
Kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar

Underlag för en enhetlig tillämpning

Förord

Transportstyrelsen och Försvarsmakten har fått i uppdrag av regeringen (regeringsbeslut 19,1997-04-17 samt regeringsbeslut 7, 2006-01-26) att i samråd med Naturvårdsverket fastställa en metod för flygbullerberäkningar.

Transportstyrelsen, Försvarsmakten och Naturvårdsverket enades den 19 mars 2010 om principer för kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar i Sverige. Principerna innebär att ECAC dokument 29 ska vara utgångspunkten för det kvalitetssäkringsdokument som nu tagits fram. Kvalitetssäkringsdokumentet, som innehåller beräkningsmetoden för flygbuller, ska säkerställa en enhetlig tillämpning. Denna beräkningsmetod är en revidering av nu gällande beräkningsmetod som myndigheterna fastställde 1998.

De tre berörda myndigheterna har i en arbetsgrupp, där även Boverket och Socialstyrelsen har deltagit, tagit fram kvalitetssäkringsdokumentet. Dokumentet innehåller teknisk/akustisk specifikation av hur flygbullerberäkningar ska utföras i Sverige. Konsulter har anlitats i utredningsarbetet för att ta fram visst tekniskt underlag.

Kvalitetssäkringsdokument, daterat 2011-10-31 fastställs härmed.

Transportstyrelsen


Staffan Widlert

Försvarsmakten


Gunnar Karlson

Naturvårdsverket


Maria Ågren

Inledning

Detta kvalitetssäkringsdokument har som syfte att skapa enhetlig tillämpning av flygbullerberäkningar i Sverige. Dokumentet är avsett som vägledning och styrning för utförare av flygbullerberäkningar.

Dokumentet följer dispositionen i ECAC (European Civil Aviation Conference) Document 29 3rd edition volym 1 (tillämpning) och volym 2 (teknik), eftersom överenskommelsen från 19 mars 2010 innebär att just ECAC Doc 29 3rd edition volym 1 och volym 2 är utgångspunkt för flygbullerberäkningar i Sverige.

Detta dokument kompletterar ECAC Doc 29 och ska *inte* användas självständigt. ECAC Doc 29 utgör förutsättningar för flygbullerberäkningar i Sverige ifråga om aspekter som inte ändrats eller tolkats i detta dokument. I vissa fall innehåller detta dokument eller ECAC Doc 29 möjlighet för utföraren att välja tillämpning. I dessa fall skall utföraren tydligt redovisa vilken tillämpning som valts och tydligt motivera anledningen till eventuella avsteg.

Arbetet har utförts i en arbetsgrupp bestående av de berörda myndigheterna. Därutöver har även Boverket och Socialstyrelsen samt konsulter deltagit i arbetet för att ta fram och kvalitetssäkra dokumentet (se Bilaga 1 Deltagare och möten i kvalitetssäkringsgruppen).

Innehållsförteckning

Volym 1 Tillämpning av beräkningsmetoden	5
1 Dokumentets syfte	5
Förklaring av terminologi och symboler	6
2 Dokumentets disposition	7
3 Definition av bullerexponering som underlag för beskrivning av bullereffekt	7
4 Flygplats med flygoperationer och buller	8
5 Tillämpning	9
6 Bullerberäkningssystemets delar	11
7 Beräkningsförutsättningar	12
8 Den av ECAC rekommenderade metoden	15
9 Den enhetliga tillämpningens olika delar	15
Volym 2 Teknisk specifikation	16
1 Introduktion	16
2 Sammanfattning och tillämpning av metoden	16
3 Beskrivning av flygväg och flygprofil	17
4 Beräkning av enskild bullerhändelse	19
5 Beräkning av sammansatta nivåer	19
6 Beräkning av bullerfigurer	20

Bilaga 1 Deltagare och möten i kvalitetssäkringsgruppen

Bilaga 2 Exempel på jämförelse mellan mätningar och beräkningar

Bilaga 3 Dokumentation av beräkning

Bilaga 4 Exempel på flygplansgruppering

Bilaga 5 Beräkning av maximalnivå som index

Bilaga 6 Meteorologins inverkan

Volym 1 Tillämpning av beräkningsmetoden

1 Dokumentets syfte

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 1. Scope of guidance

Detta dokument har som syfte att skapa *enhetlig tillämpning* av flygbullerberäkningar i Sverige. Dokumentet är i första hand avsett för att användas för beräkningar som underlag för miljöprövningar av flygplatser samt bebyggelseplanering kring flygplatser samt i löpnade tillsynsverksamhet. En stor fördel med enhetlig tillämpning är rättsäkerhet vid prövning. Grundprincipen är att ECAC Doc 29 är standard för bullerberäkningar i Sverige. I detta kvalitetssäkringsdokument redovisas kompletteringar, ändringar och tolkningar av ECAC Doc 29. Rutiner för enhetlig tillämpning av specificering, genomförande och presentation av flygbullerberäkningar i Sverige utgörs av ECAC Doc 29 i kombination med detta kvalitetssäkringsdokument.

Dokumentet är avsett som vägledning och styrning för utförare av flygbullerberäkningar. Det är också användbart som information till intressenter av flygbuller (t ex tillsynsmyndigheter, kommuner, verksamhetsutövare, flygbolag, boende kring flygplatser etc).

Dokumentet innehåller ibland färre frihetsgrader för utföraren av bullerberäkningar än ECAC Doc 29, detta för att uppfylla önskemål om reproducerbarhet. Om en beräkning exempelvis avser effekten av en modifierad startprofil, eller jämförelse med utförda ljudmätningar, och därmed inte kan följa kvalitetssäkringsdokumentet ska detta tydligt framgå av beräkningsrapporten. Dokumentet gäller för flygbuller från civil luftfart, men kan också användas för beräkning av militär flygverksamhet, vilket delvis är en utökad tillämpning jämfört med ECAC Doc 29. I det sistnämnda fallet måste indata gällande militärflyg beställas från Försvarsmakten, och endast användas i specifikt projekt (sekretessavtal krävs med giltighetstid för data).

För beräkning av buller från helikopterverksamhet gäller att ECAC Doc 29 kan användas i Sverige, med förutsättning att bullerdata för berörda helikoptrar så långt möjligt används.

Det bör noteras att buller från ljudkällor på marken, det vill säga taxning, APU (Auxiliary Power Unit, en hjälpmotor i flygplanet) och motortestning, *inte* ingår i beräkningarna.

Förklaring av terminologi och symboler

ECAC Doc 29 = ECAC Doc 29 3rd edition

FBN = L_{DEN} = FBN_{EU}

Dag-kväll-natt-nivån L_{DEN} i decibel (dB) definieras av följande formel :

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

där

— L_{day} är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga dagsperioder,

— $L_{evening}$ är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga kvällsperioder,

— L_{night} är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga nattperioder,

där

— dagen har 12 timmar, kvällen 4 timmar och natten 8 timmar;

— tidsintervallen har i Sverige fastställts till kl 06.00–18.00, 18.00–22.00 och 22.00–06.00 lokal tid.

Denna definition är i grunden hämtad från Direktivet om omgivningsbuller 2002/49/EG, som har implementerats i svensk lagstiftning i förordning (2004:675) om omgivningsbuller .

