

FÖRDJUPNING FLYGTRAFIK OCH FLYGVÄGAR

Uppgifterna i detta avsnitt avser år 2010 och har hämtats från:

- Swedavias statistik TRISS - som utgör faktureringsunderlag gentemot flygbolagen.
- Swedavias flygvägsuppföljningssystem ANOMS

BANANVÄNDNING

I tabell 1 redovisas bananvändningen, totalt för hela året 2010 på Bromma. Denna styrs bl. a. av vindriktningen. I tabellen redovisas antalet rörelser fördelat på bana och tid samt start respektive landning. Bana 30 har använts för 57 procent av rörelserna och bana 12 för resterande 43 procent.

Tabell 1: Bananvändning på Bromma Stockholm Airport år 2010

Start/Landning	Bana	% fördelning
Start	12	21 %
Landning	12	22 %
Start	30	29 %
Landning	30	28 %

FLYGVÄGAR

Figur 1 visar en så kallad flygtäthetsplot över en typisk vecka. Bilden baseras på 1327 flygrörelser under måndag – fredag den 11 - 15 oktober 2010 och avser alla starter och landningar under 15 000 fots höjd. Färgerna i figuren visar antalet flygningar genom resp. ruta på 250 x 250 m. Figuren har tagits fram med hjälp av ANOMS. På bilden kan man se att in- och utflygningslinjen mellan ytterfyr och bana följs av tyngre IFR-trafik.

Skala:

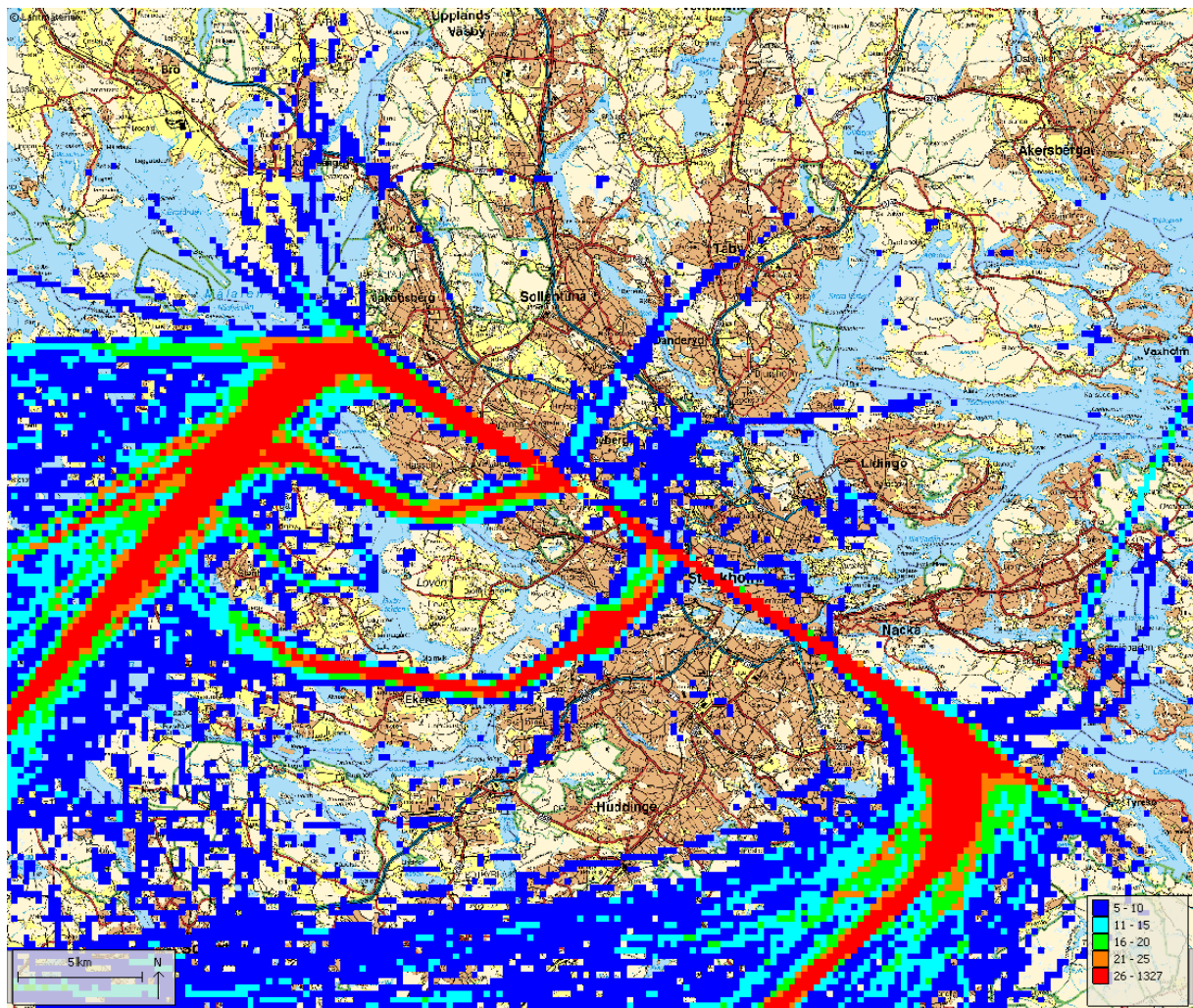
Blå ruta: 5-10 rörelser/5 dagar enl ovan

