknade värden för grupprepresentanter. Mätresultaten av den flygplanstyp som utgjorde majoriteten av rörelserna (27 %) år 2010, Avro RJ1H, påvisar något lägre ljudnivåer jämfört med beräknade. Detta gäller både för start och för landning. Samtidigt visar mätresultaten att denna typ orsakar bland de högsta ljudnivåerna inom gruppen och ger på så sätt ett litet utrymme för variationer större än medelvärdet. Den största uppmätta variationen bland olika flygplanstyper återfinns i den grupp som omfattar turbopropellerflygplan. Mätningarna av landningsbuller visar att de bullrigaste typerna inom denna kategori orsakar ljudnivåer jämförbara med Avro RJ1H medan de mindre bullriga flygplanstyperna är 10 dB tystare. Den högsta uppmätta maximala ljudnivån från startande flygplan orsakas av flygplanstypen BE60 och den högsta ekvivalenta ljudnivån från starter orsakas av den mest frekventa flygplanstypen RJ1H. Sammantaget visar de uppmätta resultaten en god överensstämmelse med de beräknade resultaten.

Det certifierade EPNL-värdet i punkten "Approach" jämförs med mätningar i motsvarande punkt för 14 olika flygplanstyper. Mätningarna indikerar överlag lägre värden än de certifierade. Detta beror bl.a. på att certifieringsvärdena gäller med en glidbana som är 3 grader förutom i de fall där intyg lämnats in till flygplatsen som visar att medelvärdet från alla tre certifieringspunkter understiger gällande villkor som finns på Bromma. För tre typer finns certifieringsvärden för 3,5 graders glidbana och dessa tre typer har något lägre uppmätta nivåer än de certifierade. Den största skillnaden är det för flygplanstyperna: C550, RJ70 och RJ85 där certifieringsvärdet ligger 6 EPNdB under uppmätta resultat. Minsta skillnaden (< 1 EPNdB) är det för typerna SB20 och J328. Generellt kan skillnaderna bl.a. bero på att mätmikrofonen inte ligger exakt på den höjd under glidbanan och att mätmikrofonens höjd över mark inte överensstämmer med den som specificeras av ICAO<sup>1</sup>, samt att mätpunktens avstånd (1,7 km) till tröskeln är något kortare än standard. Andra orsaker kan vara väderförhållanden och att flygbolagsspecifika procedurer (klaffsättning och gaspådrag m.m.) skiljer sig åt. Ett utökat samarbete med flygbolagen för att kunna ta hänsyn till deras specifika procedurer skulle kunna optimera beräkningarna.

## 5 BILAGA

### 5.1 Tabell, landningar bana 12, ca 1,7 km från tröskel

Alla uppmätta flygplanstyper som ingår i respektive grupp för medel av maximala och ekvivalenta ljudnivåer med standardavvikelse och antal rörelser. Medel ligger inom +/- 1 dB för ett 90-procentigt konfidensintervall för alla typer utom de med typrepresentanten 1985 1-ENG FP PROP där medel ligger inom +/- 3 dB för ett 90-procentigt konfidensintervall. Beräknade ljudnivåer för respektive typrepresentant finns med som jämförelse. Max och SEL anges i dB(A).