Anm. FBN (FlygBullerNivå) definierades ursprungligen av Trafikbullerutredningen, TBU, i delbetänkande ”flygbuller” SOU 1975:56, som 1980/81 blev föremål för riksdagens godkännande. Skillnaden mellan FBN, som den definierades av Trafikbullerutredningen, och definitionen av L_{DEN} enligt förordningen om omgivningsbuller är dels att natten slutar klockan 07:00 i TBU-definitionen och 06:00 i L_{DEN} -definitionen, samt att en bullerhändelse under kvällen värderas som 3,0 daghändelser enligt TBU och 3,16 daghändelser i L_{DEN} -definitionen. Flygbullernivån i Sverige betecknas FBN. **Den kan under en övergångsperiod betecknas FBN_{EU} .** När hänvisning görs till den tidigare definitionen av flygbullernivån görs, bör den benämnas FBN_{TBU} .

L_{night} benämns i ECAC Doc 29 L_{NIGHT}

L_{Amax} = Den högsta ljudnivån från ett enskilt överflygande flygplan, beräknat eller mätt med instrumentinställning "SLOW". Med överflygande flygplan avses flygplan under start, landning eller flygfaser däremellan.

Maximalnivå = användning av högsta ljudnivå som index.

Förklaring: I Sverige anser vi att *antalet gånger* en viss maximalnivå inträffar måste vägas in i beskrivningen av bullersituationen. Därför använder vi begreppet "maximalnivå" som ett index, dvs en redovisning av en N'te högsta (N står för antalet gånger) maximalnivå orsakad av flera flygplanstyper på olika flygvägar med olika profiler.

ANP = Aircraft Noise and Performance database, en internationellt vedertagen databas för buller och "performance-data" från flygplanstyper. Med performance avses höjd, gaspådrag och hastighet utmed flygsträckan.

NPD = Noise-Power-Distance samband, alltså samband mellan avstånd, gaspådrag och buller.

SOU = Statens offentliga utredningar.

SAE = Society of Automotive Engineers

För övriga definitioner hänvisas till ECAC Doc 29.

2 Dokumentets disposition

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 2. User needs: How this guidance is arranged
Dokumentet följer kapitelindelning enligt bägge volymerna i ECAC Doc 29.

3 Definition av bullerexponering som underlag för beskrivning av bullereffekt

3.1 Bullereffekter

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.1 Noise effects.

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

3.2 Bullermått och nivåer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.2 Noise scales and levels, metrics and indices.

Vid en flygplats kan många olika flygplanstyper förekomma. Dessa flyger på olika flygvägar, på olika höjder och med olika motorpådrag under olika meteorologiska förhållanden.

I varje punkt kring flygplatsen är den verkliga eller prognostiserade bullersituationen komplex. Bullret i den enskilda punkten på kartan behöver dock beskrivas med ett siffervärde för att bullerredovisningen på en karta över huvud taget skall vara ändamålsenlig. Flygbuller redovisas som isolinjer på en karta.

En redovisning av den komplexa bullersituationen i en betraktelsepunkt med ett siffervärde görs med ett index-värde. I Sverige används två index-system, FBN (dygnsviktat årsmedelvärde på bullret) och maximalnivå (redovisning av den N^{te} högsta ljudnivån under en årsmiddag/kväll). Som underlag för de två indexen FBN och maximalnivå används olika bullermått, dosbuller (SEL) respektive maximalnivå (L_{Amax} med Slow respons). Redovisningen av buller som N^{te} högsta ljudnivån under en årsmiddag/kväll är mer komplex än den relativt enkla medelvärdesbildningen som är grunden för FBN-indexet.

3.3 Bullermätning och kontroll

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.3 Noise measurement & monitoring
Detta kvalitetssäkringsdokument omfattar inte flygbullermätningar.

4 Flygplats med flygoperationer och buller

4.1 Allmänt

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.1 General
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.2 Flygledningssystemets styrande förutsättningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.2 Air traffic control (ATC) constraints
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.3 Utflygningss procedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.3 Departure procedures
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.4 Reducerat eller flexibelt motorpådrag vid start

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.4 Reduced or flexible take-off thrust
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.5 Bullerreducerande startprocedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.5 Noise abatement operating procedures for departures
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.6 Inflygningsprocedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.6 Arrival procedures

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.7 Andra faktorer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.7 Other factors

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.8 Definition av flygvägar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.8 Flight path definition

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5 Tillämpning

5.1 Tillämpning A1: Tidigare eller nuvarande flygbullerpåverkan

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.1 Application A1: Absolute impact / past or present

Detta dokument behandlar inte denna typ av beräkningar, se vidare under kap 1 Dokumentets syfte . Avsnittet behandlar beräkningar som *inte avser jämförelse* med någon annan beräkning, utan endast ska utvärderas isolerat. Vid beräkning av en historisk bullersituation kan bullerredovisningen i princip göras hur noggrann som helst. Ju större noggrannhet ifråga om ”kritiska” indata desto mer exakt kommer resultatet att bli. Resultatet kan jämföras med utförda ljudmätningar, med beaktande av att även ljudmätningar innehåller osäkerheter, och är representativa för en begränsad tidsperiod. Se även Bilaga 2 Exempel på jämförelse mellan mätningar och beräkningar.

5.2 Tillämpning A2: Prognosticerad flygbullerpåverkan

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.2 Application A2: Absolute impact / forecast scenario

Detta avsnitt behandlar också beräkningar som *inte avser jämförelse* med någon annan beräkning, utan endast ska utvärderas isolerat. Till skillnad från tillämpning A1 finns inte exakta data att tillgå i denna tillämpning eftersom det avser en framtida situation. Beställaren vill ha ett framtidsscenario illustrerat, men kan vanligtvis inte i detalj specificera vilka flygplanstyper/bullerdata som kan komma att trafikera flygplatsen. Ett exempel på tillämpningsområde är underlag för fysisk planering. Lämpligt förfarande är att följa detta dokument, men även att göra en känslighetsanalys av de parametrar som kan ha stor betydelse för utfallet – oftast val av representativa flygplanstyper i en framtid. ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5.3 Tillämpning B1: Jämförande flygbullerpåverkan, nuvarande/ framtida trafikfall

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.3 Application B2: Comparative impact / different future scenarios

Ett typiskt exempel på denna typ av beräkning är då en flygplats ska ansöka om ett nytt miljötillstånd enligt Miljöbalken, och då redovisar hur bullersituationen ser ut idag och hur den förväntas bli i en framtid, med den tidshorisont som tillståndet ska avse. I detta fall finns mycket exakta data för dagens bullerexponering (kännedom om flygplanstyper, använda flygvägar, spridning, destinationer osv), *men* denna kunskap finns inte om den framtida situationen. ECAC Doc 29 anger att när förändringen i sig är mer viktig än den absoluta ljudnivån så bör indata till beräkningen (gruppering av flygplanstyper, hantering av spridning etc) vara uppbyggd på ett likartat sätt, för att undvika jämförelse mellan ”äpplen och päron”. Se även Naturvårdsverkets handbok med allmänna råd för flygplatser, 2008.

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5.4 Tillämpning B2: Jämförande flygbullerpåverkan, olika framtida trafikfall

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.4 Application B2: Comparative impact / different future scenarios

ECAC Doc 29 anger att fokus måste ligga på *skillnaden* mellan de olika framtida trafikfallen (t ex ny navigeringsteknik som ger annorlunda lateral spridning, varianter av bananvändning etc). Sedan måste indata anpassas så att skillnaden kan beräknas.

I detta dokument har vi angivit att ANP ska användas *utan* modifiering. Det innebär att bullereffekter av modifierade start- och landningsprocedurer *inte* kan utföras enligt detta kvalitetssäkringsdokument. Om en sådan beräkning ändå görs, ska det tydligt framgå att det innebär ett avsteg från detta dokument, se vidare Bilaga 3 Dokumentation av beräkning.