Turkos ruta: 11- 15 rörelser/5 dagar enl ovan

Grön ruta: 16-20 rörelser/5 dagar enl ovan

Orange ruta: 21-25 rörelser/5 dagar enl ovan

Röd ruta: > 26 rörelser/5 dagar enl ovan



Figur 1: Flygtäthetsplot för Bromma Stockholm Airport under perioden måndag - fredag den 11 - 15 oktober 2010.

FLYGPLANSTYPER

Under år 2010 förekom 193 olika typer av luftfartyg på Bromma flygplats. Det stora flertalet utgörs av en- och tvåmotoriga kolvmotor- och turbopropflygplan samt affärsjetplan. Både turbojet- och turbopropflygplan används i linjetrafik. Den vanligaste flygplanstypen år 2010 var BAe146/RJ100 (fyrmotorig jetmaskin) följt av SAAB 340 (tvåmotorig turboprop), samt PA28 (enmotorigt propellerflygplan). I tabell 2 redovisas antalet rörelser fördelade på starter och landningar för olika viktsklasser. Under 2010 delades flygplanstyperna in i två olika bullerklasser, se tabell 3:

- Äldre flygplan bullercertifierade enligt ICAO Annex 16, volym 1 kapitel 2, s.k. ”kapitel 2 flyg”. Under 2010 har det förekommit 1 landning med kapitel 2 flygplan, i detta fall med ett certifieringsmedelvärde på 91,2 EPNdB.
- Yngre flygplan bullercertifierade enligt ICAO Annex 16, volym 1 kapitel 3 samt kapitel 5. ”Kapitel 3 flyg” avser jetflygplan och ”kapitel 5 flyg” avser propellerflygplan. I denna klass inkluderades även flygplan under 16 ton maximal startvikt oavsett buller.

Tabell 2: Antal starter respektive landningar vid Bromma Stockholm Airport under 2010 fördelat på olika viktsklasser.

VIKT_I_TON	Antal
< 1 ton	1946
1,00	14466
2,00	423
3,00	785
4,00	445
5,00	1292
6,00	792
7,00	2292
8,00	316
9,00	987
10,00	274
11,00	110
12,00	5572
13,00	5111
14,00	2
15,00	348
16,00	110
17,00	102
18,00	31
19,00	80
20,00	1065
21,00	217
22,00	9590
23,00	16
24,00	12
31,00	123
32,00	2
33,00	278
34,00	1
35,00	192
37,00	258
39,00	4
41,00	746
42,00	14
43,00	2454
44,00	13887
45,00	440
47,00	4

Tabell 3: Antal landningar, fördelat på bullerklass, vid Bromma Stockholm Airport 2010

Bullerklass	Antal landningar 2010
2	1
3	32 404

TRAFIK UTANFÖR ORDINARIE ÖPPETHÅLLANDETIDER

Under 2010 förekom 196 st rörelser med ambulansflyg och statsluftfartyg utanför ordinarie öppethållningstider som har rapporterats till Stockholms miljöförvaltning.