INM-typ	Flygplans- typ	Typgrupp	Typvikt (ton)	Medel av MAX dB(A)	Stdav av MAX	Medel av SEL dB(A)	Stdav av SEL	Beräknad MAX dB(A)	Beräknad SEL dB(A)	Antal
<b>1985 1-ENG FP PROP</b>				<b>74,1</b>	<b>3,99</b>	<b>79,7</b>	<b>3,32</b>	<b>73,5</b>	<b>80,7</b>	<b>32</b>
	<b>P28A</b>	L1PL	1,1	71,4	3,41	77,6	3,35	73,5	80,7	10
	<b>P28R</b>	L1PL	1,2	74,5	3,35	80,1	2,80	73,5	80,7	16
	<b>P32R</b>	L1PL	1,6	77,7	3,58	82,1	2,92	73,5	80,7	6
<b>BARON 58P</b>				<b>75,6</b>	<b>2,75</b>	<b>80,8</b>	<b>2,44</b>	<b>83,9</b>	<b>88,2</b>	<b>34</b>
	<b>C414</b>	L2PL	2,9	78,2	0,53	83,0	1,10	83,9	88,2	5
	<b>DA42</b>	L2PL	1,8	75,1	2,73	80,4	2,41	83,9	88,2	29
<b>SF340B</b>				<b>85,2</b>	<b>3,74</b>	<b>90,1</b>	<b>3,47</b>	<b>86,0</b>	<b>88,5</b>	<b>1022</b>
	<b>SB20</b>	L2TM	23	81,3	2,18	86,7	2,06	86,0	88,5	150
	<b>SF34</b>	L2TM	13,2	86,3	2,76	90,8	2,47	86,0	88,5	390
	<b>AT72</b>	L2TM	22,5	87,6	1,97	92,7	1,70	86,0	88,5	248
	<b>BE20</b>	L2TL	5,7	80,6	3,00	86,0	2,93	86,0	88,5	49
	<b>BE30</b>	L2TL	5,7	81,0	0,95	86,9	0,51	86,0	88,5	3
	<b>D328</b>	L2TM	14	87,5	1,09	92,3	1,01	86,0	88,5	28
	<b>F50</b>	L2TM	20,8	87,8	4,47	93,6	3,95	86,0	88,5	51
	<b>JS31</b>	L2TL/M	7,1	79,5	0,59	84,5	0,24	86,0	88,5	5
	<b>JS32</b>	L2TM	7,4	81,0	2,11	86,3	1,97	86,0	88,5	96
	<b>P46T</b>	L1TL	2	75,7	0,35	81,0	0,28	86,0	88,5	2
<b>CIT 3</b>				<b>82,0</b>	<b>3,12</b>	<b>86,5</b>	<b>2,56</b>	<b>83,4</b>	<b>86,7</b>	<b>162</b>
	<b>C525</b>	L2JL	4,9	79,8	2,35	85,0	1,69	83,4	86,7	11
	<b>C550</b>	L2JL	6,6	78,9	2,71	83,4	2,01	83,4	86,7	32
	<b>C56X</b>	L2JM	9,1	84,2	2,09	88,1	1,53	83,4	86,7	48
	<b>C650</b>	L2JM	9,8	82,1	0,32	86,5	0,15	83,4	86,7	3
	<b>C680</b>	L2JM	13,7	78,1	1,00	83,8	0,73	83,4	86,7	14
	<b>J328</b>	L2JM	15,7	82,8	1,09	87,5	1,18	83,4	86,7	27
	<b>H25B</b>	L2JM	12,7	84,6	1,82	88,8	1,38	83,4	86,7	20
	<b>LJ45</b>	L2JM	9,8	82,4	1,46	87,6	1,08	83,4	86,7	7
<b>GULFSTREAM G IV</b>				<b>83,3</b>	<b>2,18</b>	<b>88,4</b>	<b>2,01</b>	<b>85,5</b>	<b>89,9</b>	<b>58</b>
	<b>E135</b>	L2JM	19	82,7	0,74	87,8	0,45	85,5	89,9	5
	<b>F900</b>	L3JM	22,2	79,8	1,50	85,1	1,49	85,5	89,9	8
	<b>FA7X</b>	L3JM	31,3	83,2	1,33	87,8	0,84	85,5	89,9	6

Forts. på nästa sida

Forts. från förra sidan

<b>GLF4</b>	L2JM	33,2	82,7	0,96	87,9	0,79	85,5	89,9	15
<b>E170</b>	L2JM	36	85,0	1,57	90,1	1,30	85,5	89,9	24
<b>BAE 146-300</b>			<b>85,8</b>	<b>2,95</b>	<b>90,3</b>	<b>2,54</b>	<b>89,8</b>	<b>93,8</b>	<b>775</b>
<b>RJ70</b>	L4JM	40,8	86,0	1,26	90,5	0,89	89,8	93,8	4
<b>RJ85</b>	L4JM	42	85,2	3,17	89,8	2,66	89,8	93,8	120
<b>RJ1H</b>	L4JM	44,2	85,9	2,91	90,4	2,52	89,8	93,8	651
<b>Totalt</b>									<b>2083</b>