5.5 Jämförande beräkningar med tidigare metod

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.5 Policy constraints

Beräkningsmodeller och beräkningsverktyg för flygbuller utvecklas och förbättras kontinuerligt. Då det gäller beräkningar enligt tillämpning A1 och A2 ska ECAC Doc 29 med därtill senaste beräkningsverktyg användas. När det handlar om jämförelser mellan beräkningsresultat (exempelvis jämförande flygbullerberäkningar i syfte att jämföra verkliga bullerexponeringar med de som ligger som grund för ett tillstånd enligt miljöbalken eller annan formell förutsättning i exempelvis en miljökonsekvensbeskrivning) måste de förutsättningar som inte varierar över tiden vara oförändrade. Detta kan både handla om beräkningsalgoritmer som ljudets spridning från källa till mottagare och NPD-data, men även om flygplansgruppering och flygvägsspridning.

Vid uppföljningsberäkningar är de förutsättningar som varierar, exempelvis nya flygplantyper, ändrade flygvägar och förändrad trafikvolym sådana faktorer som skall illustreras av beräkningsresultatet.

Tekniska möjligheter att förbättra exempelvis beräkningsmetodens noggrannhet skall inte användas i de fall bullerberäkningen skall jämföras mot tidigare formell förutsatt bullerberäkning, exempelvis underlag till gällande tillståndsbeslut.

En uppföljningsberäkning ska som utgångspunkt göras med samma beräkningsverktyg och samma ”fasta” förutsättningar som vid den referensberäkning som utgör underlag för den tidigare formella förutsättningen enligt miljöbalken.

Om detta inte är möjligt (exempelvis då beräkningsverktyget är så gammalt så att det inte finns datormiljöer där det fungerar) behöver såväl referensberäkningen som jämförelseberäkningen göras med annan metod. I sådana fall gäller kvalitetssäkringsförutsättningarna i detta dokument.

Ovanstående synsätt bekräftas av ECAC Doc 29 som drar slutsatsen :”Comparative assessments do not ask primarily for absolute accuracy but for consistency”.

6 Bullerberäkningssystemets delar

6.1 Generell struktur

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.1 General structure

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

6.2 Bullerdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.2 The noise engine

I Sverige ska segmenteringsprincipen tillämpas vid flygbullerberäkningar, vilket nämns som ”best practice” i ECAC Doc 29.

6.3 Flygplansdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.3 Aircraft data

Kommentar: Eftersom standardiserade atmosfärsdämpningsfaktorer ska användas vid flygbullerberäkningar enligt Vol 2 avsnitt 2.5, så ska inte heller ”spectral classes” användas. Se även ECAC Doc 29, Vol 1 avsnitt 7.3.

6.4 Flygplansgruppering och tilldelning av data

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.4 Aircraft grouping and substitution

Flygplansgruppering används i de situationer bullerberäkningar ska göras för framtida trafikfall, där man inte är säker på vilka flygplanstyper som kommer att bli aktuella. Det kan också behövas då jämförande beräkningar (se ECAC Doc 29 volym 1, avsnitt 5.3-5.4) ska utföras. Substitution innebär att man ersätter en flygplanstyp där bullerdata saknas, med en så likvärdig ersättande flygplanstyp som möjligt där bullerdata finns. Vilken flygplansgruppering och substitution som används ska dokumenteras, se Bilaga 3 Dokumentation av beräkning. I Bilaga 4 Exempel på flygplangruppering finns vägledning.

Sammanfattning av arbetsgång:

1. Analysera den aktuella trafikmängden/prognosen med hänsyn till representativa NPD och Performancedata (flygplantyper)
2. Bestäm antalet flygplantypsgupper
3. Analysera betydelsen av gruppering med hänsyn till framtida kontroll av maximalnivåfördelning respektive FBN
4. Bestäm representativ bullerdata för varje grupp
5. Vid behov justera bullerdata med deltavärde grundat på bullercertifieringsvärde – sideline för start och approachvärden för landning.

Gruppering av flygplanstyper i ECAC Doc 29 utgår i princip ifrån förutsättningen att SEL-data skall användas för medelvärdesbildning. De svenska tillämpningarna av bullerriktvärden innebär även att utbredningen av ljudnivån 70 dB(A) som förekommer ett visst fastställt antal gånger i genomsnitt under t ex dag och kväll behöver redovisas.

En generell gruppering av flygplantyper som underlag för såväl maximalnivå som FBN redovisning bör ta avstamp från den detaljeringsnivån som krävs för *maximalnivåredovisningen*, eftersom den från bullerberäkningssynpunkt är mer komplex än FBN- redovisningen. För beräkningsoperatören är det därför viktigt att vara detaljerad i sitt val av representativa flygplanstyper som ger L_{Amax} kring exempelvis 70 dB(A) den N^{te} gången i en beräkningspunkt. Denna komplexitet beskrivs i Bilaga 5 Beräkning av maximalnivå som index.

Grupperingen och fördelningen av flygplanstyper ska vara tydligt analyserad av uppdragsgivaren.

7 Beräkningsförutsättningar

7.1 Allmänna synpunkter på beräkningsförutsättningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.1 General remarks on pre-processing
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagna.

7.2 Data avseende flygplatsen

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.2 Airport description data
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Notera dock att hänsyn till topografi endast behöver tas i vissa mycket speciella fall i Sverige, se ECAC Doc 29, Vol 2, avsnitt 2.4.

7.3 Grundläggande data avseende flygoperationer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.3 Basic data on operations

Detta avsnitt innehåller rekommendationer och förutsättningar för fördelning av flygrörelser på exempelvis olika rullbanor och redovisning av möjligheten att ta hänsyn till lokala luftdämpningsförhållanden p g a lokal temperatur och fuktighet.

Ifråga om fördelning av flygrörelser gäller att bananvändning i första hand ska baseras på historisk bananvändning och i andra hand historisk vindstatistik. I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

Angående meteorologins inverkan på flygbullerberäkningar, så ska ingen justering göras av bullerdata med avseende på lokala meteorologiska förhållanden. Detta gäller både NPD- och Performance-data, se motivering och förklaring i Bilaga 6 Meteorologins inverkan.

Flygplatsens faktiska plushöjd över havet ska användas vid beräkning, eftersom Performance-data påverkas av denna uppgift.

7.4 Flygvägsdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.4 Flight path data

Kommentar: I Sverige ska inte indata från "Flight Data Recorder" (populärt kallad "svarta lådan") samt användning av anpassade procedurer beträffande gaspådrag, höjder etc, användas.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

7.5 Framtidsbeskrivningar Vissa tekniska överväganden

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.5 Scenario data: some technical issues

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

7.6 Beskrivning av flygvägsspridning i sidled

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.6 Modelling of lateral ground track dispersion

Vid beräkning av flygbuller gäller generellt att flygvägar vanligen beskrivs med 5 - 7 spridningsspår, med det mittersta som medianspår.