ANALYS AV FLYGVÄGAR OCH FLYGTRAFIK

Totala mängden trafik har ökat något, från 63856 rörelser (starter och landningar) 2009 till 64787 rörelser 2010. Den största, mest frekventa flygplanstypen, kallad RJ100 har dock minskat marginellt (4 %) om man jämför 2010 med 2009. Antalet rörelser med SAAB340 (SF34) har också minskat (3 %) 2010 jämfört med föregående år.

Flygrörelsernas fördelning på olika kategorier år 2009 och 2010 framgår av tabell 4.

Tabell 4: Flygrörelsernas fördelning på olika kategorier år 2009 och 2010 på Bromma Stockholm Airport.

Kategori	Andel 2009	Andel 2010
Linjefart	60 %	62 %
Charter	5 %	5 %
Taxiflyg	2 %	2 %
Aerial work (mest ambulans och polis)	3 %	3 %
Privatflyg	17 %	20 %
Skolflyg	11 %	7 %
Militärflyg	2 %	1 %
Totalt	63856	64787

FÖRDJUPNING BERÄKNINGSMETOD

Den internationellt allmänt accepterade metod som återfinns i det amerikanska beräkningsprogrammet INM version 7.0b har använts vid beräkningar av flygbuller i denna Miljörapport. 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, se nedan, för att underlätta beräkningarna. Nedanstående fördelning av för trafikfallet representativa flygplanstyper i INM bullerdata har använts som indata i beräkningen.

- **1985 1-ENG FP PROP** = typflygplan representerande enmotoriga propellerflygplan (26 % av total trafik under 2010)
- **BARON 58P** = typflygplan representerande tvåmotoriga propellerflygplan (3 % av total trafik under 2010)
- **CIT 3** = typflygplan representerande affärsjet (6 % av total trafik under 2010)
- **GULFSTREAM G IV** = typflygplan för tyngre affärsjet (2 % av total trafik under 2010)
- **SF340B** = SAAB 340 samt övriga tvåmotoriga turbopropflygplan med ungefär samma vikt, tex. Fokker 50 (36 % av total trafik under 2010)
- **BAE 146-300** = BAe 146, RJ85 och RJ70 samt RJ100, fyrmotoriga jetflygplan (27 % av total trafik under 2010)

Faktaruta.

De vanligaste storheterna för flygbuller:

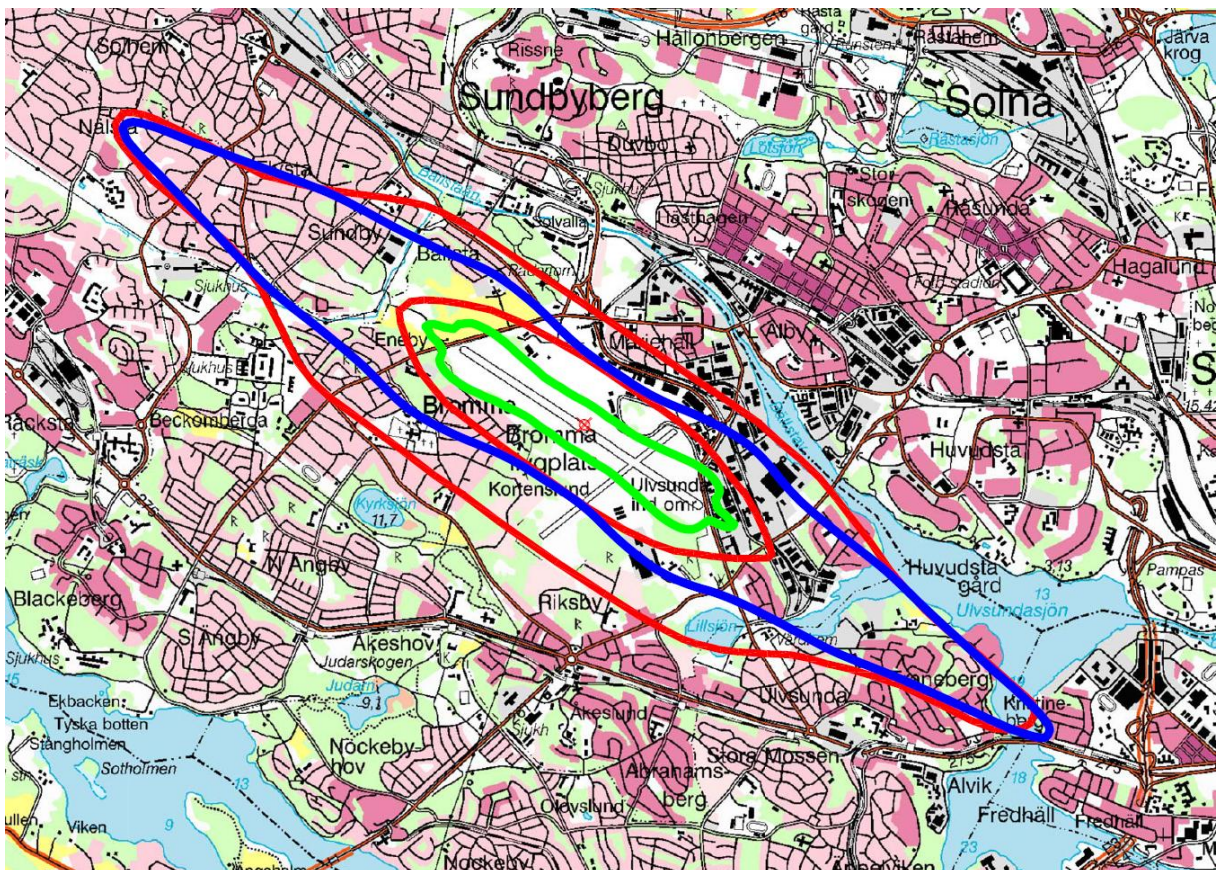
- **dB (deciBel)** är ett mått som relaterar till det svagaste ljud som örat anses kunna uppfatta, där 0 dB motsvarar ljudtrycket $20\mu\text{Pa}$, (mikro-pascal). dB representerar därför ett förhållande till denna nivå på samma sätt som ett procentvärde med den skillnaden att dB-begreppet är ett logaritmiskt begrepp medan procent är linjärt.
- **Måttet dB(A)** är den skala som används vid beskrivning av ljud, och såsom det upplevs av människor. Den s.k. A-vägningen innebär att man vid beräkningarna tagit hänsyn till hur örat uppfattar olika ljudfrekvenser genom att väga frekvensinnehållet så att det överensstämmer med det mänskliga örats uppfattningsförmåga.
- **SLOW/FAST** är beteckningen för ett mätinstruments tidsintegration av samplingsvärdena vid mätning av ljud där SLOW motsvarar att ljudet medelvärdesbildas för varje sekund och FAST motsvarar en medelvärdesbildning under 1/8-dels sekund.
- **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.
- **FBN, FlygBullerNivå**, en logaritmisk ”medelljudnivå”, (ekvivalentnivå), för ett årsmedeldygn, där hänsyn tas till när på dygnet flygrörelsen sker. FBN är ett mått på den bullerdos under ett årsmedeldygn som det aktuella trafikscenariot representerar. FBN anges i dB(A), och visas oftast som en sk iso-dB-linje, en kurva, på karta. I detta trafikscenario värderas en kvällshändelse (mellan kl 19 och 22) som tre dagshändelser och en natthändelse (mellan kl 22 och 07) värderas som tio dagshändelser. Det kan i sammanhanget nämnas att detta begrepp omdefinierats i den harmonisering av flygbuller som pågår inom den Europeiska unionen. Skillnaden mot tidigare är tidsindelningen där dag omfattar timmarna 06-18, kvällen 18-22 och natten 22-06. Den nya definitionen får också den internationella beteckningen L_{DEN} (Day-Evening-Night-Level).
- **Maximal ljudnivå**, är som grundläggande begrepp definierad som den högst noterade ljudnivån under en (vanligtvis normaliserad) passage av en viss flygplanstyp.

Maximal ljudnivå används också för att beskriva den högsta normaliserade bullerhändelse som anses vara regelbundet förekommande och visas då som ljudnivå relaterat till antalet gånger denna överskrids i en punkt eller såsom en ljudnivåkurva. Med ”regelbundet förekommande” har ofta tre händelser under ett genomsnittligt dygn använts. Benämns ibland som t.ex. $N70_3$, $N80_3$ vilket betecknar kurvan för där maximala ljudnivån 70 eller 80 dB(A) överskrids minst tre gånger för angiven tidsperiod, vanligtvis årsmedeldygn. Maximal ljudnivå anges även den i dB(A).