## 5.2

### Tabell, starter bana 30, ca 3,4 km från brake release

Alla uppmätta flygplanstyper som ingår i respektive grupp för medel av maximala och ekvivalenta ljudnivåer med standardavvikelse och antal rörelser. Medel ligger inom +/- 1 dB för ett 90-procentigt konfidensintervall. Beräknade ljudnivåer för respektive typrepresentant finns med som jämförelse. Max och SEL anges i dB(A).

INM-typ	Flygplans- typ	Typgrupp	Typvikt (ton)	Medel av MAX dB(A)	Stdav av MAX	Medel av SEL dB(A)	Stdav av SEL	Beräknad MAX dB(A)	Beräknad SEL dB(A)	Antal
<b>1985 1-ENG FP PROP</b>				<b>73,3</b>	<b>4,14</b>	<b>81,2</b>	<b>4,42</b>	<b>72,1</b>	<b>82,6</b>	<b>66</b>
	<b>BE35</b>	L1PL	1,2	72,1	0,35	81,2	0,21	72,1	82,6	2
	<b>P28A</b>	L1PL	1,1	72,3	3,47	80,2	4,01	72,1	82,6	55
	<b>SR22</b>	L1PL	1,5	79,9	1,06	87,4	0,67	72,1	82,6	9
<b>BARON 58P</b>				<b>77,6</b>	<b>5,43</b>	<b>84,4</b>	<b>3,77</b>	<b>79,7</b>	<b>88,7</b>	<b>55</b>
	<b>BE55</b>	L2PL	2,3	78,1	1,70	87,7	0,81	79,7	88,7	3
	<b>BE60</b>	L2PL	3,1	84,6	0,83	90,3	0,79	79,7	88,7	4
	<b>DA42</b>	L2PL	1,8	72,4	2,55	81,2	2,66	79,7	88,7	23
	<b>PA31</b>	L2PL	3	81,2	3,54	86,1	2,37	79,7	88,7	25
<b>SF340B</b>				<b>75,7</b>	<b>2,96</b>	<b>82,5</b>	<b>2,40</b>	<b>72,2</b>	<b>81,1</b>	<b>1764</b>
	<b>SB20</b>	L2TM	23	73,4	1,73	81,0	1,32	72,2	81,1	263
	<b>SF34</b>	L2TM	13,2	76,7	2,76	83,2	1,92	72,2	81,1	710
	<b>AT72</b>	L2TM	22,5	76,8	2,57	84,0	1,84	72,2	81,1	419
	<b>BE20</b>	L2TL	5,7	74,6	2,66	80,5	1,92	72,2	81,1	75
	<b>D328</b>	L2TM	14	71,3	2,81	77,9	2,49	72,2	81,1	58
	<b>F50</b>	L2TM	20,8	75,3	2,52	82,9	1,84	72,2	81,1	59
	<b>JS31</b>	L2TL/M	7,1	72,1	2,01	79,1	1,27	72,2	81,1	13
	<b>JS32</b>	L2TM	7,4	74,1	1,98	80,3	1,55	72,2	81,1	167
<b>CIT 3</b>				<b>78,4</b>	<b>4,33</b>	<b>86,4</b>	<b>3,84</b>	<b>83,7</b>	<b>92,3</b>	<b>257</b>
	<b>C525</b>	L2JL	4,9	80,2	3,08	87,5	2,36	83,7	92,3	23
	<b>C550</b>	L2JL	6,6	79,4	3,72	87,5	3,36	83,7	92,3	54
	<b>C551</b>	L2JL	5,7	79,6	1,40	88,6	0,64	83,7	92,3	4
	<b>C56X</b>	L2JM	9,1	73,3	3,05	81,6	3,27	83,7	92,3	60
	<b>C680</b>	L2JM	13,7	77,8	1,84	85,5	1,29	83,7	92,3	15
	<b>J328</b>	L2JM	15,7	78,2	2,20	87,5	1,73	83,7	92,3	32