Underlag för flygvägsspridning ska i nedanstående prioritetsordning hämtas från

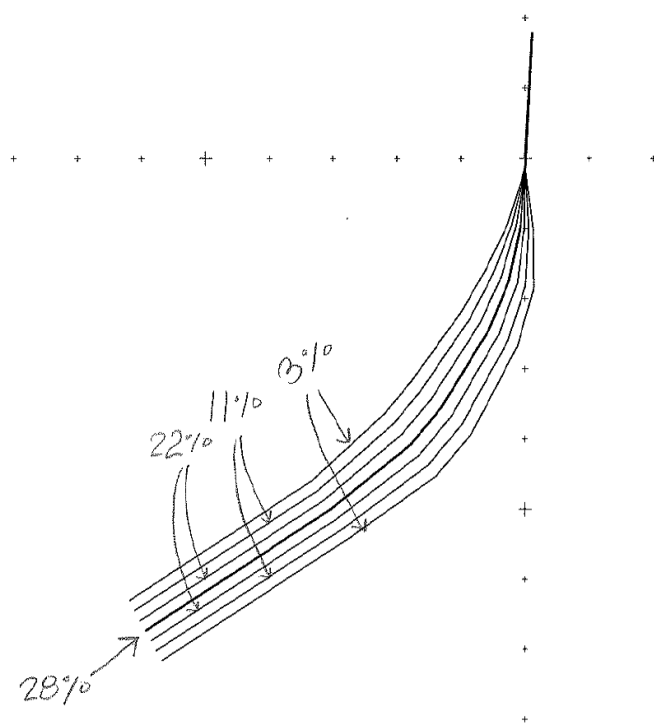
1. radardata – för respektive flygplanstyp alternativt alla flygplanstyper som använder en flygväg
2. radardata för medianspår och normalfördelning för spridning alternativt enligt ECAC Doc 29 Vol 2 avsnitt 3.4.2 och/eller Vol 2 appendix C.
3. Flygvägsredovisning enligt AIP kompletterad med spridning enligt normalfördelning, om radardata saknas.

Utföraren ska dokumentera använd spridningsmodell, antal spår och bredden på spridningsområdet.

Som förutsättning av flygvägsspridning som underlag för FBN beräkningar gäller i övrigt ECAC Doc 29.

Kommentarer:

Flygrörelser har alltid ett visst mått av spridning i sidled, sk lateral spridning. Hur stor denna är beror bl a av navigeringshjälpmedel och väderförhållanden. I figur 3 visas exempel på modellering av spridningsspår i en beräkning.



Figur 1: Lateral spridning med 7 spridningsspår

I appendix C volym 2, ECAC Doc 29 nämns 5-13 spridningsspår och i avsnitt 3.4.2 i volym 2 talas om "typically" 7 spridningsspår.

8 Den av ECAC rekommenderade metoden

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

9 Den enhetliga tillämpningens olika delar

9.1 Krav

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.1 Requirements

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

9.2 Kvalitetskontroll och kvalitetssäkring

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.2 Quality control and validation

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

9.3 Slutanvändarens behov

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.3 End-User needs

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

9.4 Kriterier för utförande av bullerberäkningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.4 Performance criteria

I bilaga 2 finns minimikrav på dokumentation av flygbullerberäkning.

9.5 Faktorer som påverkar utförandet av bullerberäkningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.5 Factors influencing performance

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

9.6 Praktiska rekommendationer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.6 Practical recommendations

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Volym 2 Teknisk specifikation

1 Introduktion

1.1 Dokumentets syfte och mål

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 1.1 Aim and scope of document

I Sverige ska detta dokument användas både för beräkning av FBN och maximalnivå – se vidare Vol 1, avsnitt 3.2. Det bör noteras att ECAC Doc 29 endast är avsett för långtidsmedelvärden (exempelvis FBN), och att den utökade tillämpningen till att gälla även maximalnivå innebär att en relativt stor onoggrannhet uppstår, se vidare Vol 1 avsnitt 9.4.

Buller från taxning, motortestning och APU (hjälpmotor som används vid uppställning av flygplan) ingår ej i bullerberäkning.

I övrigt gäller i Sverige ECAC Doc 29 utan undantag.

1.2 Dokumentets innehåll

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 1.2 Outline of the document

I Sverige gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

2 Sammanfattning och tillämpning av metoden

2.1 Segmenteringsprincipen

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.1 The concept of segmentation

I detta kvalitetssäkringsdokument utgås ifrån segmenteringsprincipen vid beräkning av flygbuller, precis som det beskrivs i ECAC Doc 29.

2.2 Flygväg och flygprofil

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.2 Flight paths: Tracks and profiles

I detta kvalitetssäkringsdokument följer vi normal standard enligt ECAC Doc 29, dvs flygvägen modelleras lateralt med spridningsspår och vertikalt med hänsyn till flygplanets vikt (alltså destination/"stage-length").

2.3 Flygbuller och prestanda

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.3 Aircraft noise and performance

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

2.4 Flygplats och flygoperationer

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.4 Airport and aircraft operations

Under detta avsnitt redovisas flygplatsens geografiska förutsättningar.

Normalt beräknas flygbuller med utgångspunkt från att den flygbullerexponerade marken är platt och på samma nivå som flygplatsen. I den mån det lutande avståndet mellan flygplan och marken på topografin skiljer mer än 10% jämfört med platt mark skall modell av verklig topografi användas. Det bör noteras att beräkningen ska baseras på flygplatsens plushöjd över havet (refererande till "Airport reference point, ARP). I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

2.5 Referensförhållanden

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.5 Reference conditions

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

3 Beskrivning av flygväg och flygprofil

3.1 Relationen mellan flygprofil och flygplanets konfiguration

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.1 Relationships between flight path and flight configuration

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

3.2 Inhämtning av flygvägs- och flygprofildata

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.2 Sources of flight path data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

3.3 Koordinatsystem

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.3 Co-ordinate systems

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

3.4 Flygvägar

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.4 Ground Tracks

Normalt gäller att lateral spridning modelleras på samma sätt för alla flygplanstyper på en flygväg. I ECAC Doc 29 sägs att om signifikant skillnad i spridning mellan olika flygplanstyper finns, så ska hänsyn tas till detta. Om detta förfarande tillämpas, ska det tydligt dokumenteras.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag i detta kvalitetssäkringsdokument.

3.5 Flygprofiler

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.5 Flight profiles

Vald flygprofil ska vara en standardprofil för den aktuella flygplanstypen enligt ANP och hänsyn ska tas till destination. Destinationen är avgörande för flygplanets vikt, och därmed vilket nummer på standardprofilen som ska väljas (STANDARD1, STANDARD2 etc.) enligt den svenska tillämpningen.

I ECAC Doc 29 anges även radardata och FDR som möjligheter till mer specificerad indata. Om detta förfarande tillämpas, ska det anges som ett avsteg från detta kvalitetssäkringsdokument, och anges tydligt i dokumentationen av beräkningen.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag i detta kvalitetssäkringsdokument.

3.6 Segmentering av flygvägen

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.6 Construction of flight path segments

I Sverige gäller ECAC Doc 29 med följande kompletteringar:

ECAC Doc 29 redovisar två möjligheter för att konstruera profiler:

1. Användning av standardvärden enligt ANP
2. Användning av mer specifik, anpassad flygprofilsdata, exempelvis hämtad från Aircraft Flight Manuals.

I detta dokument prioriteras möjligheten till reproducerbara beräkningar med samma förutsättningar högt, varför alternativ 1 ovan ska användas. Standardprofilerna för start är kopplade till sk "Stage-length" (hur brant profil ett startande flygplan har, vilket beror på hur tungt lastat det är, som i sin tur beror på destination). Hänsyn till "Stage-length" baserad på destination ska tas i flygbullerberäkningar utförda i Sverige.

I detta kvalitetssäkringsdokument krävs inte att hänsyn ska tas till den sk bankningsvinkeln, eftersom denna faktor har en försumbar effekt på de slutliga bullerkurvorna enligt ECAC Doc 29. Om detta förfarande ändå tillämpas, ska det anges som ett avsteg från detta kvalitetssäkringsdokument, och anges tydligt i dokumentationen av beräkningen. Hänsyn måste då tas till varje flygplanstyps specifika egenskaper under sväng.