- **TFBN, Total FlygBullerNivå**, totalt av ett trafikscenario producerad ljudenergi för ett årsmedeldygn, beskriven med ett enda siffervärde i enheten dB(A) och kan därmed sägas vara ett mått på hur mycket ljud som får produceras av ett givet trafikscenario. Beräknas såsom den till en fastställd yta mottagna ljudenergin av det aktuella trafikfallet. TFBN vägs med hänsyn till tid på dygnet på samma sätt som FBN.
- **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.

BERÄKNINGSRESULTAT

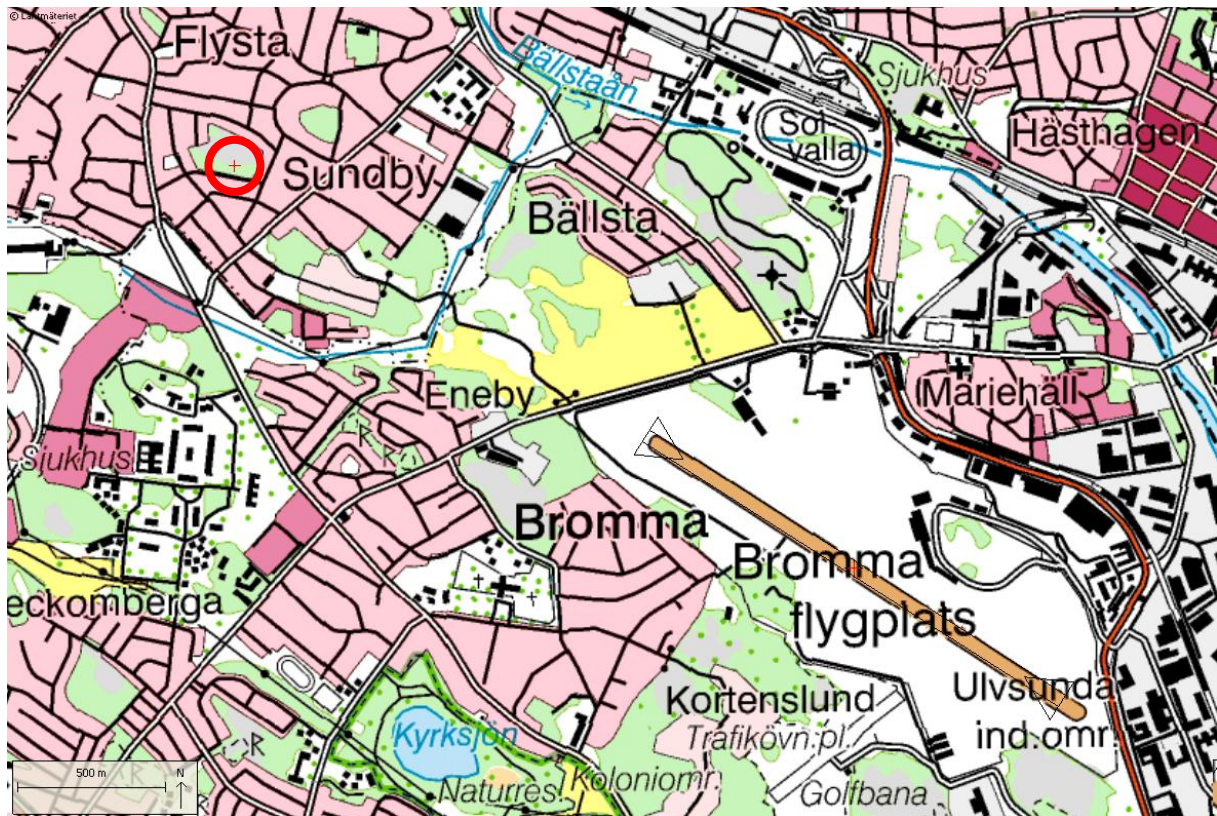
I figur 2 redovisas iso-dB-linje för FlygBullerNivå 55 och 65 dB(A) för år 2010 beräknad med INM 7.0b. Tillståndsgiven kurva för FlygBullerNivå 55 resp 65 dB(A), även kallad trafikfall 4, finns också inlagd (röda kurvor). Beräknat TFBN år 2010: 131 dB(A).