Forts. på nästa sida

Forts. från förra sidan

<b>H25B</b>	L2JM	12,7	81,9	3,19	89,1	2,41	83,7	92,3	42
<b>LJ35</b>	L2JM	8,3	81,7	3,12	89,1	2,17	83,7	92,3	19
<b>SK60</b>	L2JL	4,6	80,7	0,94	86,6	0,81	83,7	92,3	8
<b>GULFSTREAM G IV</b>			<b>79,3</b>	<b>3,17</b>	<b>87,8</b>	<b>3,06</b>	<b>77,8</b>	<b>85,2</b>	<b>106</b>
<b>E135</b>	L2JM	19	77,0	1,81	84,6	1,48	77,8	85,2	6
<b>F900</b>	L3JM	22,2	81,0	2,83	88,6	2,28	77,8	85,2	22
<b>GLF4</b>	L2JM	33,2	79,7	3,72	86,3	2,80	77,8	85,2	26
<b>E170</b>	L2JM	36	78,7	2,83	88,6	3,13	77,8	85,2	52
<b>BAE 146-300</b>			<b>81,3</b>	<b>2,83</b>	<b>90,2</b>	<b>2,10</b>	<b>86,0</b>	<b>93,6</b>	<b>1188</b>
<b>RJ70</b>	L4JM	40,8	78,2	1,95	87,9	1,31	86,0	93,6	18
<b>RJ85</b>	L4JM	42	80,1	2,78	89,4	2,14	86,0	93,6	180
<b>RJ1H</b>	L4JM	44,2	81,6	2,77	90,4	2,04	86,0	93,6	990
<b>Totalt</b>									<b>3436</b>

### 5.3

#### Tabell, certifieringsvärde Approach jämfört med mätning

Alla uppmätta flygplanstyper som uppfyller ISO 3891 och som dessutom finns med i ICAO's certifieringsdatabas NoisedB. "Medel av Cert. Approach EPNL" avser aritmetiskt medel av respektive flygplanstyps motorkonfiguration m.m. i NoisedB-databasen. För typen F50 är certifieringsdata hämtat från FAA och för typerna: E170, RJ70 och RJ1H har certifieringsdata med bl.a. 3,5 graders inflygning använts och dessa är inte medelvärden utan är flygplans- och flygbolagsspecifikt för Bromma flygplats. "Medel av mätn. Approach EPNL" är aritmetiskt medel av uppmätt EPNL med standardavvikelse. Medel ligger inom +/- 1 EPNdB för ett 90-procentigt konfidensintervall för alla typer. EPNL anges i EPNdB.

Flygplans- typ	Typ- grupp	Typvikt (ton)	Medel av mätn. Approach EPNL	Stdav av mätn. Approach EPNL	Medel av Cert. Approach EPNL	Antal
<b>SB20</b>	L2TM	23	87,8	2,59	87,9	150
<b>SF34</b>	L2TM	13,2	94,1	2,92	93,0	390
<b>AT72</b>	L2TM	22,5	95,1	2,37	93,2	248
<b>F50</b>	L2TM	20,8	95,7	4,62	96,8	51
<b>C525</b>	L2JL	4,9	87,2	2,02	89,2	11
<b>C550</b>	L2JL	6,6	85,0	2,02	91,2	32
<b>C56X</b>	L2JM	9,1	88,8	1,55	92,8	48
<b>GLF4</b>	L2JM	33,2	89,3	0,92	93,3	15
<b>E170</b>	L2JM	36	91,6	2,45	93,6	24
<b>J328</b>	L2JM	15,7	91,6	1,09	91,6	27
<b>H25B</b>	L2JM	12,7	91,7	1,66	95,8	20
<b>RJ70</b>	L4JM	40,8	91,7	1,28	95,6	4
<b>RJ85</b>	L4JM	42	90,7	3,12	97,2	120
<b>RJ1H</b>	L4JM	44,2	91,4	3,14	94,0	651
<b>Totalt</b>						<b>1791</b>