Angående modellering av landning så ska den som standard göras enligt figur 3.6 i ECAC Doc 29.

4 Beräkning av enskild bullerhändelse

4.1 Bullerhändelsens beståndsdelar

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.1 Single event metrics

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.2 Beräkning av bullernivå från NPD-data

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.2 Determination of event levels from NPD-data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.3 Allmänna uttryck

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.3 General expressions

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.4 Definition av flygvägssegmentet

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.4 Flight path segment parameters

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

4.5 Korrektionsfaktorer för segmentet

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.5 Segment Event level correction terms

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5 Beräkning av sammansatta ljudnivåer

5.1 Viktning av ljudnivåer

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.1 Weighted equivalent sound levels

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5.2 Dygnsviktade flyghändelser

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.2 The weighted number of operations

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5.3 Beräkning av maximalnivåbaserade index

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.3 Estimation of cumulative maximum level based metrics

Det bör noteras att det schablonmässiga antagandet om att en flygplanstyp på en flygväg resulterar i en ljudnivå på marken kan ge orealistiska diskontinuiteter i en maximalnivåberäkning. En möjlighet är att arbeta med en statistisk fördelning av L_{Amax} istället. Detta behöver utvecklas.

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

5.4 Ljudnivådistribution i maximalnivåbaserade index

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.4 The use of level distributions for maximum level metrics

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

6 Beräkning av bullerfigurer

6.1 Standardrutnät och justeringar

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.1 Standard grid calculation and refinement

Beräkning bör utföras med ”grid refinement”, eller dess motsvarighet i tillgängliga programvaror.

Som exempel kan nämnas att i beräkningsverktyget INM 7.0 används sk Recursive grid (vilket innebär att beräkning utförs i beräkningspunkter som ligger tätare i beräkningsrutnätet – här kallat gridet - då stora skillnader i ljudnivå beräknas). Erfarenhetsmässigt ger inställningarna Tolerance 0,01 och Refinement 9 i verktyget INM 7.0 beräkningstider som är rimliga, samtidigt som bullerkonturerna blir rimligt utjämnade för vanliga trafikfall och vanliga riktvärden i Sverige. Low Cut-off (under den ljudnivån tas ingen hänsyn till enskild punkts ljudnivåbidrag) bör ligga minst 15 dB lägre än beräknad ljudnivå.

Om beräkningsresultatet i gridpunkterna ska adderas till en beräkning av annat buller (tex väg- eller tågtrafikbuller) behövs dock normalt en beräkning utförd i ett anpassat standard-grid.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

6.2 Användning av vridna rutnät

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.2 Use of rotated grids

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

6.3 Konstruktion av bullerkurvor

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.3 Tracing of contours

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

6.4 Efterbearbetning

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.4 Post-processing

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Bilaga 1 Deltagare och möten i kvalitetssäkringsgruppen

Kvalitetssäkringsgruppen har bestått av nedanstående deltagare:

Ordförande: Transportstyrelsen (Marie Hankanen, Annika Lindell, Lars Ehnбом)

Ordinarie: Försvarsmakten (Folke Borgh)

Samrådspartner: Naturvårdsverket (Kyriakos Zachariadis, Ulla Torsmark)

Adjungerade: Boverket (Magnus Lindqvist)

Socialstyrelsen (Johanna Bengtsson-Rydin)

SKL

Trafikverket

Tekniska rådgivare: Swedavia flygakustik (Christer Heed, Mathieu Boué, Mikael Liljergren Marie Hankanen).

Hummelvik konsult (Lars Ehnбом)

WSP (Bengt Simonsson)

SP (Krister Larsson)

Möten har hållits kvartalsvis från och med juni 2010 till och med september 2011.

Bilaga 2 Exempel på jämförelse mellan mätningar och beräkningar

Beräkningsnoggrannheten beror av kvaliteten på indata. I detta dokument prioriteras möjligheten till reproducerbara beräkningar med samma förutsättningar högt, vilket innebär att avsteg från exakta indata ibland måste göras, vilket i sin tur påverkar beräkningsnoggrannheten negativt.

I SAE Air 1845 görs jämförelse mellan beräknade **FBN/Lden** och långtidsmätningar vid fyra olika flygplatser med varierande trafiksammansättning. Differensen mellan mätningar och beräkningar låg inom 1- 2 dB(A) som ett medelvärde för olika positioner runt flygplatsen, och från -4 till + 3 dB(A) i enskilda positioner.

I SOU 1975:56 refereras till en NASA-rapport där variationer beroende av motorpådrag, flygplanets position och atmosfärens inverkan gav spridning i **maximalnivå** på uppemot +/- 12,5 dB vid höga frekvenser och +/- 4,5 dB vid låga frekvenser.

Samma variationer kan uppmätas även idag. Härav följer mycket tydligt behovet av att kunna utföra mätningar med samma förutsättningar som i beräkningarna. För tillståndsprövning och tillsynsverksamhet är noggrannheten i beräkningen tillräcklig om detta kvalitetssäkringsdokument följs.

Beräkningsnoggrannheten är högre på kortare avstånd och den beror också av navigeringsnoggrannheten. FBN redovisningar är mer stabila än redovisning av maximalnivå eftersom medelvärdesbildningen innebär att flera osäkerheter kan ta ut varandra.

Bilaga 3 Dokumentation av beräkning

Beräkningar utförda enligt detta kvalitetssäkringsdokument ska dokumenteras på ett sådant sätt att de kan reproduceras. Detta innebär att tillräcklig information om beräkningen ska anges så att den kan upprepas senare av en annan beräkningsoperatör. Minimikrav på dokumentation av flygbullerberäkning anges nedan:

1 Allmänt

Syfte med beräkningen

Uppdragsgivare, beställare

Kort beskrivning av uppdraget

2 Indata

Antal flygrörelser uppdelat på flygplanstyper med olika stage-length under dag-kväll-natt på olika banor och flygvägar.

Redovisning av flygplanstyper och eventuell substitution samt beskrivning av resonemang vid val av flygplanstyper.

Vilken bullerdata med hänvisning till ANP databasen som använts.

Kartbild över flygvägar och spridningsspår som använts vid beräkningen (sk Modelling routes).

Mottagarpunktens höjd.

Ev hänsyn till topografi.

3 Verktyg

Hänvisning till vilket beräkningsverktyg som använts, till exempel INM eller alternativ samt versionsnummer. Även eventuell programvara för beräkning av maximalnivå som index inkl versionsnummer ska anges.

4 Utdata

Redovisning av FBN samt eventuell maximalnivå, samt vilken definition av maximalnivå som anges (N'te högsta).

Vid beräkning av bullerkurva måste uppgifter om använt beräkningsgrid anges tillsammans med uppgift om ev interpolering och cut-off values.

Redovisning på karta ska innehålla skalstock, samt uppgift om koordinatsystem och eventuell CAD-programvara.

5 Information om beräkningen

Namn på utförare och granskare, inkl kontaktuppgifter, samt datum för beräkningen ska anges.

5 Avsteg från kvalitetssäkringsdokumentet

Om man följt detta dokument ska detta anges.

Eventuella avsteg från kvalitetssäkringsdokumentet ska redovisas, motiveras och konsekvensbedömas. Ett exempel på detta är om beräkningen har till syfte att vara mer detaljerad för att man vill utvärdera vissa parametrar mer noggrant.