Figur 2: Röd (yttre) isolinje: FBN 55 dB(A) för tillståndsgiven kurva (trafikfall4)
 Röd (inre) isolinje: FBN 65 dB(A) för tillståndsgiven kurva (trafikfall4)
 Blå isolinje: FBN 55 dB(A) utfall 2010
 Grön isolinje: FBN 65 dB(A) utfall 2010

LJUDMÄTNINGAR

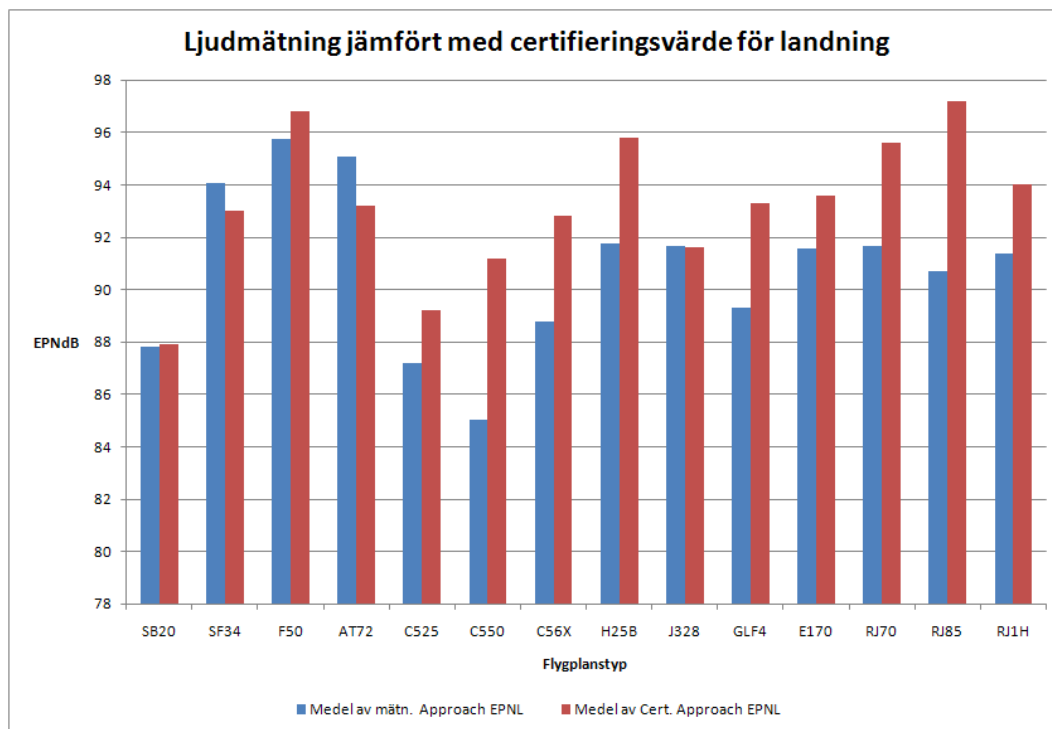
Under 2010 installerades en fast bullermätstation i Flysta, nordväst om rullbanan. Mätpositionen visas på kartbild i figur 3, nedan. Avstånd från närmsta bantröskel är 1700 m. Mikrofonhöjd 7,5 meter över mark, vilket motsvarar 35 meter över närmsta bantröskelns höjd. Mätdata avser landningar bana 12 och starter bana 30 för perioden 11 juni 2010 till 31 december 2010. Syftet med mätningarna är att jämföra 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 ICAO¹.



Figur 3: Mätstation nordväst om rullbanan, markerad med ett kors i den röda ringen.

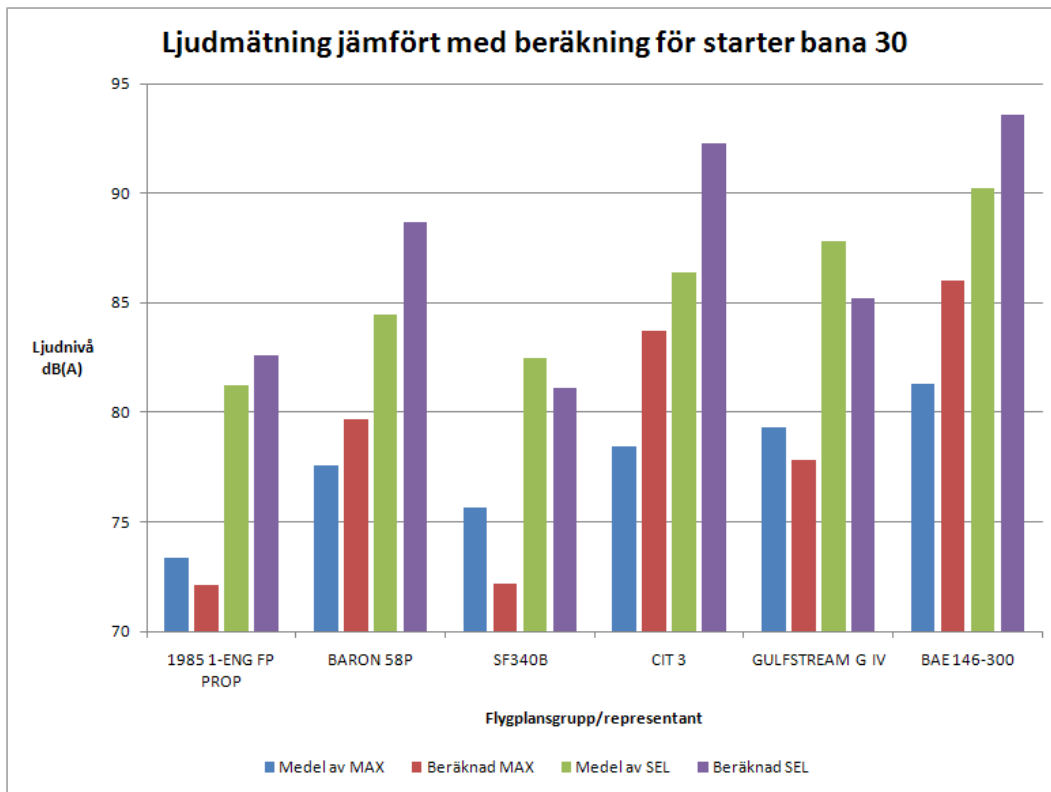
Utvärdering av mätdata 11 juni – 31 dec 2010 har gjorts, exklusive de mätningar då meteorologikrav i mätstandard ISO 3891 inte uppfylls. Mätningar med medelvärden inom +/- 1 EPNdB för ett 90-procentigt konfidensintervall används i redovisningen. Mätresultaten ligger generellt någon eller några EPNdB under officiella certifieringsvärden för flygplanstyperna RJ1H, RJ85, RJ70, H25B, E170, GLF4, C56X, C550, C525, SAAB2000 och F50. Det uppmätta värdet ligger något över certifieringsvärdet för ATR72 och SAAB340, se figur 4. Skillnaderna kan bl.a. bero på att flygbolagens procedurer skiljer sig åt, väderförhållanden, att mätpunkten ligger något närmare tröskeln än det som specificeras av ICAO¹ och att de flesta certifieringsvärdena gäller 3 graders glidbanelutning där ett medelvärde har använts då det bl.a. finns många olika motortyper för varje flygplanstyp. För flygplanstyperna E170, RJ70 och RJ1H används certifieringsvärden för 3,5 graders glidbanevinkel.