Bilaga 4 Exempel på flygplansgruppering

Exempel för Malmö Airport, utfall 2008 – som jämförs med framtida trafikfall

Grupp	Stage-length	Typrepr.	Vikt	Motor	Exempel
1	1	P28A	L/L//L/M/L	1P/1T/2P/2T	Småflyg och hkp
2	1	SF34	L/M	2J/2T	AT72,E145,SF34,F100,C500-serien
3	1	B738	M/M/L/M	2J/2J/4J/3J	B737,A320,RJ100,F900
4	2	A330	H/H	2J/4J	A30B,A333,A340,B763,DC86
5	6	B744	H	4J/3J	B747,MD11
6	1	MD82	M	2J	MD80,MD82,MD90

Exempel från tillståndsansökan för Arlanda Airport, utfall 2008 – som jämförs med framtida trafikfall

Grupp	Vikt	Typrepr.	Exempel
A	0-29 ton	SF34	47 olika typer, bl a F50, SF34, SB2000
B	30-39 ton	E170	27 olika typer, bl a Canadair och Embraer
C1	40-119 ton	B738	29 olika typer, bla B737-serien, A319, A320, A321 samt BAe146
C2	40-119 ton	MD82	5 st typer av MD
D	120-249 ton	A332	12 olika typer, bl a B767-serien och A300-serien
E	➤ 250 ton	B744	9 olika typer, bl a B744 och A340

Bilaga 5 Beräkning av maximalnivå som index

Flygbuller redovisas som iso-linjer som konstrueras genom interpolation av framräknade bullervärden i ett rutnäts skärningspunkter, s k gridpunkter. Vid en stor flygplats kan miljontals gridpunkter behöva beräknas.

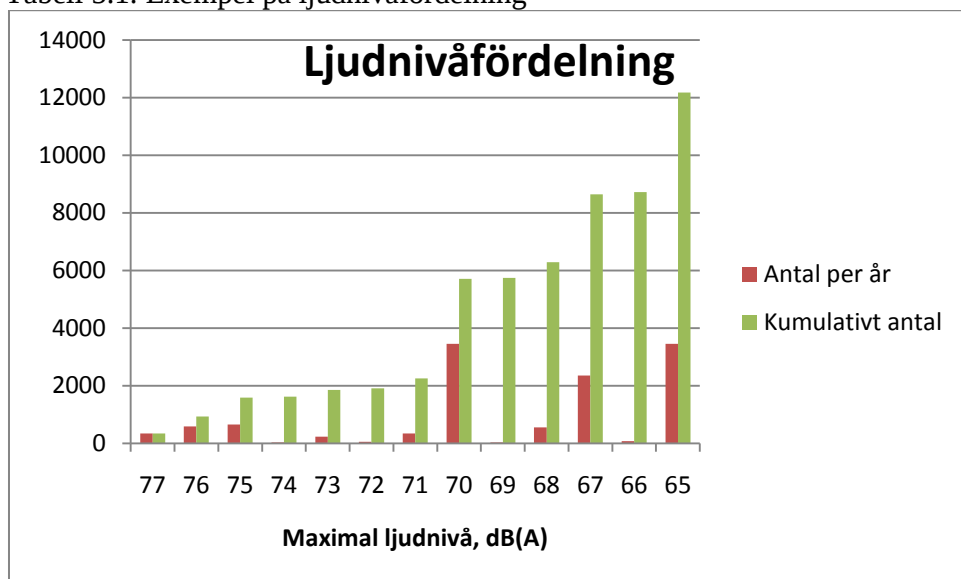
Fördelningen av ljudnivåer i den enskilda punkten är beroende av flygplantyp, flygvägens läge och avstånd i förhållande till gridpunkten, samt vilket motorpådrag som i den aktuella flygproceduren har betydelse för alstring av L_{Amax} -nivån. Flygplansdatan som skall grupperas och fördelas inkluderar flygplanets höjd och motorpådrag. Den laterala spridningen har också påverkan på beräkningen av maximalnivåer.

För den enskilda gridpunkten ska i maximalnivåredovisningen analyseras antalet bullerhändelser som är högre än den ljudnivå som är utgångspunkten för utritning av en bestämd isokurva (vanligtvis 70 dB(A)). Om antalet bulleröverskridanden är fler än t ex tre i genomsnitt ligger gridpunkten i bullerexponerat område. Med bullerexponerat område menas ett område där det bullrar mer än gällande bullerindex (tex bullerindex definierat i ett miljövillkor). Om antalet bulleröverskridanden är färre än dessa tre ligger gridpunkten utanför bullerexponerat område.

Ett exempel på en sådan beräkning redovisas i tabell 5.1 och figur 5.1 I detta aktuella exempel är den i dygns genomsnitt tredje högsta ljudnivån 75 dB(A) eftersom den 1095:e mest bullrande händelsen har ljudnivån 75 dB(A). Tre händelser i genomsnitt per dag/kväll motsvarar 1095 händelser per år. Den i dygns genomsnitt 30:e högsta ljudnivån blir 65 dB(A) eftersom den 10950:e mest bullrande händelsen har ljudnivån 65 dB(A).

L_{amax}	Antal per år	Kumulativt antal
77	345	345
76	586	931
75	651	1582
74	34	1616
73	234	1850
72	54	1904
71	345	2249
70	3456	5705
69	34	5739
68	547	6286
67	2356	8642
66	75	8717
65	3456	12173

Tabell 5.1: Exempel på ljudnivåfördelning

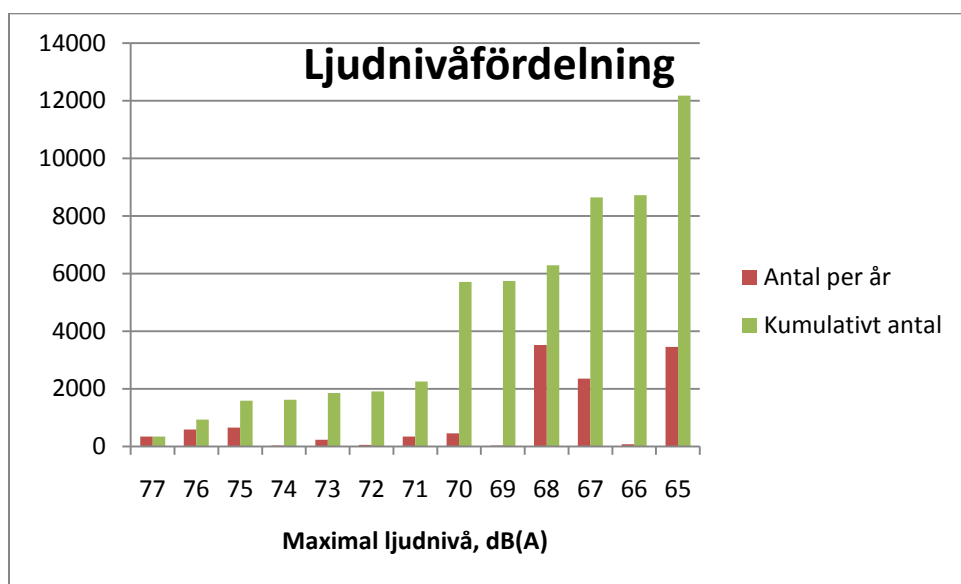


Figur 5.1 Exempel på ljudnivåfördelning

Det bör poängteras att det inte har någon betydelse *när* under året som den aktuella bullerhändelsen inträffar. I tabell 5.2 och figur 5.2 visas en annan möjlig rörelsefördelning som ger samma tredje högsta maximalnivå som det första exemplet i denna bilaga.

Lamax	Antal per år	Kumulativt antal
77	345	345
76	586	931
75	651	1582
74	34	1616
73	234	1850
72	54	1904
71	345	2249
70	450	5705
69	34	5739
68	3520	6286
67	2356	8642
66	75	8717
65	3456	12173

Tabell 5.2: Alternativ ljudnivåfördelning som ger samma resultat för den tredje högsta maximalnivån som tabell 5.1.



Figur 5.2: Alternativ ljudnivåfördelning som ger samma resultat för den tredje högsta maximalnivån som figur 5.1.

De flygplan som bullrar mindre och oftare har alltså inte någon betydelse för beräkningsresultatet. De flygplan som bullrar mer än 70 dB(A) i gridpunkten har betydelse för avgörandet om antal bullerhändelser, men hur mycket mer de bullrar spelar inte någon roll för beräkningsresultatet.

För beräkningsoperatören är det därför viktigt att vara detaljerad i sitt val av representativa flygplanstyper som ger L_{Amax} kring 70 dB(A) den N' te gången i en beräkningspunkt.

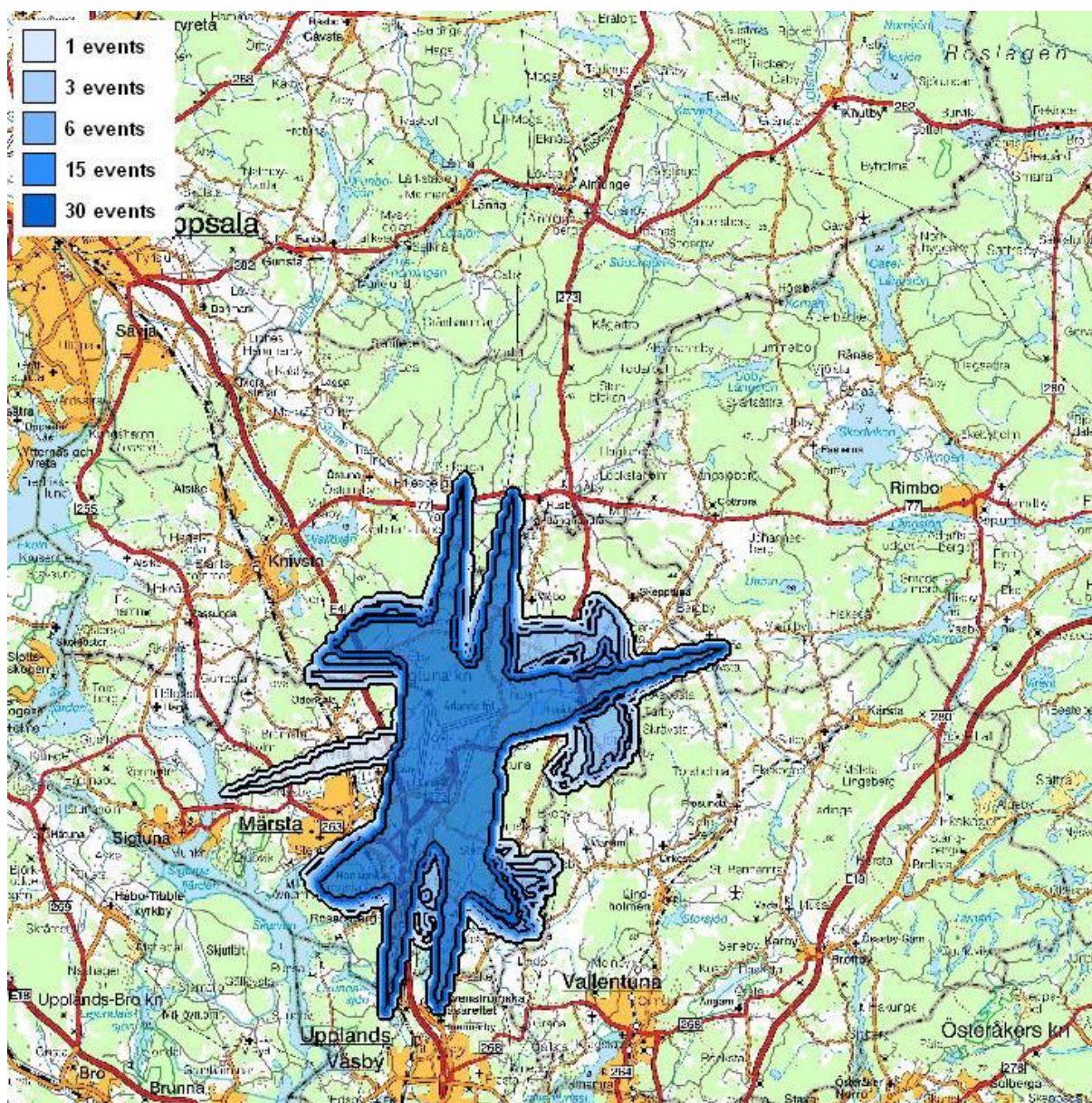
En känslighetsanalys behöver göras för att visa betydelsen av grupperingen och fördelning av flygplansdata respektive gruppering och fördelning av laterala spår inom ett flygvägsspridningsområde.

I Bilaga 4 till detta kvalitetssäkringsdokument samlas och sammanställs valda grupperingar/fördelningar vid representativa flygplatser.

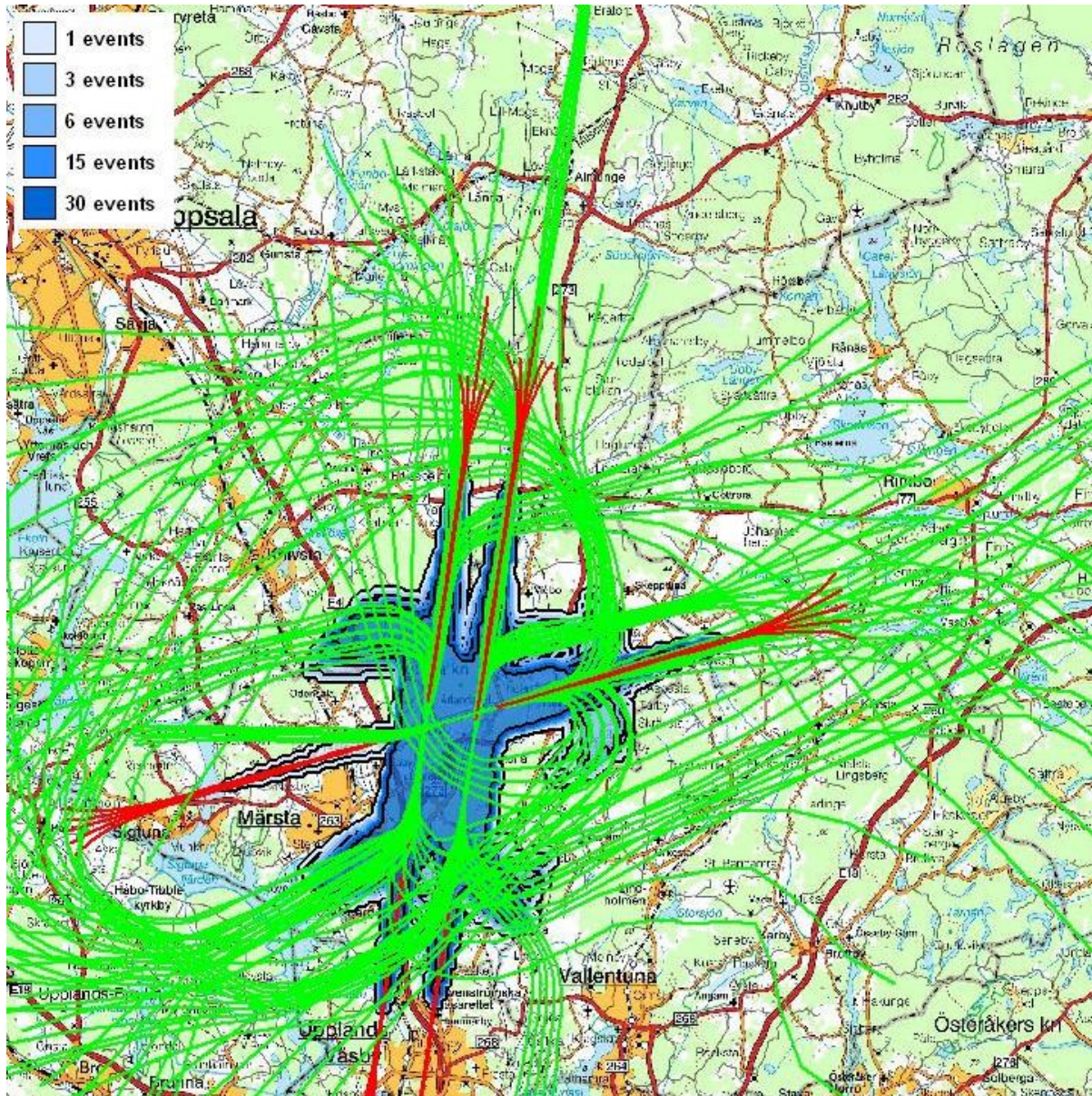
Effekter på maximalnivåberäkningar som index beroende av lateral spridning