1. ICAO, Annex 16, Volume 1, Part 2, Chapter 3

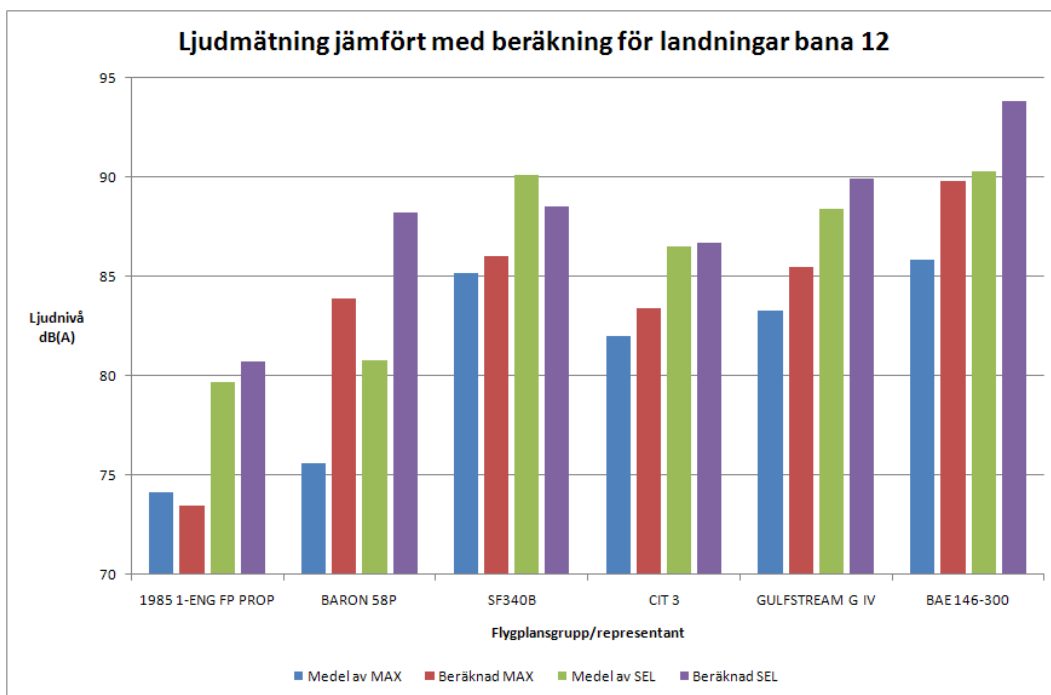


Figur 4: Medel av mätdata (EPNL) för landningar jämfört med medel av Approach-certifieringsdata (se definition i rapportunderlaget) för de mest frekventa flygplanstyperna på Bromma Stockholm Airport, landningar bana 12. Det är endast det så kallade Approach-värdet som avses.

Figur 5 och 6 visar SEL och MAX för uppmätta ljudnivåer jämfört med beräknade ljudnivåer för starter bana 30 respektive landningar bana 12. Jämförelsen är giltig endast i mätstationens mikrofonposition. Flygplansrepresentanten för respektive grupp representerar beräknade ljudnivåer och de uppmätta nivåerna är ett aritmetiskt medelvärde av de flygplanstyper som ingår i respektive grupp. Mätningar med medelvärden inom +/- 1 dB för ett 90-procentigt konfidensintervall redovisas. Beräknade ljudnivåer ligger nära eller i de flesta fall något över de uppmätta ljudnivåerna. Den viktigaste gruppen för FBN beräkningen är den som representeras av en av den vanligast förekommande flygplanstypen, BAE146-300 och för den ligger SEL- och Maxvärdet något högt beräknat jämfört med mätning för både landningar och starter. Sammantaget visar de uppmätta resultaten en god överensstämmelse med de beräknade resultaten. Underlagen för resultaten finns i Swedavias rapport: Flygbullermätning år 2010 Bromma Stockholm Airport, D 2011-005365.



Figur 5: SEL och Max för uppmätta ljudnivåer i en mätpunkt jämfört med beräknade nivåer i samma punkt för starter bana 30.



Figur 6: SEL och Max för uppmätta ljudnivåer i en mätpunkt jämfört med beräknade nivåer i samma punkt för landningar bana 12.

ANALYS AV FLYGBULLER

”Spetsen” på FBN-kurvan över Tranebergsbron (faktiskt utfall 2010) överstiger tillståndsgiven kurva marginellt, med mindre än 1 dB(A).

Vad gäller FBN-beräkningen så skall i sammanhanget också nämnas att det alltid finns ett visst mått av onoggrannhet i denna typ av beräkningar som kan variera i storleksordningen +/- 3dB(A) vad gäller ekvivalentvärden. Valet av typrepresentanter har betydelse.

Onoggrannheten består, förutom i val av typer, bl.a. i att en bullerberäkningsmodell utgår ifrån normaliserad data för stigprofiler, motorpådrag, spridning i sidled samt atmosfäriska förhållanden. Samtliga dessa parametrar kan dock från tid till annan variera vid en jämförelse med exempelvis uppmätta värden. Syftet med en normaliserad beräkningsmodell är dock att objektivt kunna jämföra trafikfall med varandra och då har dessa variabler mindre betydelse.

TFBN (Total FlygBullerNivå, se faktaruta) beräknas för 2010 till 131 dB(A).

Enligt Tilläggsavtal med Stockholm Stad skall TFBN inte överstiga 134 dB(A) och även jämfört med tillståndsgivna Trafikfall 4 som ger ett motsvarande TFBN-värde på 139,7 dB(A) så ger 2010 års utfall en mycket god marginal till bägge dessa åtaganden.