Då en beräkning av N' te högsta maximala ljudnivå (N är antalet gånger en bullerhändelse över viss maximalnivå inträffar) får modelleringen av lateral spridning stor betydelse på bullerkurvornas utseende. Se figur 5.3 och 5.4, som visar maximal ljudnivå 70 dB(A) som funktion av antalet händelser, baserat på ett fiktivt trafikfall på Arlanda flygplats, enbart innehållande flygplanstypen Boeing 737-800.

På bullerkurvan kan man se att första och 30:e bullerhändelsen i princip sammanfaller utmed landningsstråken, där spridningen närmast rullbanan är liten och en stor mängd flygrörelser sker med liten spridning. Utmed startflygvägarna däremot, är det stor skillnad på 1 bullerhändelse och 30 bullerhändelser eftersom den laterala spridningen är mycket större. Är mängden rörelser liten blir det dock en stor skillnad i bullerutbredning för de olika rörelsemängderna, oavsett spridning – jämför landning bana 2 västerifrån i figur 5.3.



Figur 5.3: Maximal ljudnivå 70 dB(A) som funktion av antalet händelser



Figur 5.4: Modelleringsspår med bullerkurva under. Gröna linjer= starter och röda linjer= landningar

Bilaga 6 Meteorologins inverkan

Meteorologin påverkar flygbuller på tre sätt:

1. Ljudutbredning mellan källa och mottagare

Det transmitterade ljudet mellan källa och mottagare påverkas av bla atmosfärisk dämpning (som i sin tur beror av luftfuktighet, temperatur och frekvens). Vind- och lufttrycksförhållanden kan också påverka ljudets avböjning.

NPD (Noise-Power-Distance-Data) innehåller avståndsdämpning och atmosfärsdämpning kopplat till ISA referensatmosfär. NPD ska vara tillförlitligt då:

- Temperatur < 30 grader C
- Temp (grader C) x relativ fuktighet (%) > 500
- Vind < 8 m/s

Se ECAC volym 2, avsnitt 2.5 samt appendix D. Data från certifieringsmätningar som erhålls från tillverkare och anges i ANP (Aircraft Noise and Performance database) avser atmosfärsdämpning vid 70% relativ fuktighet och ISA+10 grader. Detta gäller tersband med mittfrekvenser 50-1250 Hz varefter dämpningen är justerad för att efterlikna en mer representativ verklig atmosfär.

2. Ljudkällans uppförande i atmosfären

Flygplanets höjd, gaspådrag och hastighet påverkas av meteorologiska förutsättningar. Sådana sk ”performance-data” kommer från tillverkare och avser 15 grader C, 4 m/s motvind, 1013 hPa, Luftdensitet 1,225 kg/m³. Dessa data finns i ANP.

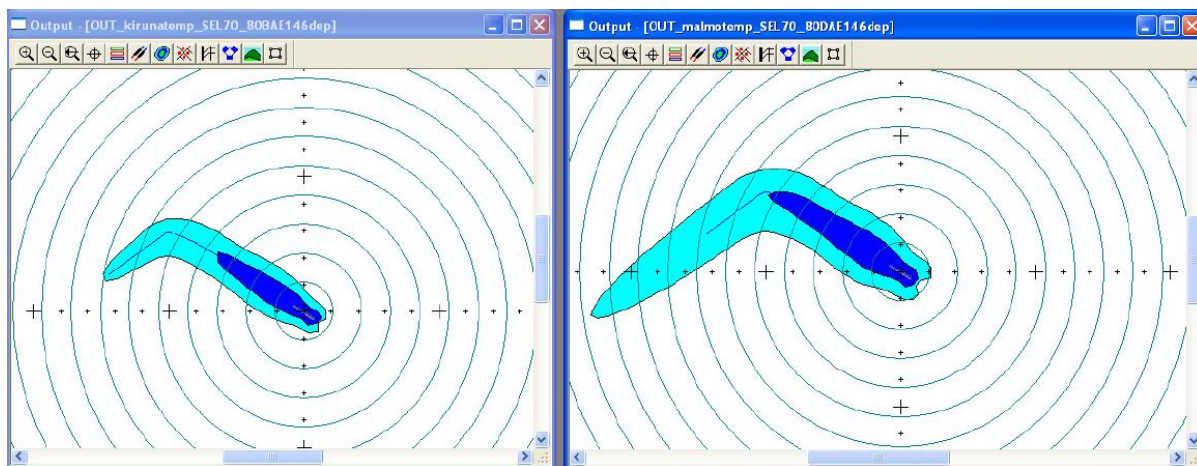
Procedurer kan teoretiskt räknas om mht till annan meteorologi, se ECAC Doc 29 volym 2, Appendix B. Ett sådant förfarande följer då inte detta kvalitetssäkringsdokument, men det kan vara bra att känna till att vi mycket låga temperaturer stiger ett startande flygplan mycket snabbare, och avståndet mellan ljudkälla och mottagare blir längre. Denna inverkan resulterar då i en lägre ljudnivå på marken.

3. Bananvändning

Landningar och starter sker främst i motvind. Bananvändning i prognoser ska därför alltid ta höjd för vindstatistik (riktning och hastighet) under ett antal år bakåt i tiden.

ECAC doc29 v3 anger i avsnitt 1.7.3.2 att det är mest praktiskt att räkna med ”medel meteorologi”.

Exempel på resultat, maximal ljudnivå L_{Amax} 70 resp 80 dBA från en startande BAE146, stage-length 1, verktyg INM 7.0b. Det är 2 km mellan ringarna i figur 6.1 och 6.2 nedan.



Figur 6.1 Kiruna: -15 grader C, 50% relativ fuktighet
fuktighet

Figur 6.2: Malmö: +15 grader C, 70% relativ
fuktighet

Figurerna ovan visar att den standardatmosfär som finns i fastlagda bullerdata-baser normalt inte skulle ge någon underskattning av flygbullret. Detta konfirmeras också av SOU 1975:56 där det skrivs att standardatmosfären är representativ för tre sommarmånader i Sverige, och att under övriga delar av året är temperaturen lägre vilket resulterar i ökad dämpning.